

Trabajo de Fin de Máster  
Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Plan de mantenimiento preventivo y mejora del  
rendimiento de una instalación de energía solar para  
producción de ACS

Autora: Lucía Marín Martínez

Tutor: José Guerra Macho

Departamento de Ingeniería Energética  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018



Trabajo de Fin de Máster  
Máster Universitario en Ingeniería Industrial

# **Plan de mantenimiento preventivo y mejora del rendimiento de una instalación de energía solar para producción de ACS**

Autora:

Lucía Marín Martínez

Tutor:

José Guerra Macho

Catedrático de Universidad

Departamento de Ingeniería Energética

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018

Trabajo Fin de Máster: Plan de mantenimiento preventivo y mejora del rendimiento de una  
instalación de energía solar para producción de ACS

Autora: Lucía Marín Martínez

Tutor: José Guerra Macho

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal

*A mi familia  
A Jose e  
incondicionales*

# Resumen

---

La planificación y realización de un correcto mantenimiento preventivo de una instalación de energía solar para la producción de ACS es muy importante. La necesidad de llevar a cabo un adecuado mantenimiento en instalaciones de edificios se debe principalmente por razones de seguridad, higiene y salud y confort.

La finalidad de este proyecto, así como su motivación es crear un plan de mantenimiento preventivo y realizar mejoras del rendimiento de un sistema de energía solar real. De esta forma se conseguirá una disminución del consumo energético y esta instalación se conservará a lo largo del tiempo gracias a su correcto mantenimiento.

El proyecto consiste en la sustitución de ciertos equipos pocos eficientes de una instalación solar de ACS existentes en un edificio de viviendas por unos que conseguirán un ahorro energético con el paso del tiempo. Se ha realizado el manual de uso y mantenimiento de la instalación, así como un plan de mantenimiento preventivo que se deberá seguir para el correcto funcionamiento de cada uno de los equipos presentes en la instalación mejorada.

# Índice

---

<b>Resumen</b>	<b>vi</b>
<b>Índice</b>	<b>vii</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>x</b>
<b>Notación</b>	<b>xii</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. <i>Objetivo del proyecto</i>	1
1.2. <i>Instalaciones de energía solar para producción de ACS</i>	1
1.3. <i>Clasificación de instalaciones</i>	2
1.3.1. Principio de circulación	2
1.3.2. Sistema de transferencia de calor	4
1.3.3. Sistema de expansión	5
1.3.4. Sistema de energía auxiliar	6
1.3.5. Aplicación	6
1.4. <i>El mantenimiento en las instalaciones</i>	7
1.5. <i>La importancia del mantenimiento preventivo</i>	7
1.6. <i>Organización y contenido del proyecto</i>	8
<b>2. Instalación de energía solar para producción de acs</b>	<b>10</b>
2.1. <i>Introducción</i>	10
2.2. <i>Esquema de la instalación</i>	10
2.3. <i>Equipos de la instalación</i>	14
2.3.1. Bombas	14
2.3.2. Acumuladores	16
2.3.3. Intercambiador de calor	17
2.3.4. Calderas	19
2.3.5. Aerotermos	19
2.4. <i>Consumo de Gasoil</i>	19
<b>3. Mejoras de la instalación</b>	<b>21</b>
3.1. <i>Introducción</i>	21
3.2. <i>Esquema de la instalación mejorada</i>	21
3.2.1. Caldera	22
3.2.2. Instalación de gas	24
3.2.3. Grupo de Bombeo Primario	24
3.2.4. Sistema de telegestión	25
3.3. <i>Equipos de la nueva instalación</i>	29
3.3.1. Grupo de presión AFS	29
3.3.2. Calderas	30
3.4. <i>Mejoras conseguidas</i>	31
3.4.1. Ahorro energético	31
3.4.2. Resultados	32
<b>4. Manual de uso y mantenimiento de la instalación</b>	<b>34</b>

4.1.	<i>Introducción</i>	34
4.2.	<i>Condiciones para la puesta en servicio de la instalación</i>	34
4.2.1	Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica	34
4.2.2	Circuito hidráulico	35
4.2.3	Sistemas de seguridad	35
4.2.4	Comprobación de las temperaturas	36
4.3.	<i>Condiciones para el uso y conservación de la instalación</i>	36
4.4.	<i>Condiciones para el mantenimiento de la instalación</i>	37
4.4.1	Previsiones a considerar	38
4.4.2	Plan de vigilancia	40
4.4.3	Plan de mantenimiento	41
<b>5.</b>	<b>Plan de mantenimiento preventivo</b>	<b>44</b>
5.1.	<i>Introducción</i>	44
5.2.	<i>Calderas</i>	44
5.3.	<i>Bombas</i>	45
5.4.	<i>Intercambiadores de calor</i>	46
5.5.	<i>Acumuladores de calor</i>	46
5.6.	<i>Captadores solares</i>	47
5.7.	<i>Aerotermos</i>	47
<b>6.</b>	<b>Estudio de incidencias más comunes</b>	<b>49</b>
6.1.	<i>Introducción</i>	49
6.2.	<i>Vida útil de los sistemas solares térmicos</i>	49
6.3.	<i>Defectos frecuentes</i>	50
6.4.	<i>Circuito Primario</i>	53
6.4.1.	Fluidos de trabajo	53
6.4.2.	Tuberías del circuito primario	56
6.4.3.	Aislamiento térmico de las tuberías del circuito primario	59
6.4.4.	Vasos de expansión.	66
6.4.5.	Bombas de circulación	68
6.4.6.	Accesorios	71
6.4.7.	Equipos de seguridad	72
6.5.	<i>Acumuladores</i>	74
6.6.	<i>Control de la instalación solar</i>	76
<b>7.</b>	<b>Resumen y conclusiones</b>	<b>82</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>84</b>
	<b>Anexo 1. Resultados garantía de ahorros</b>	<b>85</b>
	<b>Anexo 2. Plantillas</b>	<b>86</b>
	<i>Revisión preventiva del acumulador</i>	86
	<i>Revisión preventiva del aerotermo</i>	87
	<i>Revisión preventiva de batería de placas solares</i>	88
	<i>Revisión preventiva de la bomba</i>	89
	<i>Revisión preventiva de la caldera</i>	90
	<i>Revisión preventiva del grupo de presión AFS</i>	91
	<i>Revisión preventiva del intercambiador</i>	92



# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 6.1. Espesor mínimo de aislamiento de tuberías situadas en el interior de edificios.

65

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1.1: Esquema general de funcionamiento.	2
Figura 1.2: Instalación por termosifón.	3
Figura 1.3: instalación por circulación forzada.	4
Figura 1.4. Sistemas de intercambio interno con serpentín y de doble envolvente.	5
Figura 1.5. Instalación con vaso de expansión cerrado.	5
Figura 1.6: Sistema de energía auxiliar en el acumulador solar.	6
Figura 2.1. Caldera y acumulador solar existentes.	11
Figura 2.2. Esquema de la instalación.	11
Figura 2.3. Batería de placas solares.	12
Figura 2.4. Bombas circuito primario y secundario.	12
Figura 2.5. Acumuladores de suministro y solar.	13
Figura 2.6. Sistema de evacuación de gases.	14
Figura 2.7. Energía consumida.	20
Figura 3.1. Esquema instalación mejorada.	22
Figura 3.2. Calderas de condensación.	23
Figura 3.3. Esquema funcionamiento sistema de control.	26
Figura 3.4. Controlador de Planta Eagle.	27
Figura 3.5. Energía de referencia ajustada y energía consumida real.	33
Figura 6.1. Frecuencia de fallos en sistemas solares térmicos.	50
Figura 6.2. Temperatura de ebullición de mezclas de agua y glicol en función de la presión.	55
Figura 6.3. Superficie interior de un tubo de acero al cabo de 14 años de operación en un circuito primario.	56
Figura 6.4. Superficie exterior de tubos de acero de un circuito primario.	57
Figura 6.5. Daño corrosivo en el punto de contacto de diferentes metales.	58
Figura 6.6. Daño en el aislamiento térmico sin recubrimiento causado por aves.	60
Figura 6.7. Campo de captadores con fuerte corrosión del lado exterior del recubrimiento de acero galvanizado.	61
Figura 6.8. Daño corrosivo en un recubrimiento de acero galvanizado.	61
Figura 6.9. Daño corrosivo en el lado interior de un recubrimiento de acero galvanizado.	62
Figura 6.10. Recubrimiento de acero galvanizado de una posición protegida (arriba) con sólo ligera corrosión, y de una posición no protegida (abajo) con efectos corrosivos mayores.	62
Figura 6.11. Recubrimiento de aluminio de un material aislante de poro cerrado.	63
Figura 6.12. Aspecto de un vaso de expansión al cabo de 13 años de servicio.	67

Figura 6.13. Aspecto de un vaso de expansión al cabo de 16 años de servicio.	67
Figura 6.14. Los rotores de dos bombas con sedimentación ligera y fuerte.	69
Figura 6.15. Carcasa del motor de una bomba carente de toda sedimentación.	70
Figura 6.16. Proceso de descarga del acumulador de inercia mediante calentamiento instantáneo.	79
Figura 6.17. Temperaturas y caudales en un intercambiador de calor de descarga de un sistema con dos acumuladores de inercia conectados en paralelo.	80

# Notación

---

C	Correcto
NA	No aplica
NC	No correcto

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. Objetivo del proyecto

El presente proyecto tiene como objetivo la planificación del mantenimiento preventivo de una instalación de energía solar para la producción de ACS. Se contará con una instalación real ya existente a la que se llevarán a cabo mejoras en ella con el fin de aumentar su rendimiento. Para ello, se estudiará el consumo que tiene esta instalación inicial y se marcará un porcentaje de ahorro determinado que deberá cumplir con los cambios realizados en ella.

Una vez implantada la instalación mejorada, se elaborará el manual de mantenimiento y uso de ésta incluyendo más adelante el plan de mantenimiento preventivo que se deberá realizar. El plan de mantenimiento preventivo contará con los procedimientos que se desarrollarán para cada uno de los grupos principales de equipos, así como todas las operaciones en cada uno que se deberán realizar en unos períodos en concreto.

## 1.2. Instalaciones de energía solar para producción de ACS

La producción de ACS mediante energía solar se puede obtener a través de una gran diversidad de esquemas de principio. Sin embargo, todos tienen en común los subsistemas representados en la figura 1.1.

- Subsistema de captación. Está compuesto de captadores solares. Éstos reciben la energía del Sol y la transmite al fluido caloportador que lo transporta hasta los elementos de intercambio o de acumulación, dependiendo de la instalación.
- Subsistema de acumulación. Almacena la energía interna producida en la instalación.
- Subsistema de intercambio. Realiza la transferencia de calor entre fluidos que circulan por circuitos diferentes.
- Subsistema de transporte o de circulación. Está formado por tuberías y elementos de impulsión y aislamiento térmico adecuados, diseñados para transportar la energía producida.
- Subsistema de apoyo o auxiliar. Es el elemento de apoyo a la instalación solar para complementar el aporte solar en periodos de escasa radiación solar o de demanda de energía superior a la prevista de manera que siempre se supla la demanda térmica del usuario.

- Subsistema de control. Este subsistema asegura el correcto funcionamiento del conjunto.

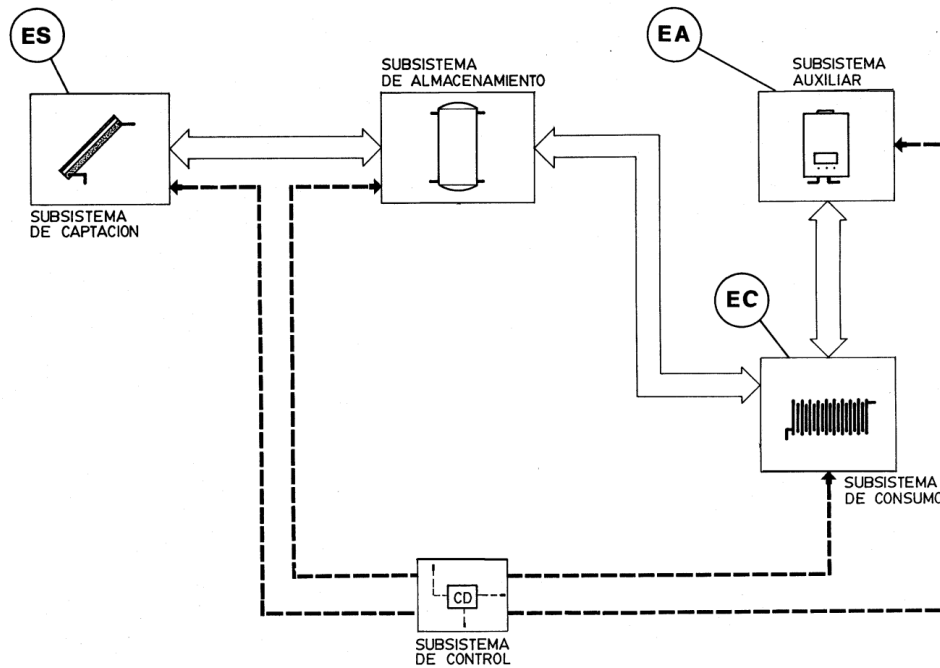


Figura 1.1. Esquema general de funcionamiento.

### 1.3. Clasificación de instalaciones

Las instalaciones de energía solar para la producción de agua caliente sanitaria se pueden clasificar según los siguientes criterios:

- El principio de circulación.
- El sistema de transferencia de calor.
- El sistema de expansión.
- El sistema de energía auxiliar.
- La aplicación.

#### 1.3.1. Principio de circulación

En la clasificación según el principio de circulación se pueden distinguir dos tipos de instalaciones: termosifónicas y forzadas. En las primeras, el fluido circula por convección natural, mientras que en

las instalaciones de circulación forzada se dota a la instalación de un dispositivo que provoca la circulación del fluido de trabajo.

- **Instalaciones por termosifón o circulación natural**

En estas instalaciones el movimiento del fluido de trabajo se produce por variaciones de densidad de fluido, como consecuencia, a su vez, de variaciones en su temperatura. El fluido contenido en los captadores, al recibir la radiación solar se calienta, aumentando su temperatura y disminuyendo, por tanto, su densidad. Al pesar menos, dicho fluido asciende hacia la parte alta del circuito, mientras que el fluido frío contenido en el acumulador, con mayor densidad, se desplaza hacia la parte baja de la instalación por la tubería de entrada a los captadores. Así se genera una circulación del fluido que se mantiene siempre que exista un gradiente de temperaturas entre el fluido de los captadores y el del acumulador, y cesa cuando las temperaturas se igualan. Este tipo de instalaciones es el más adecuado en zonas climáticas cálidas. El acumulador normalmente se encuentra en el exterior, dando lugar a diferentes configuraciones.

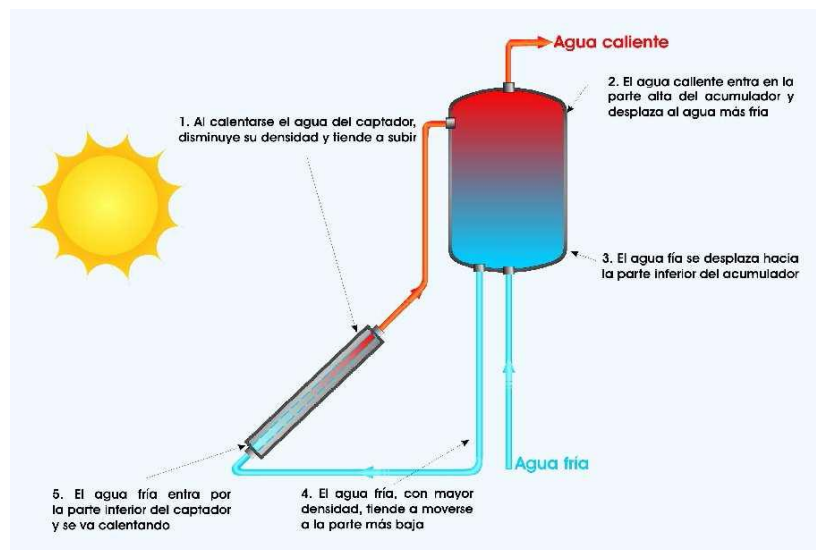


Figura 1.2. Instalación por termosifón.

- **Instalaciones por circulación forzada**

El movimiento del fluido se realiza a través de una bomba que es capaz de establecer un caudal y vencer las pérdidas de carga del circuito.

La regulación de la bomba de circulación se debe efectuar por medio de un control diferencial de temperaturas que la active cuando exista posibilidad de ganancia de energía térmica en el

acumulador. Habitualmente las sondas comparativas del control diferencial se colocan a la salida de captadores (punto de mayor temperatura del sistema) y en la parte inferior del acumulador solar (punto de referencia de la temperatura del acumulador solar). Este sistema se regula con centralitas de control diferencial de fácil manejo y programación y con diversas utilidades en función de la complejidad de la instalación.

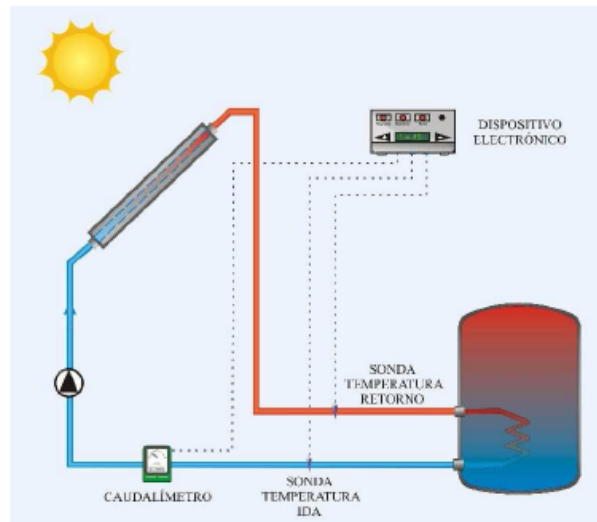


Figura 1.3. Instalación por circulación forzada.

### 1.3.2. Sistema de transferencia de calor

Si se clasifica según el sistema de transferencia de calor, se distinguirán la instalación con sistema de intercambio interno o externo al acumulador. Ambos tipos de instalaciones cuentan con dos tipos de intercambiadores: el intercambiador solar y el intercambiador de consumo.

El intercambiador solar es el encargado de que se produzca la transferencia de calor entre el fluido que circula por el circuito primario y el fluido que circula por el circuito secundario o el que se encuentra en el acumulador solar. Este intercambiador puede encontrarse en el interior del acumulador solar (interacumulador) como son los de serpentín o de doble envoltente. También pueden funcionar externamente, como son los intercambiadores de placas.

El intercambiador de consumo es el que realiza la transferencia de calor entre el fluido que circula por el circuito terciario y el agua de consumo.



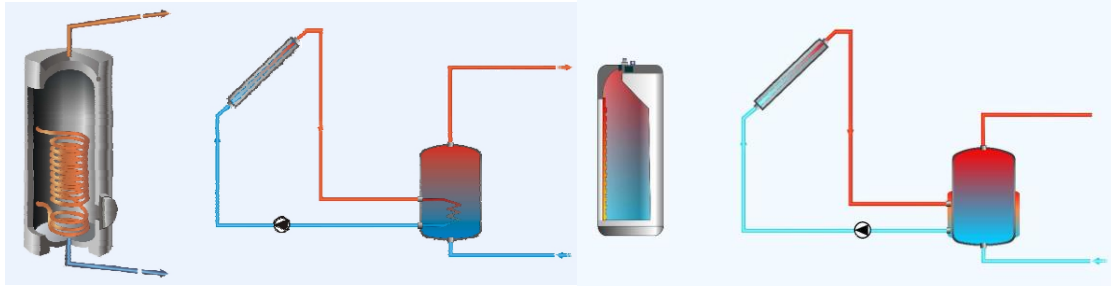


Figura 1.4. Sistemas de intercambio interno con serpentín y de doble envoltente.

### 1.3.3. Sistema de expansión

En las instalaciones solares para ACS es necesario el uso de un sistema de expansión. Esto es debido a las variaciones de volumen que experimenta el fluido del circuito primario al ser sometido a grandes cambios de temperatura. Esta temperatura puede variar desde valores bajo cero hasta superiores a 100°C. Según el sistema de expansión se podrán diferenciar dos tipos de sistemas: abierto o cerrado.

- Sistema abierto. Son las instalaciones en las que el circuito primario se encuentra comunicado permanentemente con la atmósfera.
- Sistema cerrado. En estas instalaciones el circuito primario no tiene comunicación directa con la atmósfera.

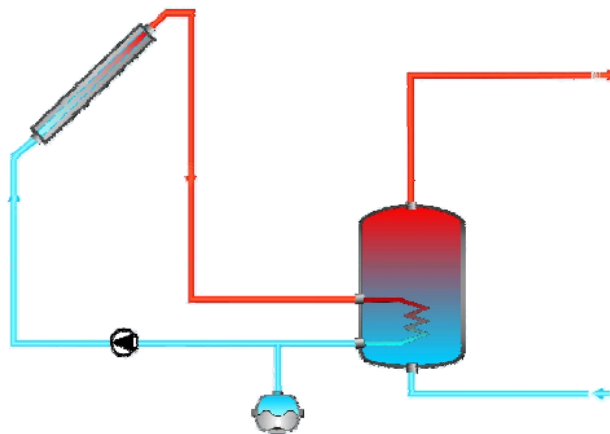


Figura 1.5. Instalación con vaso de expansión cerrado.

### 1.3.4. Sistema de energía auxiliar

Por el sistema de aporte de energía auxiliar se distinguirán los siguientes sistemas:

- Sistema de energía auxiliar en el acumulador solar.
- Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario individual.
- Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario centralizado.
- Sistema de energía auxiliar en acumuladores secundarios distribuidos.
- Sistema de energía auxiliar en línea centralizado.
- Sistema de energía auxiliar en línea distribuido.
- Sistema de energía auxiliar en paralelo.

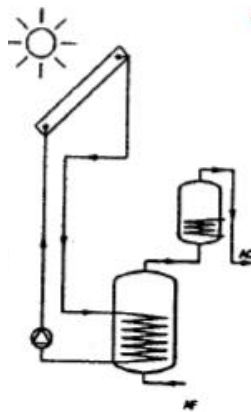


Figura 1.6. Sistema de energía auxiliar en el acumulador solar.

### 1.3.5. Aplicación

Actualmente, las principales aplicaciones de los sistemas de energía solar son:

- Instalaciones para calentamiento de agua sanitaria.
- Instalaciones para usos industriales.
- Instalaciones para calefacción.
- Instalaciones para refrigeración.
- Instalaciones para climatización de piscinas.

- Instalaciones de uso combinado.
- Instalaciones de precalentamiento.

## **1.4. El mantenimiento en las instalaciones**

Se consideran obras, trabajos y actuaciones de mantenimiento todas aquellas acciones encaminadas a la conservación física y funcional de un edificio a lo largo del ciclo de vida útil del mismo. Mantener, en general, significa conservar y también mejorar las prestaciones originales de un elemento, máquina, instalación o edificio a lo largo del tiempo.

El mantenimiento preventivo tiene la posibilidad de ser programado en el tiempo y, por tanto, evaluado económicamente. Está destinado, como su nombre indica, a la prevención, teniendo como objetivo el control a priori de las deficiencias y problemas que se puedan plantear en la instalación debidas al uso natural del misma.

Son operaciones típicas de este tipo de mantenimiento las inspecciones y revisiones periódicas, la puesta en marcha y parada de ciertas instalaciones, la limpieza técnica e higiénica, las operaciones de entretenimiento y manutención y las sustituciones de pequeños elementos fungibles.

El mantenimiento corrector comprende aquellas operaciones necesarias para hacer frente a situaciones inesperadas, es decir, no previstas ni previsibles. Las reparaciones y sustituciones físicas y/o funcionales son operaciones típicas de este tipo de mantenimiento.

## **1.5. La importancia del mantenimiento preventivo**

Todo tipo de mantenimiento genera un gasto, pero en realidad, se está haciendo una inversión para evitar incurrir, a corto plazo, en gastos muchos mayores e incluso responsabilidades legales, difíciles de asumir.

La necesidad de llevar a cabo un adecuado mantenimiento en instalaciones de edificios se debe entre otras a las siguientes razones:

- Para conservar el propio patrimonio.
- Para evitar las molestias que generan las averías en las instalaciones, las paradas de los servicios y las obras imprevistas de reparación.

- Por obligación derivada de la normativa vigente.
- Por razones de seguridad, higiene y salud y confort.
- Por economía. Si no se acomete el mantenimiento preventivo adecuado, cuando llegue la inevitable avería, no habrá forma aceptable de soportar el gasto que originará. Además, una instalación mal conservada produce unos consumos mayores. Si la instalación es antigua, rendirá poco y consumirá mucho.
- Por la mejora del medio ambiente.

## **1.6. Organización y contenido del proyecto**

En el presente proyecto se ha llevado a cabo una mejora del rendimiento de una instalación de energía solar para la producción de ACS. Una vez implantada dicha instalación mejorada, se ha elaborado el manual de mantenimiento y uso incluyéndose los procedimientos a seguir para el mantenimiento preventivo. También se ha estudiado las incidencias más comunes, es decir, el comportamiento de los equipos que se encuentran en esta instalación a lo largo del tiempo.

En el primer capítulo, se lleva a cabo una descripción detallada de las instalaciones de energía solar para la producción de agua caliente y el mantenimiento de estas instalaciones. En primer lugar, se definen los subsistemas que componen este tipo de instalaciones, así como una clasificación de éstas. A continuación, se define el concepto del mantenimiento de las instalaciones y los tipos principales. Finalmente, se expone la importancia de la realización de un mantenimiento preventivo correcto.

A continuación, en el segundo capítulo se describe la instalación de energía solar para la producción de agua caliente sanitaria a estudiar. Se detallan las características de todos los equipos que se encuentran en ésta, así como su consumo energético que produce su funcionamiento.

En el tercer capítulo, se exponen los cambios a realizar en el sistema para obtener una mejora del rendimiento y así un ahorro en el consumo. Se detallan las características de los nuevos equipos implantados y la disminución del consumo energético que produce este cambio durante un año. Esto se basa en el consumo energético de la instalación antes del cambio actualizado con las variables independientes (consumo de agua, días laborables y radiación).

En el cuarto capítulo, se realiza el manual de mantenimiento y uso de la nueva instalación. Este manual se encuentra dividido en las condiciones para la puesta en servicio, las condiciones para el uso y conservación y las condiciones para el mantenimiento de la instalación.

En el quinto capítulo, se planifica el mantenimiento preventivo que se deberá realizar según la tipología del equipo. Para cada uno de ellos, se elabora un procedimiento con diferentes operaciones que se realizan con una determinada periodicidad.

Para finalizar, en el sexto capítulo, se analizan las incidencias más comunes que se producen en las instalaciones de energía solar para la producción de ACS. Para ello, se estudia cual ha sido su comportamiento a lo largo del tiempo y se detallan recomendaciones para que no ocurran.

# 2. INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR PARA PRODUCCIÓN DE ACS

---

## 2.1. Introducción

En este capítulo del documento se describirá la instalación de energía solar para la producción de agua caliente sanitaria ya existente en un edificio de viviendas. Se detallarán las características de los equipos más importantes que lo componen y el consumo energético.

El edificio en el que se encuentra la instalación a estudiar fue construido en el año 1983 y cuenta con una superficie construida de 18.479 m<sup>2</sup> sobre una proyección en el suelo de 1.601 m<sup>2</sup>. El edificio se compone por planta baja, diáfana en su mayor parte, donde se localiza el portal de acceso y varios locales de uso comercial y 11 plantas, en las que se distribuyen las 168 viviendas. A las plantas existen dos accesos.

Las instalaciones de ACS se encuentran en la planta sótano -2 del parking mancomunado y en la cubierta (paneles solares). La cubierta no es transitable, plana y completamente diáfana donde se disponen los paneles solares.

## 2.2. Esquema de la instalación

La instalación objeto del estudio está destinada al mantenimiento de las condiciones de confort en la producción de Agua Caliente Sanitaria.

El sistema de ACS funciona las 24 horas del día siendo la temperatura de acumulación en verano de 43,5°C y en invierno de 46,5°C. Esto es la temperatura de consumo hacia las viviendas ya que no existe válvula mezcladora en la instalación. La bomba de recirculación de ACS para su funcionamiento cuando el ACS de retorno es superior de 45°C.

No existe ningún sistema de medida o control que gestione la conexión o desconexión de los distintos sistemas o que permita conocer el modo de funcionamiento de las instalaciones ni su consumo energético.

La sala técnica se compone de dos estancias principales. Una sala a la derecha donde se alberga la caldera y los intercambiadores del circuito primario de la misma y el intercambiador del circuito primario solar.



Figura 2.1. Caldera y acumulador solar existentes.

La otra sala contiene el cuadro eléctrico, los depósitos de acumulación de solar y de consumo, así como el grupo de presión de agua fría sanitaria.

El funcionamiento del sistema de ACS se basa en el esquema de la figura 2.1.

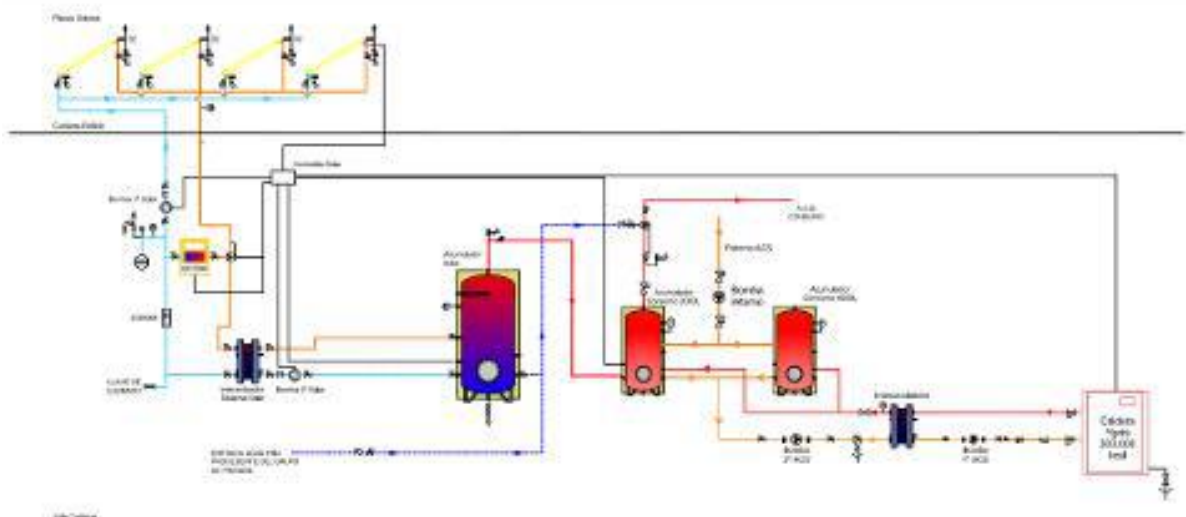


Figura 2.2. Esquema de la instalación.

La producción de ACS de todo el edificio se realiza a través de una instalación centralizada de producción solar con apoyo de caldera de gasóleo. La sala técnica antes descrita posee la caldera de gasóleo para la producción de agua caliente. Todos los equipos se encuentran en la sala de máquinas situada en la planta sótano -2 del edificio, excepto los captadores solares que están en la cubierta.

El sistema de producción de ACS solar se dispone en una de las alas del edificio. Están dispuestos los colectores de la marca Suntechnics en 6 filas con 15 unidades.



Figura 2.3. Batería de placas solares.

El sistema de apoyo al ACS Solar está formado por una Caldera de Gasoil Marca Ygnis modelo ESM 3 12 de 303.000 Kcal/h, que equivale a 353 kW cuyo rendimiento nominal es del 89%.

Esta caldera produce agua sobrecalentada que circula por un circuito cerrado transfiriendo calor a través de un intercambiador de placas al agua acumulada en los depósitos. Para este intercambio de calor, existe una bomba del circuito primario y otra bomba para el circuito secundario que hace circular el agua de los acumuladores a través del intercambiador para ser calentada.



Figura 2.4. Bombas circuito primario y secundario.



Para satisfacer la demanda de agua caliente de la comunidad de propietarios se dispone de tres acumuladores, uno de solar y dos de suministro. El volumen del depósito de solar se desconoce (se estima en torno a 7.000 litros), y los otros dos suponen un volumen total de acumulación de 6.000 litros (uno de 2.000 y otro de 4.000).



Figura 2.5. Acumuladores de suministro y solar.

El ACS solar entra a través del depósito solar en los depósitos de acumulación y el agua es canalizada a cada uno de los puntos de consumo de las viviendas. El agua se encuentra en movimiento gracias a una bomba de recirculación existente, que se encarga de recircularla desde la entrada de las viviendas a los acumuladores con la finalidad de que no se enfríe en los montantes en los períodos en los que no hay consumo. Dicha bomba se activa cuando la temperatura del agua es inferior a 45°C, evitando que se quede acumulada agua fría en los montantes y así no exista un tiempo elevado de espera para consumir el ACS.

El agua que se consume de acumuladores es necesario reponerla para que haya un continuo movimiento de agua. Esta reposición se realiza a través de los grupos de presión existentes que impulsan el agua fría procedente de la red.

Para este sistema de agua fría, el edificio cuenta con 1 aljibe destinado a acumular el agua de red. Posteriormente esta agua almacenada en el aljibe es impulsada por un grupo de presión hacia el intercambiador del sistema de producción de ACS solar para después acumularse en el depósito solar.

La evacuación de los gases de combustión se efectúa mediante una tubería que discurre horizontalmente hasta el tiro vertical, muy cercano a la sala de calderas.




Figura 2.6. Sistema de evacuación de gases.

## 2.3. Equipos de la instalación

Una vez descrito el esquema de la instalación de energía solar para la producción de ACS, se detallarán todas las características que se conocen de los equipos de dicha instalación. No se cuenta con todos los datos de cada uno de ellos debido a que ya se encontraban en la instalación antes de llevarse a cabo la mejora del rendimiento de ésta.

### 2.3.1. Bombas

	<p style="text-align: center;"><b>Bomba de circulación 1° ACS caldera</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• MARCA: WILO</li><li>• MODELO: IPL50 /120</li><li>• N° SERIE: 50308640 / 0007</li></ul>
---	--



### Bomba de circulación 2° ACS caldera

- MARCA: GRUNDFOS
- MODELO: UPS 32-80 B 180
- N° SERIE: D151



### Bomba de circulación 1° precalentamiento

- MARCA: WILO
- MODELO: 4510010
- N° SERIE: 07W08



### Bomba de circulación 2° precalentamiento

- MARCA: WILO
- MODELO: RS25/4505610
- N° SERIE: 40/06



### Bomba de circulación retorno ACS B1

- MARCA: GRUNDFOSS
- MODELO: UPS 32-80
- N° SERIE: 52062210



### Bomba de circulación retorno ACS B2

- MARCA: GRUNDFOSS
- MODELO: UPS 32-80
- N° SERIE: 52052010

## 2.3.2. Acumuladores



### Acumulador de consumo ACS

- MARCA: LASIAN
- N° SERIE: FAQ0001
- AÑO DE FABRICACIÓN: 1997
- CAPACIDAD: 5000 L



### Acumulador de precalentamiento

- MARCA: MECALIA
- MODELO: DPAC/A
- N° SERIE: 14765
- AÑO DE FABRICACIÓN: 2008
- CAPACIDAD: 2000 L
- PRESIÓN MÁXIMA: 8 bar
- TEMPERATURA MÁXIMA: 90°C



### Acumulador solar

- CAPACIDAD: 7000 L

### 2.3.3. Intercambiador de calor



### Intercambiador de placas 1/2 precalentamiento

- MARCA: SEDICAL
- MODELO: UFX



### Intercambiador de placas 1/2/3 solar


- MARCA: SWEP
- MODELO: IC25THx40 / 1P-SC-S
- Nº SERIE: 1070671820438
- AÑO DE FABRICACIÓN: 2007
- PRESIÓN DISEÑO (BAR):25
- TEMPERATURA MIN/MÁX: 155°C
- CAUDAL: 2109 l/h



### Intercambiador de placas 1/2 precalentamiento

- MARCA: SWEP
- MODELO: IC25THx40 / 1P-SC-S
- Nº SERIE: 1070871820179
- AÑO DE FABRICACIÓN: 2007
- PRESIÓN DISEÑO: 25 bar
- TEMPERATURA MIN/MÁX: 155°C
- POTENCIA: 40kW
- CAUDAL: 2109 l/h

### 2.3.4. Calderas

	Caldera de gasoil
	<ul style="list-style-type: none"><li>• MARCA: YGNIS</li><li>• MODELO: ESM312</li><li>• TIPO: CALDERA DE GASOIL</li><li>• POTENCIA MÁX.: 353 kW</li><li>• RENDIMIENTO NOMINAL: 89%</li></ul>

### 2.3.5. Aerotermos



## 2.4. Consumo de Gasoil

El combustible utilizado para el abastecimiento de la caldera que produce agua caliente para el uso sanitario es Gasóleo C.

Se han obtenido por las anotaciones de la comunidad de propietarios el consumo semanal de gasóleo. Estos datos tomados permiten elaborar un perfil temporal de consumos mensual que se

muestran en la figura 2.7.

Se puede observar que los meses donde la energía consumida es mayor corresponden a los meses de invierno, siendo el mes de marzo el mes de máximo consumo. Esto es así debido a que en dicha época del año se cuenta con una menor radiación solar y el agua se encuentra a una temperatura menor que en los meses que comprenden la época de verano. De esta forma, la caldera se encuentra más veces en funcionamiento, consumiéndose una mayor cantidad de gasoil.

En cuanto a los meses pertenecientes a la época de verano puede apreciarse un menor consumo debido a que gracias a los captadores solares se podrá subir más la temperatura.

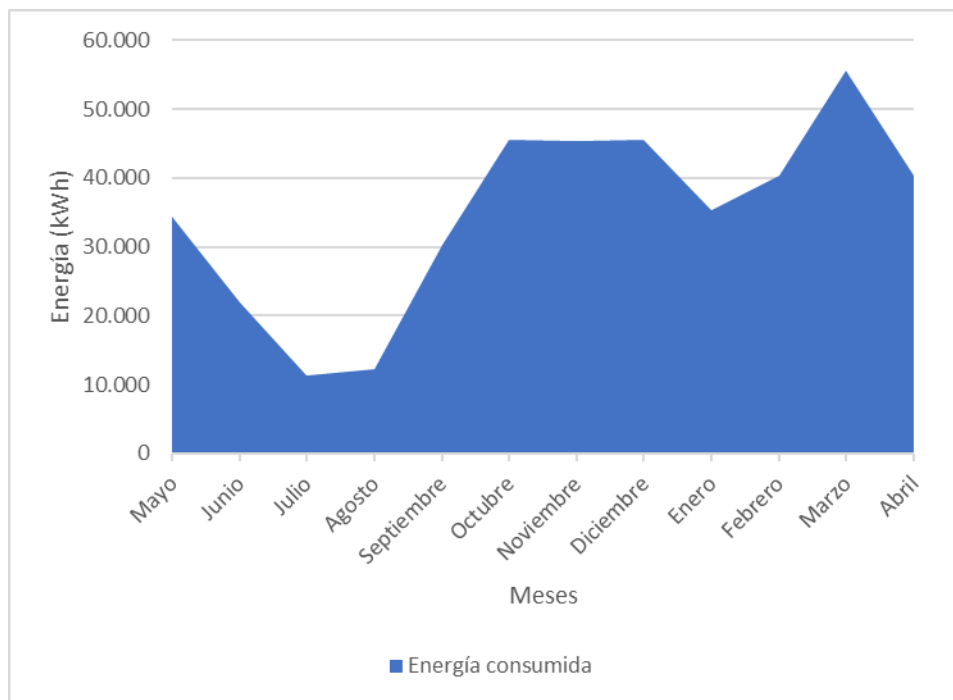


Figura 2.7. Energía consumida.



# 3. MEJORAS DE LA INSTALACIÓN

---

## 3.1. Introducción

En este capítulo se desarrollarán las posibles mejoras que se realizarán a la instalación con el fin de disminuir el consumo de combustible de la instalación, consiguiendo así un importante ahorro tanto energético como económico.

Los criterios de diseño principalmente son dos:

- Conseguir el máximo ahorro energético para la comunidad de propietarios, manteniendo los niveles de confort existentes.
- Optimizar la relación inversión necesaria frente a ahorro obtenido.

## 3.2. Esquema de la instalación mejorada

La producción de ACS de todo el edificio se realiza a través de una instalación centralizada que abastece a todas las viviendas. La producción de calor se logra por medio de un generador térmico de gas con el apoyo de un sistema solar térmico. Los equipos que componen el sistema son:

- Caldera de condensación.
- Intercambiador de placas.
- Dos depósitos acumuladores para consumo en serie con una capacidad de 5.000 y 2.000 desde el cual el agua se conduce a consumo.
- Depósito acumulador circuito apoyo solar de 7.000 litros.
- Campo solar compuesto por 90 captadores solares térmicos.
- Grupo de bombeo de impulsión del circuito secundario.
- Grupo de bombeo de impulsión de circuito primario.
- Bomba de retorno circuito secundario.





Figura 3.2. Calderas de condensación.

En general, se puede decir que las principales características de las calderas de condensación son:

- Aprovechan el calor latente de los humos (condensación).
- Requieren una extracción de la corriente de condensados mediante sifón y tuberías de PVC.
- El intercambiador es de gran superficie y resistente a la corrosión, normalmente del tipo espiral de acero inoxidable o también de fundición en aluminio.
- El rendimiento energético teórico puede llegar a ser del 110% respecto al PCI.
- Frente a las calderas tradicionales o de baja temperatura, su rendimiento aumenta a carga parcial.
- Dispone de un quemador cilíndrico de premezcla que tiene una temperatura inferior que la de un quemador convencional.
- Sus emisiones de NOx son muy bajas, pudiendo alcanzar 20-30 mg/kWh.

Por tanto, se llevará a cabo la sustitución de las calderas de gasóleo por calderas de condensación de gas natural que serán situadas en la cubierta. En concreto, el módulo seleccionado es un Módulo Térmico RoofTop Energy Top 410 GN.

Se ha seleccionado este modelo del fabricante Ferroli ya que presenta una serie de ventajas como son:

- Debido a su homologación como Equipo Autónomo de Calor, puede ser instalado en cubierta sin necesidad de realizar una sala de calderas y debido a su configuración ocupan

un espacio reducido.

- Todos los modelos ROOF TOP ENERGY incorporan una evolucionada Centralita de Programación que posibilita la gestión óptima de la instalación en cascada de varios módulos (sin necesidad de centralitas externas), reduciendo al mínimo a operación de configuración y de puesta en servicio.
- Los Equipos Autónomos de Generación de Calor de Condensación obtienen los máximos rendimientos, pudiendo llegar al 109% en instalaciones diseñadas para ellos.
- La instalación de equipos eficientes contribuye a cuidar el entorno y a un desarrollo sostenible, limitando la emisión de partículas contaminantes, tanto CO<sub>2</sub> (responsables del llamado “efecto invernadero”) como NO<sub>x</sub> (responsable efecto denominado “lluvia ácida”).

Aunque la potencia nueva a instalar es ligeramente inferior a la actual, el nuevo sistema sería capaz de cubrir la actual demanda debido a dos razones fundamentales:

- Una mayor eficiencia del sistema.
- Un funcionamiento en cascada.

Para que el sistema funcione correctamente en cascada se suministrará una aguja hidráulica para tal fin, que servirá de control de la temperatura de suministro, regulando la entrada en funcionamiento de la caldera.

### **3.2.2 Instalación de gas**

La medida de ahorro y eficiencia energética propuesta conlleva un cambio de combustible, pasando de gasoil a gas natural.

En la situación inicial, la comunidad de propietarios carece de acometida de gas por lo tanto debe ser diseñada una nueva instalación de gas que, desde el punto de conexión a la red al emplazamiento del generador térmico en cubierta, permita el correcto funcionamiento del mismo.

### **3.2.3 Grupo de Bombeo Primario**

Se implantará un nuevo grupo de bombeo compuesto por 3 bombas simples para funcionamiento, incluido valvulería auxiliar de conexionado compuesto por llaves de cierre, filtro de latón, manguitos

anti-vibratorios y puente de manómetros.

Se opta por un grupo Marca Wilo modelo IPL 50/120-1.5/2 o similar. Se ubicará en la sala técnica dentro de la actual sala de calderas, próximo al intercambiador de calor de caldera.

Se dispondrá de un cuadro eléctrico que se situará a nivel de cubierta, dentro del castillete de acceso a la misma, que albergará elementos de protección y maniobra de los módulos de la caldera.

### 3.2.4 Sistema de telegestión

La implantación de la telegestión energética permite obtener los siguientes beneficios:

- Control eficiente de la instalación por mecanismos ajustables remotamente.
  - o Arranque y parada del Sistema de producción de agua caliente sanitaria por condiciones complejas (programa horario + condiciones ambientales).
  - o Detección de ausencia de demanda y modificación en consecuencia de las mismas en tiempo real.
  - o Optimización del rendimiento del equipo generador térmico en la zona de trabajo de máximo rendimiento siempre que la condiciones lo permitan. Se consigue motorizando en tiempo real los parámetros de funcionamiento, ajustando consignas de funcionamiento y eliminando las potencias innecesarias.
- Conocimiento exacto de los consumos, lo que permite detectar ahorros potenciales, planificar mejoras y renegociar el contrato de suministro en base a datos fiables.
- Aumento de la disponibilidad de los sistemas, facilitando el mantenimiento a través de las alarmas técnicas de la instalación, que son comunicadas de forma inmediata al servidor centralizado y a los agentes involucrados a través de email o sms.
- Vigilancia del ahorro y el confort. Las alarmas de sobreconsumo y subconsumo permiten tener la tranquilidad de que, si la instalación funciona fuera de los rangos establecidos, los técnicos serán avisados de inmediato, sin tener que esperar al fin del ciclo de facturación a la pérdida de las condiciones de confort para detectar estos casos.
- Medida y verificación de ahorros energéticos.

- Informes técnico-económicos para el seguimiento de objetivos de reducción de la factura energética.
- Reducción y medición de emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por consumo energético.

El sistema se constituye por unos equipos medidores/sondas, un controlador de planta y un software de gestión que recoge y almacena la información de las instalaciones y para la toma de decisiones energéticas.

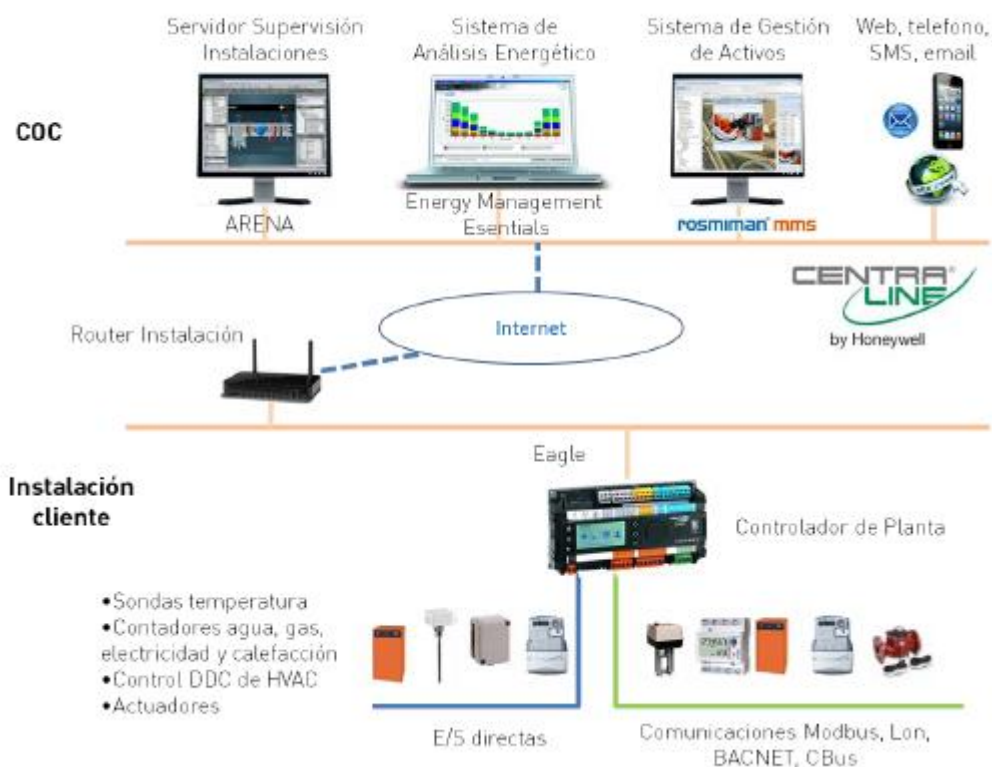


Figura 3.3. Esquema funcionamiento sistema de control.

Para realizar el seguimiento de la nueva instalación se utiliza una solución integral denominada CentraLine de Honeywell. Este Sistema permite obtener información y consulta de las medidas preestablecidas, asimismo permite el control de los parámetros, la maniobra del sistema y el cambio de consigas de la instalación.

Los principales componentes de la solución son los siguientes:

En la instalación, además de las sondas, captadores, medidores y actuadores, el elemento central de control y de la telegestión es el Controlador de Planta Eagle, cuyas principales características son:



Figura 3.4. Controlador de Planta Eagle.

- Controlador programable con herramienta de ingeniería CARE.
- Comunicaciones siguiendo protocolos estándar: BACNET/IP, LonWorks (FTT-10<sup>a</sup>), PanelBus, BACNET MS/TP, ModBus y MeterBus.
- Servidor Web manejable vía Browser standard (basta dispone en el PC de Internet Explorer o FireFox para acceso remoto a puntos de datos y parámetros de control, gestión de alarmas y evento, tendencias, gráficos y horarios)
- Pantalla integrada y botones de acceso (según modelo) para acceso y manejo de datos, parámetros, horarios y alarmas.
- Sistema Operativo LINUX.
- Entradas y salidas en el controlador (cantidad según modelo) y ampliables con módulos externos.
- Registro de variables. Hasta 128 variables y 360.000 registros.
- Buffer interno de alarmas para 100 alarmas.
- Puerto USB para acceso Ethernet.
- Montaje: Carril DIN, Pared o Frente de Armario.
- Multilenguaje.
- Alarmas a correo (a través de SMTP)

- Certificados: BTL, UL, AMEU, EN1434-5, CE.

En el centro de operaciones, de forma remota, las instalaciones se gestionan y supervisan con la aplicación ARENA de CentraLine y su comportamiento energético se analiza con la aplicación Energy Management Essentials de CentraLine. Esta combinación hace que las acciones derivadas del análisis energético se puedan implementar fácilmente, de forma remota a través del Sistema de supervisión.

Las principales características de Energy Management Essentials son:

- 100% arquitectura web.
- Registra los datos de consumo, y las principales variables que le afectan, a través de diversas fuentes de datos en particular a través de la aplicación de supervisión ARENA o importando ficheros csv.
- Genera alarmas por: pérdida de datos, máximo/mínimo instantáneo, máximo/mínimo valor medio, gradiente excesivo.
- Análisis y optimización energética de la instalación usando una larga serie de funciones de análisis predefinidas.
- Permite crear cuadro de mando para tener de una manera gráfica e intuitivo el estado energético de la instalación.

ARENA es supervisor de instalaciones. Es la aplicación que proporciona un interfaz gráfico de uso intuitivo para monitorizar y operar sistemas HVAC. En esencia, cualquier sistema diseñado con componentes CentraLine puede ser operado y monitorizado con ARENA. Principales características:

- Es “multisite” ya que gestiona simultáneamente varios controladores de planta Eagle.
- Permite acceso total a los datos del Eagle: puntos de datos, programación horaria, alarmas, y cualquier parámetro de las aplicaciones.
- Gestión avanzada de alarmas
  - o Histórico de alarmas, informes, estadísticas.
  - o Enrutado de alarmas a diferentes destinos (email, SMS, impresora, otros sistemas)



en función de la hora del día y de la criticidad.

- Análisis de tendencias de valores (curva temporal de valores)
  - Representación gráfica o tabular.
  - Datos históricos almacenados en base de datos o datos en tiempo real.
  - Datos individuales o grupo de datos.
- Programas horarios
  - Con posibilidades de definir diferentes comportamientos por día, semana y año.
  - Distinción de días laborables, festivos, especiales, mantenimiento...
- Editor gráfico que permite visualizar el estado de la instalación de una manera sencilla.

### 3.3. Equipos de la nueva instalación

A continuación, se especificarán las características de los nuevos equipos instalados en el sistema.

#### 3.3.1. Grupo de presión AFS



#### Bombas 1/2/3 grupo de presión AFS

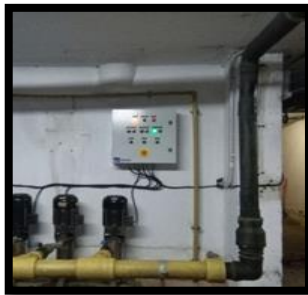
- MARCA: REYVE DE BOMBAS PRAT
- MODELO: VERTI-300 T
- N° SERIE: 1301273



### Acumuladores consumo AFS

- MARCA: SCHÜTZ
- MODELO: AQUABLOCK
- CAPACIDAD: 750L

### Cuadro eléctrico grupo de presión



### 3.3.2. Calderas



### Caldera de ACS maestra 250 kW

- MARCA: SEDICAL
- MODELO: ENERGY TOP 250
- TIPO: CALDERA DE CONDENSACIÓN
- POTENCIA MÁX.: 250 kW
- N° SERIE: 1421L10007



### Caldera de ACS esclava 160 kW

- MARCA: FERROLI
- MODELO: ENERGY TOP 160
- TIPO: CALDERA CONDENSACIÓN
- POTENCIA MÁX.: 160 kW
- N° SERIE: 1248L10059

## 3.4. Mejoras conseguidas

### 3.4.1. Ahorro energético

El ahorro energético se define como la diferencia entre la Energía Consumida Real (ECRL) por la instalación después de la implantación de las medidas de mejora y la que hubiera consumido si no se hubiera realizado dicha implantación, valor identificado como Energía de Referencia (EREF) y que variará en función de las condiciones de funcionamiento de la instalación en cada año.

La garantía de ahorro se establece como un porcentaje de esta Energía de Referencia, denominado Porcentaje de Ahorro Garantizado (PAG%), a partir del cual se obtiene la Energía Garantizada (EGAR), según la siguiente fórmula:

$$EGAR = EREF * \frac{100 - PAG\%}{100}$$

Anualmente, para cada suministro garantizado, la Energía a Facturar se calculará de acuerdo con el siguiente procedimiento:

1. A partir de las lecturas del contador de energía o medidores auxiliares se obtiene la Energía Consumida Real (ECRL).
2. A partir de las condiciones de funcionamiento reales de la instalación se obtiene el valor de la Energía de Referencia Ajustada a dichas condiciones (EREF\_AJ).

3. A partir de esta Energía de Referencia Ajustada y del Porcentaje de Ahorro Garantizado se obtiene el valor de Energía Garantizada (EGAR).

### 3.4.2. Resultados

El Anexo 2 contiene los resultados del proceso de garantía de ahorros una vez llegados al final del período de análisis. Dicho período serán los meses comprendidos entre Mayo de 2015 y Abril de 2016. Estos resultados se basan en datos reales obtenidos como consecuencia de las distintas medidas de mejora.

Para el seguimiento de los consumos y ahorros de los distintos sistemas se tiene en cuenta la evolución de los parámetros definidos como variables independientes.

- Variables Independientes

Se define el consumo de agua, los días laborables y el incremento de radiación como variables independientes para calcular el consumo energético del sistema de producción de agua caliente, ya que representa indirectamente tanto la climatología como el grado de ocupación del edificio.

- Sistema de ACS

Se pueden destacar los siguientes aspectos:

- Puede observarse una reducción del consumo de agua respecto a la referencia del 2,4%, pasando de 20.642 a 20.588 m<sup>3</sup>, y una disminución de la radiación solar de 57 a 52.
- Este hecho provoca un aumento de la energía de referencia una vez ajustada a las condiciones de funcionamiento del período actual. En datos, la “Energía de Referencia Ajustada” es un 2,8% superior a la de referencia. Es decir, la instalación anterior sin reformas hubiera consumido ese porcentaje más que antes. Este valor es el que se toma como valor de comparación para el cálculo de los ahorros garantizados.
- La “Energía Garantizada” se obtiene de aplicar de la “Energía de Referencia Ajustada” el porcentaje de ahorro garantizado, en este caso es del 11%.
- La “Energía Consumida” real acumulada es menor que la “Energía Garantizada” acumulada en el mismo periodo, lo que significa que se ha obtenido un mayor ahorro del que estaba previsto.

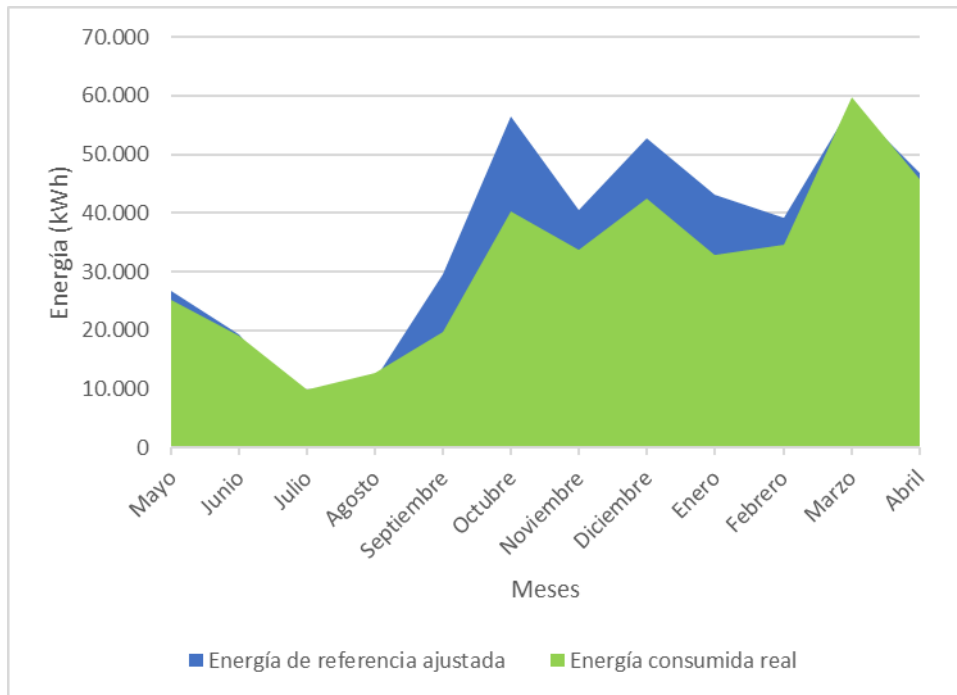


Figura 3.5. Energía de referencia ajustada y energía consumida real.

# 4. MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

---

## 4.1. Introducción

En el siguiente capítulo se elaborará el manual de uso y mantenimiento de la instalación. Este manual es una herramienta que ayuda tanto a profesionales como a usuarios a conservar el sistema de energía solar para la producción de ACS. Los usuarios de la instalación sean o no propietarios, deben respetar las instrucciones de uso y mantenimiento recibidas, asumiendo la responsabilidad derivada de los daños provocada por un uso indebido.

## 4.2. Condiciones para la puesta en servicio de la instalación

La puesta en servicio de las instalaciones de producción de ACS se emplea para asegurar que la instalación que se va a ejecutar sigue el Proyecto o Memoria Técnica, ejecutándose adecuadamente y funcionando correctamente, alcanzando las temperaturas nominales de funcionamiento. Esta puesta en servicio se diferencia a otras instalaciones por la necesidad de una elevada radiación solar para poder realizar las pruebas.

Se deberá comprobar que se han realizado las pruebas de presión en la red de tuberías de ACS y que se han efectuado las operaciones de limpieza. El aislamiento tendrá que estar totalmente instalado. La finalidad de la puesta en marcha de la instalación es:

- Verificar que la instalación se ha ejecutado según Proyecto o Memoria Técnica.
- Verificar que la ejecución haya sido adecuada.
- Comprobar que el sistema de apoyo funciona correctamente.
- Comprobar que el sistema de control regula la instalación para conseguir las temperaturas del agua adecuadas en cada punto de la instalación.

### 4.2.1 Comprobaciones con el Proyecto o con la Memoria Técnica

Se tendrá que comprobar que todas las partes de la instalación siguen el esquema de principio y los

planos del Proyecto o Memoria Técnica. Se verificarán principalmente:

- El circuito hidráulico. Si no coincidiera con éste, habrá que comprobar si se trata de un error o si se ha realizado con fin de conseguir una mejora del diseño inicial. Todo esto deberá ser supervisado por la Dirección Técnica.
- El volumen, material y características de los acumuladores de apoyo y de los acumuladores solares instalados. Además, si la conexión en serie o paralelo es la adecuada.
- El trazado de las tuberías, que se hayan respetado las distancias de separación con otras conducciones y elementos. Tanto el material como el espesor (o serie) de las tuberías instaladas deberán ser las mismas indicadas en el proyecto. También el aislamiento instalado tendrá que tener la conductividad térmica y el espesor especificados en la documentación técnica.

#### **4.2.2 Circuito hidráulico**

Las comprobaciones que hay que realizar del circuito hidráulico previamente a la puesta en servicio del sistema de producción de ACS serán que:

- Se haya realizado las pruebas de presión en las tuberías.
- La sujeción de las tuberías a los cerramientos sea la adecuada, empleando elementos antivibratorios.
- Se cuente con la estanqueidad de las uniones de las tuberías a las calderas, intercambiadores o acumuladores.
- No existan contactos de metales de diferente naturaleza que puedan ocasionar oxidación por pares galvánicos. En caso afirmativo, emplear latiguillos de materiales plásticos de longitud suficiente que impidan la corrosión de los materiales por corrientes galvánicas.
- El aislamiento térmico esté convenientemente protegido de la lluvia y de la radiación solar en los tramos que circulen a la intemperie.

#### **4.2.3 Sistemas de seguridad**

Todos los depósitos deben disponer de una válvula de seguridad tarada en función de supresión nominal. Ésta no puede saltar por el simple calentamiento del agua en los acumuladores. Se deberá

verificar:

- El correcto funcionamiento de la expulsión del agua al desagüe.
- La existencia de una válvula limitadora de presión, la presión en el acumulador tiene que ser siempre inferior a 5 bar.
- El vaso de expansión absorbe las dilataciones producidas en los depósitos al cambiar la temperatura del agua.

#### **4.2.4 Comprobación de las temperaturas**

Se deberá comprobar que la instalación solar precalienta de forma adecuada los acumuladores solares. El intercambio de calor con el circuito primario se debe realizar de forma adecuada tanto si se trata de interacumulador como de intercambiador externo.

El sistema de apoyo deberá funcionar de forma correcta, manteniendo los acumuladores de apoyo por encima de 60°C. De existir recirculación de ACS, se deberá comprobar que en ningún punto de la recirculación la temperatura del agua baje de 50 °C. La instalación deberá estar ejecutada de forma que en ningún momento la temperatura del agua de salida de los grifos sea superior a 60 °C para evitar quemaduras.

Finalmente, la instalación tiene que estar preparada para realizar un tratamiento de choque contra la legionella, consistiendo en que todos los puntos de la instalación de ACS puedan alcanzar 70 °C durante al menos 2 minutos.

### **4.3. Condiciones para el uso y conservación de la instalación**

La instalación responde a un determinado diseño y cálculos expresamente realizados para el edificio. En consecuencia:

- No se deben hacer modificaciones sin la intervención de un especialista. La instalación podría quedar descompensada o resultar insuficiente
- Cualquier anomalía de funcionamiento debe ser subsanada por un técnico competente

Para evitar el deterioro que produce la oxidación la instalación debe mantenerse llena de agua.



- Para evitar riesgo de consumos exagerados ocasionados por pérdidas de calor de la propia instalación:
- Vigile el estado del aislamiento de las tuberías y reponga las coquillas cuando se encuentren en mal estado.
- Con fuertes heladas y para prevenir el riesgo de que revienten los conductos es conveniente mantener en marcha la instalación mientras dure el fenómeno meteorológico, regulando la temperatura para no incidir en disparatados consumos de combustible.

#### **4.4. Condiciones para el mantenimiento de la instalación**

Se consideran trabajos y actuaciones de mantenimiento todas aquellas acciones encaminadas a la conservación física y funcional de un edificio a lo largo del ciclo de su vida útil. También se pueden lograr mejoras de las prestaciones originales de un elemento, máquina o instalación a lo largo del tiempo. Se pueden diferenciar principalmente dos tipos de mantenimiento: el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo tiene la posibilidad de ser programado en el tiempo y, por tanto, evaluado económicamente. Está destinado a la prevención, teniendo como objetivo el control a priori de las deficiencias y problemas que se puedan plantear en la instalación de calderas, debido al uso natural de la misma.

Son operaciones típicas de este tipo de mantenimiento las inspecciones y revisiones periódicas, la puesta en marcha y parada de ciertas partes de la instalación, la limpieza técnica e higiénica, las operaciones de manutención y las sustituciones de pequeños elementos fungibles.

El mantenimiento correctivo comprende aquellas operaciones necesarias para hacer frente a situaciones inesperadas, es decir, no previstas ni previsibles. Las reparaciones y sustituciones físicas y/o funcionales son operaciones típicas de este tipo de mantenimiento.

La mejor instalación (de calefacción, agua caliente sanitaria, etc.), mal conservada está condenada al fracaso en poco tiempo. Para no llegar a tales extremos, será necesario un adecuado mantenimiento, de manera que no se provoque el envejecimiento prematuro de las instalaciones. Consiguientemente, para evitar daños y consecuencias más graves que las que se derivan de un normal envejecimiento, el mantenimiento debe comenzar el mismo día en que pone en marcha la instalación a mantener. No hacerlo así podría conducir a situaciones no deseadas y muy complicadas.

Se llevará un adecuado mantenimiento de las instalaciones por los siguientes motivos:

- Conservar el propio patrimonio.
- Evitar molestias generadas a partir de averías en las instalaciones, tales como las paradas de los servicios.
- Por obligación derivada del obligado cumplimiento de la normativa vigente.
- Por razones de seguridad, higiene y salud y confort.
- Por economía. Si no se acomete el mantenimiento preventivo adecuado, cuando llegue la avería, no habrá forma aceptable de soportar el gasto que se originará, o repercutirá en:
  - Que una instalación mal conservada produce mayores consumos.
  - Que una instalación antigua, su rendimiento es menor implicando un mayor consumo.
  - Que la falta de mantenimiento puede invalidar los seguros contratados y las garantías con que cuente la nueva instalación.
- Por la mejora del medio ambiente. Un cambio importante en los modos de mantener los elementos comunitarios permite contribuir a una mejora considerable del medio ambiente.

#### **4.4.1 Previsiones a considerar**

Con vistas a facilitar las operaciones y trabajos de mantenimiento y conservación y ahorrar tiempo y dinero, se recomienda adoptar medidas previsoras como disponer de determinados recambios o repuestos para posibles sustituciones o reposiciones y conservar los catálogos, datos de materiales utilizados y documentación técnica final de la obra ejecutada.

A continuación, se relacionan las previsiones más significativas que hay que tener en cuenta.

- Repuestos y recambios

Se recomienda disponer de repuestos y recambios de elementos más significativos, tales como cartuchos de fusibles de protección del sistema de control, mecanismos eléctricos, protecciones eléctricas de motores y bombas de recirculación, productos de limpieza, etc.

- Documentación técnica y administrativa

Se recomienda conservar y tener disponible en todo momento la documentación técnica y datos finales de la obra ejecutada, como:

- Proyecto de la instalación del sistema de calderas nuevo instalado, con la inclusión, en su caso, de las modificaciones aprobadas.
- Catálogos de equipos, máquinas, aparatos e instalaciones.
- Planos de elementos, redes e instalaciones ocultos y aquellos otros esquemas o planos de equipos, máquinas y aparatos necesarios para su mantenimiento.
- Datos de suministradores, marcas y modelos de los elementos instalados.
- Datos de instaladores y montadores.
- Garantías, en su caso, de equipos e instalaciones.
- Protocolos, informes y dictámenes sobre pruebas e inspecciones y comprobaciones de especialistas, mantenedores autorizados, técnicos y otros que hubieran intervenido en tales operaciones.
- Manuales de instrucciones de uso y mantenimiento de los equipos e instalaciones.
- El Manual particular de uso y mantenimiento.

#### 4.4.2 Plan de vigilancia

Frecuencia	Inspecciones y comprobaciones	Actuaciones
<b>Captadores</b>		
Permanentemente	Vigilar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agrietamientos.</li> <li>- Roturas y desperfectos.</li> <li>- Suciedad.</li> </ul>	Prestar la mayor atención posible y proceder en consecuencia según la importancia de las mismas.
Semanalmente	Vigilar el estado de los cristales	Limpieza con agua o productos adecuados.
Cada 3 meses	Vigilar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Condensación de cristales a las horas centrales del día.</li> <li>- Agrietamientos y deformaciones de juntas.</li> <li>- Corrosión, fugas, deformaciones, etc. del absorbedor.</li> <li>- Degradación o indicios de corrosión de la estructura.</li> </ul>	Proceder, en su caso, a las limpiezas, reparaciones o sustituciones oportunas por especialista.
<b>Circuito primario</b>		
Cada 3 meses	Revisar el purgador manual.	Vaciar el aire del botellín por especialista.
Cada 6 meses	Revisar la humedad o fugas en tuberías, aislamiento y sistema de llenado.	Proceder, en su caso, a las reparaciones o sustituciones oportunas por especialista.

<b>Circuito secundario</b>		
Diario	Vigilar la temperatura del termómetro	
Cada 3 meses	Comprobar el acumulador solar.	Purgado de la acumulación de todos de la parte inferior del depósito.
Cada 6 meses	Comprobar (especialista) la humedad y fugas en tubería y aislamientos.	Proceder, en su caso, a las reparaciones o sustituciones oportunas por especialista.

#### 4.4.3 Plan de mantenimiento

<b>Frecuencia</b>	<b>Inspecciones y comprobaciones</b>
<b>Sistema de captación</b>	
Cada 6 meses	<p>Inspeccionar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferencias sobre el original y entre captadores.</li> <li>- Condensaciones y suciedad de cristales.</li> <li>- Agrietamientos o deformaciones de juntas.</li> <li>- Corrosión o deformaciones del absorbedor.</li> <li>- Deformación, oscilaciones, ventana de respiración de la carcasa.</li> <li>- Aparición de figas de conexiones.</li> <li>- Degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos en estructura.</li> </ul>
Cada año	Comprobar si en algún mes del año la contribución solar real ha sobrepasado el 110% de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100%

<b>Sistema de acumulación</b>	
Cada año	<p>Comprobar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible presencia de lodos en el fondo del depósito.</li> <li>- Desgaste de ánodos sacrificio.</li> <li>- Funcionamiento de los ánodos de corriente.</li> <li>- Existencia de humedad del aislamiento.</li> </ul>
<b>Sistema de intercambio</b>	
Cada año	<p>Comprobar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funcionamiento, eficiencia y prestaciones del intercambiador de placas.</li> <li>- Funcionamiento, eficiencia y prestaciones del intercambiador de serpentín.</li> </ul>
<b>Circuito hidráulico</b>	
Cada 6 meses	<p>Comprobar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Degradación, protección de uniones y ausencia de humedad del aislamiento al exterior.</li> <li>- Presión del vaso de expansión cerrado.</li> <li>- Nivel del vaso de expansión abierto.</li> <li>- Funcionamiento y actuación del sistema de llenado.</li> <li>- Purgador manual.</li> </ul>
Cada año	<p>Comprobar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Densidad y PH del fluido refrigerante.</li> <li>- Uniones y ausencia de humedad del aislamiento al interior.</li> <li>- Estanqueidad de la bomba.</li> <li>- Funcionamiento del purgador automático.</li> <li>- Funcionamiento de la válvula de seguridad.</li> </ul>

	- Funcionamiento de la válvula de corte.
Cada 2 años	Comprobar la estanqueidad del circuito completa.
<b>Sistema eléctrico y de control</b>	
Cada año	<p>Comprobar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Que está siempre bien cerrado el cuadro eléctrico para que no entre polvo.</li> <li>- Funcionamiento del control diferencial.</li> <li>- Funcionamiento del termostato.</li> <li>- Verificación del Sistema de medida.</li> </ul>

# 5. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

---

## 5.1. Introducción

En el capítulo 4 de este proyecto se ha explicado la importancia de realizar un adecuado mantenimiento preventivo. A continuación, en el presente apartado, se elaborará el plan de mantenimiento preventivo que deberá ser realizado por el especialista o técnico competente.

El especialista realizará una revisión mensual de la instalación donde realizará el procedimiento indicado en función de la fecha de dicha revisión. Esto es debido a que cada una de las inspecciones tendrá una frecuencia determinada.

El plan de mantenimiento preventivo se dividirá en cinco grandes grupos que se corresponderán a los equipos más importantes de la instalación: calderas, bombas, intercambiadores de calor, acumuladores de calor y captadores solares. Todas las actividades indicadas para cada tipo de equipo se han obtenido a partir de los diferentes manuales y de la normativa.

## 5.2. Calderas

Todos los meses se realizarán las siguientes actividades a las calderas de la instalación:

- Comprobar y tarar las válvulas de seguridad.
- Verificar y ajustar los manómetros y termómetros.
- Contrastar y ajustar los termostatos/ presostatos de mando y seguridad.
- Realizar el análisis de gases y rendimiento de combustión.
- Inspeccionar el estado de aislamiento térmico.
- Verificar que las compuertas de salida de gases están en su posición correcta.
- Verificar la apertura y cierre de la válvula de ida y retorno.
- Anotar la temperatura máxima de funcionamiento.



- Comprobar los electrodos de ionización y encendido.
- Comprobar la presión del agua en la instalación.
- Comprobar la bomba de circulación.
- Comprobar el sistema de descarga de condensados.
- Comprobar y limpiar los conductos de aire y humos.
- Comprobar el llenado de vaso de expansión.

Además, anualmente se realizarán las siguientes operaciones:

- Comprobar el circuito de gases de la caldera.
- Comprobar la estanqueidad de la cámara.
- Limpiar los quemadores y pilotos
- Comprobar la estanqueidad de la instalación de agua y de gas.
- Comprobar el caudal y la presión del gas.

### **5.3. Bombas**

- Verificar los contactos eléctricos.
- Comprobar y ajustar la alineación del grupo motobomba.
- Comprobar la ausencia de vibraciones y del estado general de los soportes.
- Comprobar estanqueidad.
- Anotar la tensión de entrada y la intensidad eléctrica.
- Comprobar presiones diferenciales (entre aspiración e impulsión).
- Comprobar el funcionamiento (sin ruidos extraños).
- Comprobar inexistencias de calentamientos anormales en cojinetes.

## 5.4. Intercambiadores de calor

- Comprobar estanqueidad.
- Anotar las temperaturas de entrada/ salida de los circuitos.
- Inspeccionar el estado del aislamiento térmico.
- Abrir y cerrar las válvulas de corte para evitar agarrotamientos.

## 5.5. Acumuladores de calor

- Realizar la purga del fondo del acumulador.
- Anotar la presión del circuito.
- Verificar la inexistencia de fugas de agua.
- Purgar los puntos altos de la instalación.
- Verificar el funcionamiento del desagüe de la válvula de seguridad.
- Comprobar el funcionamiento de las válvulas.
- Verificar el sistema de llenado de agua del depósito.
- Verificar el correx.
- Comprobar inexistencia de corrosión.
- Comprobar el estado de aislamiento térmico.
- Anotar las temperaturas de entrada y salida del agua.
- Anotar la temperatura de acumulación.
- Anotar la temperatura de entrada retorno.

## 5.6. Captadores solares

- Anotar la presión del circuito.
- Verificar el estado de aislamiento de las tuberías.
- Verificar el estado de limpieza de la protección translúcida.
- Verificar la inexistencia de condensaciones y suciedad bajo la protección de los paneles.
- Verificar la inexistencia de corrosiones y fugas de agua.
- Verificar la inexistencia de agrietamientos y deformaciones en las juntas.
- Verificar el estado de la superficie absorbadora.
- Verificar el estado de las carcasas y las ventanas de respiración.
- Comprobar el apriete de las conexiones hidráulicas.
- Comprobar los niveles de agua en el circuito hidráulico.
- Comprobar la estructura de soporte.

## 5.7. Aerotermos

Todos los meses se llevarán a cabo las siguientes actividades a los aerotermos de la instalación:

- Comprobar el buen estado de la válvula de regulación.
- Verificar la inexistencia de pérdidas de agua.
- Comprobar el paso del aire.
- Verificar la inexistencia de ruidos y vibraciones.
- Anotar la temperatura de agua tanto de la entrada como de salida.
- Anotar los consumos eléctricos.

- Anotar el caudal del aire.
- Llevar a cabo una limpieza e inspección de los filtros de aire.

Además, anualmente se realizarán las siguientes operaciones:

- Comprobar la regulación.
- Realizar una purga de aire y de lodos.
- Engrasar los rodamientos.
- Comprobar la correcta circulación del agua.

## 6. ESTUDIO DE INCIDENCIAS MÁS COMUNES

---

### 6.1. Introducción

En este último capítulo, se va a realizar un estudio de las incidencias más comunes que se producen en los sistemas solares térmicos para la producción de ACS. Se expondrán los defectos más frecuentes, así como el comportamiento de los diferentes equipos a lo largo del tiempo. También se darán unas recomendaciones para evitar que dichas incidencias ocurran.

### 6.2. Vida útil de los sistemas solares térmicos

Cuál es la vida útil del sistema solar es una pregunta que se hace frecuentemente al intentar vender o comercializar dicho sistema. Gracias a la sofisticada tecnología actual, la vida útil de una instalación solar se puede situar en unos 20 años (con buenos componentes, 25 años). Por consiguiente, los sistemas solares térmicos son bienes económicos de gran valor que, a su vez, van a tener una duración extremadamente larga. Esto último es esencial tenerlo presente antes de tomar la decisión de realizar una instalación de este tipo.

Las condiciones previas para garantizar un período de vida de la instalación solar de 20 a 25 años son las siguientes:

- Un dimensionado correcto de la instalación, de acuerdo con el consumo medido. Evitar el sobredimensionamiento, así como los períodos de estancamiento demasiado frecuentes y demasiado prolongados.
- Un diseño del sistema cuidadoso y detallado, seleccionando componentes de alta calidad.
- Montaje cuidadoso de todos los componentes del sistema.
- Supervisión intensiva de la instalación por el proyectista.
- Un control cauteloso en la inspección, certificación y durante la puesta en marcha.
- Control del comportamiento del sistema durante la operación y un mantenimiento esmerado del mismo.

Estos requisitos son válidos para todo tipo de instalación técnica. Una instalación solar no exige mayor cuidado que otros sistemas.

### 6.3. Defectos frecuentes

La figura 6.1. representa un resumen de los defectos más importantes. Estos fallos más frecuentes se han clasificado para mostrar la frecuencia de su aparición. La suma total de todos los porcentajes es superior al 100% debido a que no se excluyen fallos múltiples en un mismo sistema.

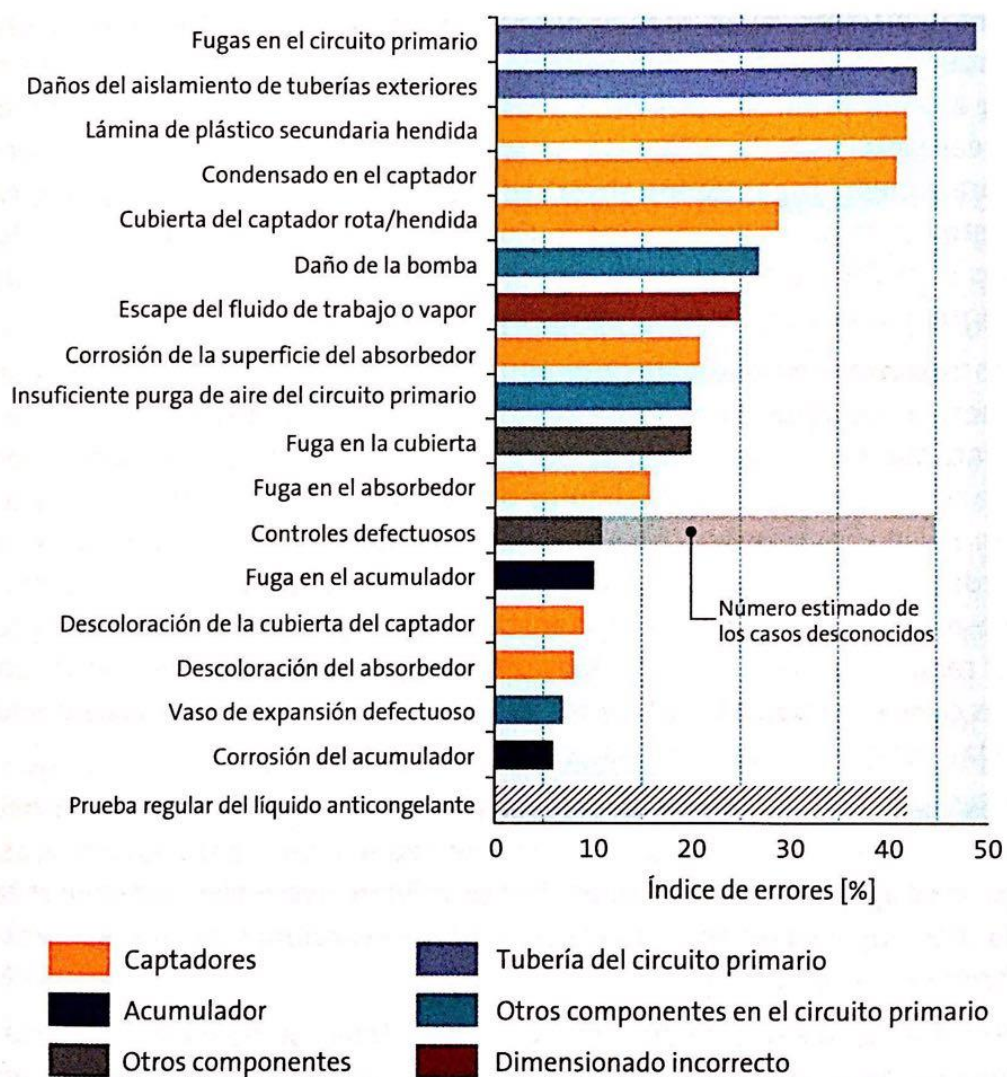


Figura 6.1. Frecuencia de fallos en sistemas solares térmicos.

Como se puede apreciar, la fuga en el circuito primario ocupa el primer lugar en la lista de los fallos.

Estas fugas suceden a menudo en las conexiones, poco apropiadas, de manguera flexible entre los captadores, así como en conexiones de válvulas, bombas o vainas de inmersión para el sensor de temperaturas de control. Esto está directamente relacionado con la capacidad que tiene el glicol de penetrar en ranuras finas o capilares, debido a la menor tensión superficial de una mezcla de glicol en comparación con el agua. Un sistema que pasa la prueba de estanqueidad con agua no es necesariamente estanco a la mezcla de glicol-agua.

El alto porcentaje de fugas indica que muchos sistemas no podían aguantar presiones elevadas a temperaturas altas en el circuito primario, de modo que, frecuentemente, el aire es absorbido a medida que los sistemas vuelven a enfriarse. Si posteriormente el sistema no se llena nuevamente con mezcla anticongelante (no agua pura), ni tampoco se purga, se produce una acumulación de aire en las partes superiores del circuito. Normalmente, esto afecta a los bordes superiores del absorbedor y, a veces, a las conexiones superiores entre los captadores. En estas partes puede originarse corrosión en los absorbedores de acero o de aluminio, pero raramente en los absorbedores con tubería de cobre. Esta corrosión incluso puede ocasionar perforaciones y fugas. Si los absorbedores se corroen completamente, el sistema ya no podrá funcionar.

En resumen, es necesario que el circuito primario sea estanco ante mezclas de agua-glicol. En caso de fugas, éstas han de repararse inmediatamente. La instalación de purgadores adecuados y/o un separador de aire eficaz dentro del circuito primario es muy importante. El aire en el circuito primario no sólo facilita la corrosión, sino que también reduce el caudal del fluido de trabajo (hasta llegar a la paralización o cese del funcionamiento de la instalación) y, por consiguiente, reduce el rendimiento del sistema. Hoy día, las entonces habituales fugas en las conexiones entre captadores ya no aparecen con frecuencia, debido a las mejoras en las técnicas de conexión utilizadas.

Los captadores antiguos incorporaban láminas internas transparentes como cubiertas secundarias, a fin de reducir las pérdidas térmicas, pero se agrietaban con frecuencia y se volvían inservibles. Actualmente la tecnología ya no necesita estas láminas secundarias, al emplear recubrimientos selectivos.

El condensado en los captadores planos a bajas temperaturas es relativamente de poca importancia, siempre y cuando éste no cause corrosión en la superficie del absorbedor y el líquido infiltrado pueda salir del captador en forma de vapor cuando la temperatura aumenta.

Los defectos en las tuberías exteriores se deben por lo general a corrosión, o incluso perforación, del recubrimiento exterior del aislamiento térmico (normalmente, chapa de acero galvanizado), así como a errores de montaje de estas chapas, como uniones situadas en la parte superior o tubos pasantes

mal hechos. Así, se descubrió habitualmente penetración de humedad dentro del aislamiento térmico de las tuberías exteriores. Además, en ocasiones se han presentado daños en los materiales de aislamiento no revestidos, causados por pájaros, ya que éstos a menudo picotean los materiales para construir sus nidos. Por eso, tal recubrimiento de plástico desprotegido no debería usarse en las partes externas del sistema.

Las rupturas y grietas de las cubiertas delanteras transparentes casi siempre se deben al hecho de que las cubiertas de metacrilato son inapropiadas para soportar grandes esfuerzos, como, por ejemplo, las tensiones causadas por altas temperaturas dentro del captador, los originados por ráfagas de viento en construcciones mal preparadas, etc. En la actualidad las cubiertas de metacrilato raramente se utilizan, ya que el vidrio moderno, de bajo contenido en hierro, presenta una transmitancia mucho mejor y además es resistente a los esfuerzos mecánicos por un período más largo. La mayoría de los daños registrados ya no representan hoy día un problema en las instalaciones solares.

Las roturas de la cubierta de vidrio son poco frecuentes. En algunos sistemas donde se ha apreciado agrietamiento del vidrio casi siempre ha sido a causa de la mala calidad del mismo.

En un bajo porcentaje se han podido registrar escapes de vapor y/o fluido en el circuito primario. Esto se debe al hecho de que dichos sistemas estaban diseñados con superficies de captación sobredimensionadas. Debido a ello, el acumulador alcanza una temperatura máxima alrededor del mediodía produciéndose un estancamiento. Como consecuencia, el fluido de trabajo se vaporiza en el absorbedor y, en muchos casos, se producen escapes de líquido por la válvula de seguridad, debido a que los vasos de expansión no están dimensionados para recoger el líquido desplazado por el vapor. Además, después del enfriamiento del sistema entraba aire en el circuito primario por depresión. Si estas experiencias se tienen en cuenta en el momento de diseñar los sistemas solares, no deberían ocurrir este tipo de problemas.

Las fugas en las cubiertas han ocurrido tanto en las planas como en las cubiertas inclinadas con captadores integrados en ellas. Tales fugas han ocasionado daños significativos en zonas situadas debajo. No obstante, aunque estos problemas podrían surgir igualmente por otras circunstancias (claraboyas, antenas, aeroductos, etc.), como es lógico se hace responsable de los mismos a la instalación solar, ya que de no existir ésta, aquellos no se hubieran presentado.

En los siguientes capítulos se analizarán en detalle otro tipo de fallos en los distintos componentes mencionados. Algunos de ellos se debieron al propio sistema, por ejemplo, corrosión de la superficie del absorbedor, decoloración de las cubiertas transparentes (sobre todo en las de plástico reforzado con fibra de vidrio), etc. Otros fueron causados por la falta de un buen mantenimiento, como, por



ejemplo, corrosión del acumulador debida a un ánodo de magnesio consumido. Finalmente, están los que han de considerarse como deterioro normal en sistemas en funcionamiento desde hace más de 20 años.

## **6.4. Circuito Primario**

### **6.4.1. Fluidos de trabajo**

Estudios realizados indican que generalmente no existen reacciones agresivas contra tuberías de cobre, es decir, con respecto a otros materiales se ha podido comprobar su buena protección anticorrosiva. Esto es debido a que el cobre no es propenso a los efectos de la corrosión incluso en presencia de los fluidos de trabajo que contienen oxígeno. Hay casos que, aunque con el tiempo la tubería ha perdido la protección anticorrosiva se encuentra completamente intacta.

En cambio, la protección anticorrosiva se reduce con respecto al aluminio, llegando a desaparecer completamente. La falta de protección anticorrosiva presenta un nivel crítico en las instalaciones con absorbedores del tipo “rollbond”, debido a que éstos están hechos de aluminio, el cual es bastante sensible a los efectos corrosivos en presencia de oxígeno.

En cuanto al acero, se ha notado una disminución de las propiedades anticorrosivas con el paso del tiempo, otro caso de crucial importancia parecido al del aluminio. Se observan grandes daños corrosivos tanto en los que se utilizan tubos de calor con condensador de aluminio e intercambiador de calor de acero como los de captadores planos provistos de un absorbedor de acero.

La disminución o la falta total de protección anticorrosiva no conlleva inmediatamente daños corrosivos debido a que el circuito primario es un sistema cerrado. Un factor decisivo en este contexto constituye la entrada de oxígeno o de aire en el circuito. Esto puede llegar a suceder si no se detectan ni se reparan fugas a tiempo, si se utiliza a menudo agua rica en oxígeno para rellenar el circuito o si la purga de aire es incompleta. Por esta razón, cuando se dan estas circunstancias pueden tener lugar procesos corrosivos capaces de producir daños inmensos, en especial, en los absorbedores de paredes finas.

Es importante tomar medidas preventivas como, por ejemplo, llevar a cabo un control relativo a la protección anticorrosiva y a la purga de aire, en especial si el fluido de trabajo entra en contacto con el aluminio o el acero. Si ocurre una disminución de presión en el circuito primario o se han de llevar a cabo rellenos frecuentes, es obligatorio comprobar la estanqueidad del sistema completo, es

decir, revisar la presencia de fugas, etc., incluyendo las uniones de las tuberías por debajo del aislamiento térmico. En caso de presión inferior a la atmosférica, puede entrar aire a través de estas fugas, lo que favorece el proceso corrosivo.

Además, si se cuenta con un valor pH del fluido inferior a 5 puede haber corrosión, incluso en ausencia de oxígeno. Los aditivos anticorrosivos, por lo general, han sido creados para fines de protección contra la corrosión basada en oxígeno y no basada en el ácido. La reserva alcalina es una medida para la capacidad de neutralización del fluido de trabajo para impedir la acidificación del glicol, común durante el envejecimiento.

Se recomienda elegir el fluido de trabajo según sus características térmicas y químicas para cumplir los requisitos con respecto a los materiales del circuito primario, así como de las cargas térmicas de la instalación.

Antes de la puesta en marcha, el circuito primario ha de limpiarse (se recomienda por lo menos durante diez minutos) para disminuir o impedir la interacción entre el fluido de trabajo y posibles residuos del montaje (virutas, decapante, etc.) en las tuberías a altas temperaturas. Por eso, vale la pena incluir esta información en las instrucciones de limpieza y llenado.

A parte de instalaciones con requisitos especiales, la presión final en un campo de captadores a temperaturas elevadas, pero sin que aún tenga lugar el proceso de vaporización, no debería sobrepasar los tres bar (sobre la presión atmosférica). Bajo el efecto de presiones de esta magnitud, la vaporización del fluido empieza a tener lugar a temperaturas relativamente bajas, de 130°C a 150°C, en función del contenido de glicol. La carga térmica continúa siendo limitada, puesto que sólo una pequeña fracción (la fase de vapor) del fluido se halla expuesta a temperaturas muy altas. Cabe destacar que el fluido de trabajo debe evaporarse sin dejar residuos que no se disuelvan completamente al condensarse.

Al mismo tiempo, la presión de trabajo a una temperatura baja de 15°C cerca del vaso de expansión y de la válvula de seguridad, colocados por lo general en el sótano, debería estar alrededor de unos 0,8 bar-1,5 bar por encima de la presión estática. Así se logra evitar una presión inferior a la atmosférica en el circuito primario incluso al producirse un enfriamiento de hasta -20°C o al liberar pequeñas cantidades de aire a través de los purgadores, para no correr el riesgo de que entre aire en el sistema.

El efecto anticorrosivo de los aditivos desaparece gradualmente si no se humedecen constantemente los componentes con el fluido de trabajo, como puede ocurrir en caso de aire acumulado en las

zonas altas del circuito durante períodos inoperativos. En especial cuando se use aluminio o acero, es necesario llevar a cabo una purga de aire completa y duradera del sistema.

En caso de pérdida de fluido de trabajo a consecuencia de fugas o de vaciado parcial durante el mantenimiento del circuito, no se permitan rellenados con agua pura, puesto que ésta se diluye mermando la protección anticorrosiva y anticongelante. Siempre que se vaya a realizar el rellenado es conveniente aplicar la misma marca de glicol y la misma mezcla que se utilizó al principio. Sólo en casos de que se manifieste una proporción insuficiente de glicol en el fluido de trabajo, se debería usar glicol no diluido de la misma marca en el momento de efectuar el rellenado. Si se utilizara siempre glicol no diluido, ocurriría una disminución del calor específico y un aumento de la viscosidad y, por tanto, de las pérdidas de carga en el circuito primario.

Si se pone en duda la calidad del fluido de trabajo, puede tomarse una prueba y enviarla al fabricante con el fin de verificar la misma. Es conveniente que se mezcle bien la prueba, la cual es preferible sacar de una válvula de vaciado durante el funcionamiento de la bomba de circulación.

Se aconseja que el valor del pH y las propiedades anticorrosivas de los fluidos empleados en las instalaciones sometidas a períodos de estancamiento frecuentes sean controlados cada año. Por otro lado, las instalaciones que operan siempre bajo condiciones normales necesitan ser controladas menos frecuentemente.

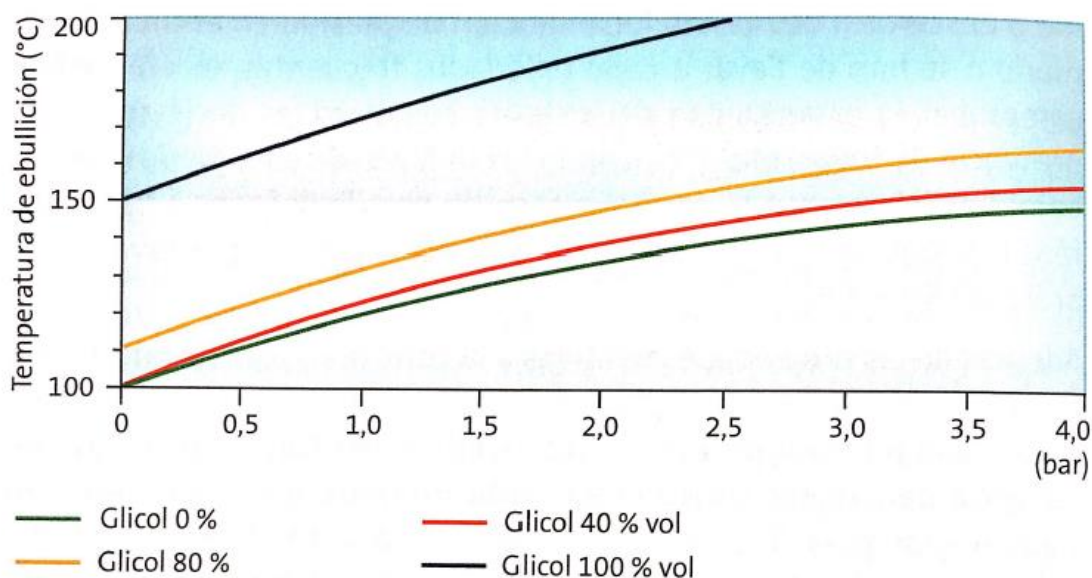


Figura 6.2. Temperatura de ebullición de mezclas de agua y glicol en función de la presión.

## 6.4.2. Tuberías del circuito primario

- **Corrosión interior de las tuberías**

Se han realizado estudios del comportamiento a largo plazo de la tubería de impulsión del captador (parte caliente), tubería de retorno al captador (parte fría) y la parte inferior del circuito primario. En dichos estudios se observó que apenas se notan efectos corrosivos ni erosivos en las superficies interiores de las tuberías. Había una capa delgada y uniforme, aunque ésta no ha causado ningún efecto en el funcionamiento del sistema pudiendo funcionar durante muchos años más la instalación.



Figura 6.3. Superficie interior de un tubo de acero al cabo de 14 años de operación en un circuito primario.

En la figura 6.3. se puede observar el estado de una tubería de acero al cabo de 14 años de servicio. La tubería se halla aún en tan buen estado como si fuera nueva.

En cuanto a la corrosión interna, no hubo cambios críticos en el estado de los tubos analizados. Incluso en las instalaciones donde, por falta de agentes anticorrosivos en el fluido de trabajo, se había producido corrosión excesiva, como por ejemplo en el interior del absorbedor, los tubos aún seguían estando intactos. Una explicación de lo anterior podría ser el hecho de que, en la práctica, las tuberías siempre están en contacto con el fluido de trabajo y que sólo en muy pocos casos se exponen al oxígeno, incluso si ha entrado aire en el sistema, porque éste asciende al punto superior, por lo general en el captador.

Sólo pueden ser problemáticos aquellos tubos de acero colocados por encima del absorbedor, es decir, en la parte superior del sistema, ya que en este caso puede haber corrosión. Por ejemplo, si el

aire logra entrar en el sistema sin que se realice su purga completa, éste se acumula en estas partes elevadas durante períodos sin operación y desde ahí desplaza el fluido de trabajo que inhibe la corrosión. A consecuencia de esto, el proceso corrosivo podría acelerarse en estas partes. Por tal motivo, se recomienda llevar a cabo una purga de aire adecuada a fin de evitar la corrosión, particularmente en los tubos de acero de posición elevada.

- **Corrosión externa de las tuberías**

Con respecto al exterior, el estado de los tubos de acero al cabo de un largo tiempo es excelente, independientemente de la parte de la tubería a que pertenezca, ya sea al aire libre o dentro de un edificio. Incluso en casos de humedad dentro del aislamiento térmico de la tubería, la corrosión en forma de óxido es más bien ligera. En ciertos casos, la agresión corrosiva causó leves daños en el aspecto exterior de los tubos; no obstante, esto no conducirá, en el transcurso de muchos años, a alteraciones en la operación.



Figura 6.4. Superficie exterior de tubos de acero de un circuito primario.

En la figura 6.4. se indica el estado de un tubo de acero, aún provisto parcialmente de material de aislamiento. La unión roscada realizada en la unión T (a la izquierda), que fue sellada con cáñamo, no presenta indicios de fuga, demostrando que las uniones selladas con cáñamo poseen buenas propiedades de estanqueidad.

Casi todos los tubos de cobre estudiados se hallan con el paso del tiempo en perfecto estado. Los que no, se encuentran con sedimentos de un polvo blanco suelto en la parte superior de la tubería. Este polvo es cal y agentes corrosivos del cobre. La causa de la corrosión, en tal caso, radica en la humedad, no obstante, no trae consigo grandes consecuencias.

El aspecto exterior, generalmente positivo, de todas las tuberías se malogra hasta cierto punto a casusa del daño corrosivo en una de las boquillas de un acumulador solar, aunque éste no forma parte del circuito primario. Por ejemplo, si a la boquilla de acero inoxidable se le ha atornillado una tapa de acero galvanizado, la corrosión en el punto de contacto entre el zinc y el acero en la parte

superior de la tapa es la causa de la perforación de la pared de la misma.



Figura 6.5. Daño corrosivo en el punto de contacto de diferentes metales.

Todas las tuberías se encuentran en buen estado al cabo de 16 años de servicio. La ligera corrosión en la superficie de los tubos de cobre y acero no es generalmente problemática y haciéndose innecesario su reemplazamiento en dicho período de tiempo. En principio, las tuberías del circuito primario no son propensas a daños corrosivos en tanto que se evite la corrosión por contacto.

Para el circuito primario se recomiendan tubos de cobre, de acero negro y de acero inoxidable, así como tubos flexibles ondulados de acero inoxidable. No obstante, hay que insistir en lo importante que es evitar cualquier tipo de corrosión por contacto.

No se aconseja el empleo de materiales sintéticos, a menos que éstos estén explícitamente diseñados para la tubería de instalaciones solares.

Tampoco se deben usar tubos de acero galvanizado debido a la resistencia insuficiente a elevadas temperaturas, así como a interacciones químicas entre el zinc y el glicol.

Para llevar a cabo la unión de los tubos de cobre, se recomienda tanto el uso de accesorios de soldadura por capilaridad como de accesorios de compresión, o de unión a presión con juntas especiales, aptas para soportar las temperaturas elevadas que pueden aparecer en la instalación. Lo mismo se aplica en gran medida a ciertas juntas tóricas especiales, uniones roscadas planas o cónicas, así como a algunos otros materiales y técnicas de conexión adicionales. Todos los materiales deben ser resistentes a las temperaturas elevadas, a las presiones máximas y a la exposición al glicol. Se deben respetar las recomendaciones del fabricante con respecto a los campos y a los límites de su aplicación.

En caso de que se empleen tubos de cobre para las tuberías del circuito primario, es bastante común el uso de soldadura blanda. No obstante, según el empleo de la soldadura blanda se limita a las

instalaciones en las cuales la temperatura máxima de servicio no supera los 120°C. Por lo tanto, en las instalaciones solares térmicas se recomienda sólo la soldadura fuerte. En especial, esto es válido para las tuberías que están cerca del captador expuestas a temperaturas muy altas y, además, a cargas mecánicas elevadas debido a la dilatación térmica.

Aunque se tomen medidas para compensar las fuerzas causadas por la dilatación térmica, esta compensación no siempre se logra por completo. Una solución segura para el circuito primario es la soldadura fuerte. Si se trata de instalaciones con captadores de tubos de vacío, nunca se recomienda el uso de soldadura blanda.

Las uniones roscadas pueden sellarse con cáñamo. Ya que el glicol posee la propiedad de penetrar en intersticios muy estrechos, no se recomienda el uso de cinta de teflón en circuitos primarios con mezclas de agua y glicol.

Cabe observar que el montaje de las tuberías en las instalaciones ha de realizarse de manera profesional según las normas vigentes. Para reducir la transmisión de vibraciones y ruido se recomiendan abrazaderas y soportes isofónicos, aptos para soportar las temperaturas elevadas en el circuito primario.

### **6.4.3. Aislamiento térmico de las tuberías del circuito primario**

Los estudios que se realizaron fueron de instalaciones que ya habían prestado un servicio de entre 13 y 16 años.

- **Materiales de aislamiento térmico**

En la mayoría de las instalaciones se utiliza lana mineral como aislamiento térmico. Debido a que los recubrimientos externos no pueden impedir la entrada de la humedad, la mayor parte de los materiales de poro abierto quedan mojados y, como consecuencia, pierden sus propiedades aislantes, por lo menos hasta el momento en que la humedad se evapora debido al calentamiento a través de los tubos. Sin embargo, en casos de aislamientos de poro cerrado se pueden evitar estos efectos perjudiciales para el sistema.

En los casos que no se realiza la protección externa contra los efectos ambientales, una gran parte del aislamiento se desintegra en pequeñas partículas, generalmente debido a la radiación ultravioleta en conjunción con temperaturas elevadas.

En muchas ocasiones, los daños excesivos se deben a aves y ratones, como por ejemplo en los casos en que las primeras picotearon el material para construir sus nidos.



Figura 6.6. Daño en el aislamiento térmico sin recubrimiento causado por aves.

Utilizando una simple envoltura con cinta adhesiva aplicada sobre el aislamiento no se obtiene un resultado duradero, puesto que las cintas pierden su efecto o se hacen frágiles con el tiempo.

En cambio, en relación con los tubos internos, son de utilidad los aislamientos de poro abierto, como la lana mineral. Si no hay problemas de mordeduras de ratones, se pueden emplear materiales de espuma aislante como solución alternativa.

- **Recubrimiento del aislamiento térmico**

En la mayoría de las superficies exteriores de los recubrimientos que son de acero galvanizado presentan un buen estado con el paso del tiempo y las capas de zinc siguen intactas. Sin embargo, existen casos en los que se ha producido una fuerte corrosión del lado exterior del recubrimiento, aunque todavía no se ha perforado. También algunas ya tienen daños corrosivos. Estos daños se observan en partes del recubrimiento, especialmente alrededor de las aberturas para válvulas, boquillas, etc., pues precisamente ahí se es donde se aprecia una aceleración del proceso corrosivo a causa del deterioro de la capa de zinc.





Figura 6.7. Campo de captadores con fuerte corrosión del lado exterior del recubrimiento de acero galvanizado.

En muchas partes del recubrimiento se han podido observar perforaciones a causa de la corrosión. En cuatro de cada cinco instalaciones que han sido estudiadas el recubrimiento sufrió daños corrosivos más fuertes en el interior que en el exterior. En todos estos casos la humedad fue la causa principal de la corrosión, siendo los puntos de su penetración las uniones longitudinales o transversales, u otras juntas del recubrimiento selladas de modo incorrecto, como por ejemplo en las bifurcaciones de tuberías, purgadores de aire, boquillas, etc.



Figura 6.8. Daño corrosivo en un recubrimiento de acero galvanizado.



Figura 6.9. Daño corrosivo en el lado interior de un recubrimiento de acero galvanizado.

Es raro encontrar ausencia de óxido en el interior del recubrimiento metálico. En un caso estudiado que ocurría esto, todas las uniones estaban selladas con cinta de aluminio, y el solapado de la chapa en las juntas cumplía las normas alemanas con respecto al aislamiento térmico en los casos que se produce vapor. La protección del recubrimiento contra la entrada de humedad, aunque no era completa, si era eficaz, como se pudo observar en el estado intacto de la superficie interior. Por otro lado, el exterior había padecido daños severos ocasionados por el debilitamiento de la capa de zinc, pero aún seguía en buenas condiciones.

En general se ha observado que los recubrimientos galvanizados quedan mucho menos afectados por la corrosión si se les dota de protección, como, por ejemplo, por debajo de la parte posterior de los captadores montados en cubierta plana. En la figura 6.10. se documenta esto partiendo de dos ejemplos: en el recubrimiento de las tuberías de retorno que se habían colocado en una posición protegida por detrás de los captadores se observó sólo una ligera corrosión, mientras que las tuberías de impulsión no estaban protegidas y, por tanto, mostraron efectos corrosivos mayores.



Figura 6.10. Recubrimiento de acero galvanizado de una posición protegida (arriba) con sólo ligera corrosión, y de una posición no protegida (abajo) con efectos corrosivos mayores.

Otra tendencia característica consiste en que los recubrimientos de las tuberías calientes de impulsión son aparentemente más propensos a la corrosión que las tuberías de retorno.

Además de los daños registrados en los recubrimientos del aislamiento de las tuberías, hay síntomas frecuentes de corrosión en otros componentes galvanizados, en especial en las abrazaderas, los puntales de la estructura de soporte, las chapas embutidas de captadores, tornillos, etc. Aunque la funcionalidad de estos componentes no ha disminuido gracias a sus paredes relativamente gruesas, exceptuando las conexiones con tornillos no desmontables, se han detectado varias manchas de óxido que afectan negativamente al aspecto visual de las instalaciones. Es por ello necesario que, cuando se vayan a exponer los componentes galvanizados al aire libre, se aplique una capa de zinc de alta calidad que no se deteriore en el momento de, por ejemplo, perforar orificios adicionales o cortar los propios componentes.

En la figura 6.11. se puede observar la superficie exterior de un recubrimiento de aluminio que muestra un aspecto debilitado, aunque parece conservar su integridad. Tiene un aspecto idéntico a la corrosión normal del aluminio bajo condiciones atmosféricas. Todas las instalaciones antiguas que estaban provistas de recubrimiento de aluminio y que fueron examinadas en el marco de otros trabajos de investigación presentaban un estado semejante, no advirtiéndose daños corrosivos en ellas.



Figura 6.11. Recubrimiento de aluminio de un material aislante de poro cerrado.

A pesar de no haberse aplicado un tratamiento especial para sellar las uniones de las chapas del recubrimiento de aluminio, las superficies interiores tenían un brillo metálico, salvo en las partes donde el aluminio se había cortado, por ejemplo, en bifurcaciones. En estas zonas se observaron indicios blancos de productos corrosivos. En una instalación se empleó espuma aislante de poro cerrado envuelta adicionalmente y de manera cuidadosa en una hoja de aluminio.

En algunas instalaciones, las tuberías en el interior poseían recubrimientos innecesarios y costosos

de acero galvanizado o incluso aluminio. Sin embargo, para este propósito es suficiente el uso de espumas aislantes sin recubrimiento, siempre y cuando resistan las temperaturas máximas. Si se utiliza lana mineral para las tuberías localizadas en el interior, es recomendable que se aplique un recubrimiento de plástico. Al ser examinados todos los recubrimientos del aislamiento utilizado en el interior, tanto de metal como de plástico, se observó que éstos estaban en un estado impecable.

El aislamiento térmico de las tuberías del circuito primario debe resistir temperaturas de por lo menos 120°C durante la operación normal, así como temperaturas de por lo menos 120°C durante la operación normal, así como temperaturas máximas de poca duración de unos 150°C, en casos de estancamiento o de la reanudación de la operación del sistema tras un período en esa situación.

En cuanto a las tuberías al aire libre, es indispensable que el aislamiento se proteja adicionalmente por medio de un recubrimiento contra los daños causados por animales, contra los efectos de la intemperie y de la radiación ultravioleta. Gracias a esta protección, el material aislante propio no estará expuesto a los rigores del exterior.

Como los recubrimientos de los aislamientos de las tuberías en el exterior no ofrecen una protección absoluta contra la entrada de humedad, sólo se puede recomendar el uso de los materiales aislantes de poro cerrado. Además, cuando se elige el aislamiento térmico se han de tener en cuenta las temperaturas máximas posibles en el circuito primario, en especial en períodos de estancamiento. Sólo pocas espumas aislantes son resistentes a las temperaturas muy elevadas en el circuito primario. Las que se emplean habitualmente en sistemas de calefacción normal, con temperaturas de trabajo de hasta 90°C, no son adecuadas.

La durabilidad de los recubrimientos exteriores depende considerablemente de la calidad del material. Las juntas deben solaparse suficientemente y estar ubicadas en el lado opuesto a la parte de la tubería expuesta a mayores rigores climatológicos, debiéndose, además, sellar cuidadosamente.

Con respecto a la resistencia a largo plazo (25 años o más) de los recubrimientos al aire libre, sólo se recomienda el aluminio, y no el acero galvanizado. Los costes superiores del primero en comparación con el segundo son un factor secundario, debido a que el coste de mano de obra supone la mayor parte de los gastos relativos al recubrimiento. En caso de aplicación al aire libre en regiones costeras, se exige que el aluminio sea resistente al agua salada.

Por otro parte, sería deseable desarrollar tubos prefabricados completos con aislamiento térmico y recubrimiento, parecidos a los tubos subterráneos para calefacción de distrito. Esto podría contribuir a una mejora significativa de la rentabilidad, puesto que se podría economizar una gran parte del

trabajo intensivo del montaje. En cuanto a las instalaciones pequeñas, ya se han dado los primeros pasos en esta dirección. Recientemente, en el mercado se encuentran disponibles tubos de cobre o de acero inoxidable ondulado aislados y prefabricados, además de cables eléctricos para sensores de temperaturas.

Para las tuberías en el interior se recomienda el uso de lana mineral o de resina de melamina, ya que por lo general la humedad no constituye un problema relevante. Para la protección externa de las tuberías en el interior, basta la aplicación de un recubrimiento delgado de plástico. Sin embargo, también se pueden emplear espumas sin recubrimientos si éstas cumplen los requisitos mínimos relativos a la resistencia térmica.

Con el fin de mantener lo suficientemente bajas las pérdidas térmicas del circuito primario, se recomienda la aplicación de un aislamiento con un espesor adecuado.

Diámetro exterior	Temperatura del fluido			
	mm	40°C a 65°C	66°C a 100°C	101°C a 150°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

Tabla 6.1. Espesor mínimo de aislamiento de tuberías situadas en el interior de edificios.

#### 6.4.4. Vasos de expansión.

La función de un vaso de expansión es compensar los cambios del volumen del fluido de trabajo ocasionados por la dilatación térmica. Sin un vaso de expansión sería imposible evitar el escape del fluido de trabajo en un circuito cerrado a través de la válvula de seguridad cuando el fluido se calienta. Al calentarse en el circuito primario, una parte del fluido entra en la válvula de expansión. Cuando el sistema se enfría, regresa al circuito. De esta manera el vaso de expansión sirve también para mantener la presión en el circuito dentro del rango de presiones admisibles y siempre por encima de la atmosférica, impidiéndose así la introducción de aire en el circuito cuando el sistema vuelva a enfriarse.

La presencia de aire en el circuito primario puede conducir a un mal funcionamiento (e incluso paradas del sistema), que muchas veces puede pasar inadvertido hasta el próximo mantenimiento preventivo en caso de que el sistema convencional asuma automáticamente el suministro de agua caliente. Por este motivo, la instalación solar requiere un equipo de seguridad apropiado que garantice la operación bajo todo tipo de circunstancias, inclusive si ocurre un sobrecalentamiento temporal.

Se han estudiado los vasos de expansión del circuito primario al cabo de 13 a 16 años de servicio. Eran modelos convencionales, operativos a una temperatura máxima de 120°C y provistos de membranas de caucho con una temperatura nominal de 70°C.

Todas las superficies exteriores de los vasos se hallan en buen estado. En el caso de uno que estaba instalado al aire, expuesto a la intemperie, tuvo que ser sustituido al cabo de algunos años. La instalación de los vasos en el exterior es poco frecuente y los que se usan habitualmente, por lo general, no son apropiados para este fin.

Para la evaluación de las superficies internas se ha realizado un corte radial de los vasos y se han extraído las membranas. En casi todos los casos estudiados se observan indicios de óxido en el lado del gas. Además, se ha detectado la presencia de vapor de agua difundido a través de la membrana y condensado en la pared interior fría del lado del gas, anteriormente a su deposición en el fondo del vaso. Como en el lado del gas se había llenado de aire y no de nitrógeno puro de acuerdo con lo recomendado, los productos de condensación pueden provocar una ligera corrosión en presencia del oxígeno. Aunque los vasos de expansión nuevos vienen llenos de nitrógeno, es bastante común su despresurización con aire ordinario, porque no se suelen comprar los dispositivos especiales para el llenado de nitrógeno.

Las superficies interiores de los lados del fluido de la mitad de los vasos no muestran daños. Por consiguiente, se puede decir que en estos casos los aditivos anticorrosivos de los fluidos de trabajo cumplen su misión. Otros vasos representan una ligera costra de corrosión y en alguno ya se nota un grado avanzado de corrosión en la superficie humedecida. El análisis de los fluidos de trabajo muestra que los aditivos anticorrosivos han disminuido considerablemente con respecto al acero.

La figura 6.12., muestra el interior de un vaso de expansión al cabo de 13 años de servicio. El lado del gas (imagen lado izquierdo) tiene un aspecto casi nuevo y sigue permaneciendo en buen estado, y el del lado correspondiente al fluido de trabajo sólo presenta indicios ligeros de óxido. En la figura 6.13. se indica el estado en que se halla el otro vaso al cabo de 16 años de servicio. En este otro caso hay síntomas ligeros de corrosión en el lado del gas y otros severos en el lado del fluido de trabajo.



Figura 6.12. Aspecto de un vaso de expansión al cabo de 13 años de servicio.



Figura 6.13. Aspecto de un vaso de expansión al cabo de 16 años de servicio.

La operación del sistema no se ha visto impedida en ningún caso a causa de la corrosión observada en los vasos de expansión. Por eso no habría sido necesaria la realización de sustituciones.

En casi todos los vasos analizados se observan sedimentaciones que consisten en su mayor parte en óxido en el lado del fluido. Estas sustancias provienen de los mismos vasos o del circuito primario y no afectan al buen funcionamiento del sistema. Después de su limpieza, las membranas de

elastómero negro, de un espesor de 2 mm a 5 mm. Tienen muy buen aspecto.

La presión de rotura de todas las membranas que han sido examinadas sigue siendo buena. No obstante, se ha observado una disminución de la elasticidad, tal como se esperaba, debido al servicio prestado en tan largo plazo. Las membranas están en buen estado teniendo en cuenta el período de servicio de 13 a 16 años. Por esta razón no ha sido necesario efectuar reemplazos.

Resulta interesante haber comprobado que las membranas expuestas a líquidos de trabajo con un alto contenido en glicol de hasta el 80% continúan funcionando bien. Queda por investigarse si, y hasta qué grado, el alto contenido de glicol podría afectar al material de la membrana.

Los análisis de las paredes internas de los vasos de expansión y de las membranas han demostrado que los vasos parecen ser un componente no problemático de las instalaciones solares.

#### **6.4.5. Bombas de circulación**

La función de la bomba es la de producir la circulación del fluido de trabajo en el circuito primario. Las bombas utilizadas deben resistir las temperaturas de trabajo que pueden producirse en el circuito primario durante un período muy prolongado. Debido a las menores cargas térmicas, la bomba suele instalarse en la tubería de retorno, donde las temperaturas de trabajo son mínimas. No obstante, aun durante la operación normal, las temperaturas en el circuito primario pueden ascender a unos 100°C en el retorno y a unos 120°C en las tuberías de impulsión. Además, la bomba debe ser capaz de resistir valores máximos de temperaturas de corta duración de hasta 130°C, por ejemplo, cuando entra fluido de trabajo muy caliente desde los captadores en el circuito primario al reanudar la operación de la bomba tras un período de estancamiento a una irradiancia elevada. En vista de que estas temperaturas son poco frecuentes y sólo tienen una duración muy corta en un sistema dimensionado correctamente, se recomienda consultar con el fabricante de la bomba, a fin de confirmar el comportamiento de la misma bajo las condiciones mencionadas anteriormente.

Además de la resistencia a temperaturas elevadas, es evidente la necesidad de una bomba que pueda soportar los efectos de una exposición continua al fluido de trabajo, normalmente agua o mezcla anticongelante. Esto se aplica no sólo a la carcasa de la bomba, sino también a todas las juntas de estanqueidad, sobre todo con respecto al glicol.



Otros requisitos importantes de la bomba son:

- Debe funcionar con un rendimiento alto en el punto de operación.
- Debe poseer una larga vida útil, incluso con conexiones y desconexiones relativamente frecuentes.
- Debe ser económica.

Las bombas que se han estudiado han sido analizadas con respecto a su funcionalidad eléctrica. Se ha descubierto que algunas de ellas no sirven desde el punto de vista eléctrico, mientras que otras tienen el rotor obstruido debido a la suciedad infiltrada, la cual impide el funcionamiento de prueba. Tras haber realizado dicha prueba, las bombas se han desmontado para examinar por separado sus componentes.

Las carcasas de todas las bombas analizadas son de hierro fundido. En el interior de la mayoría de ellas se ha formado una capa fina, pero ninguna ha presentado síntomas de daños corrosivos.

En un análisis sobre la mecánica de las partes móviles se ha podido comprobar que todas las bombas siguen intactas en este aspecto. Se ha podido ver que en bombas que han estado fuera de servicio durante unos años, el eje puede encontrarse fijado firmemente en el cojinete, hallándose sedimentaciones del fluido de trabajo tanto en el rotor, en el cojinete y hasta en la carcasa del motor. El fluido entró por la junta del cojinete del eje.



Figura 6.14. Los rotores de dos bombas con sedimentación ligera y fuerte.



Figura 6.15. Carcasa del motor de una bomba carente de toda sedimentación.

Los rodetes de las bombas no han mostrado indicios de degradación. La mitad de ellos se encuentran cubiertos de una capa delgada de sedimentaciones. Las juntas de estanqueidad de la carcasa, que son láminas de fibras de asbesto comprimido, siguen intactas en todas las bombas examinadas. Sin embargo, se ha notado una ligera deformación de las juntas tóricas algunas bombas, lo que supone que el material ha sufrido los efectos de las cargas térmicas.

A fin de reducir las cargas térmicas punta, se aconseja reanudar mediante un sistema de control apropiado la operación de la bomba del circuito primario tras un período de estancamiento, pero sólo después de que se hayan enfriado los captadores a una temperatura notablemente inferior a la temperatura de estancamiento.

Debido a la mayor viscosidad de las mezclas anticongelantes en comparación con el agua pura, el contenido del glicol en el fluido de trabajo no debería sobrepasar el 50% para evitar pérdidas de carga elevadas en el circuito primario, sobre todo, a temperaturas bajas. Además, al aumentar el porcentaje de glicol, se produciría no sólo un aumento de la viscosidad, sino también una disminución de la capacidad térmica del fluido.

El montaje de la bomba se debe realizar de acuerdo con las instrucciones indicadas por el fabricante, por ejemplo, se aconseja instalar la bomba con el eje en posición horizontal.

No es aconsejable que se coloquen verticalmente por encima de la bomba accesorios tales como válvulas de compuerta o purgadores de aire automáticos, puesto que éstos pueden llegar a sufrir fugas. En esos casos podrían originarse también daños en el interior de la bomba ocasionados por las fugas del fluido de trabajo, como, por ejemplo, un cortocircuito.

Antes de poner en marcha una instalación solar se recomienda limpiar el circuito primario para extraer las sustancias y partículas que, en caso contrario, podrían dañar la bomba. La limpieza puede resultar aún más eficaz si se permite que el agua se caliente en el circuito primario.

Hay que insistir en evitar que la relación entre la pérdida de carga y del caudal de un circuito primario alcance valores excesivos. Aunque sea preferible un conexionado en serie de los diversos captadores en los sistemas de bajo flujo, éstos han de mantenerse en un número limitado en cada serie, al menos hasta que se disponga de bombas adecuadas. De igual manera, la red de tuberías y el intercambiador de calor se han de dimensionar adecuadamente. Mediante una limpieza regular de los filtros, así como por medio de una purga de aire en el circuito primario, se podrá impedir que aumente la pérdida de carga durante la operación del sistema.

Por lo general, no se recomienda el uso de válvulas de equilibrado para conseguir un flujo uniforme en los subcampos del campo solar. En muchas ocasiones, mediante un dimensionado esmerado de las tuberías y una combinación adaptada de un conexionado en serie y en paralelo de los captadores, se puede evitar la necesidad de recurrir a estas válvulas.

#### **6.4.6. Accesorios**

El circuito primario solar está provisto de accesorios como termómetros, manómetros, filtros y diversos tipos de válvulas (válvulas de corte, de retención o de regulación), así como dispositivos de monitorización y equipos de seguridad. De estos dispositivos y equipos se exige que cumplan las especificaciones expuestas a continuación:

- Que estén certificados para trabajar hasta temperaturas máximas de unos 130°C (y en la tubería de impulsión del captador, hasta máximos de 150°C) o la temperatura más elevada posible en el lugar de aplicación del dispositivo.
- Que sean compatibles con los materiales de los otros componentes y con el fluido de trabajo.
- Que estén certificados para un nivel de presiones de trabajo del campo de captadores (hasta el valor de la presión nominal de la válvula de seguridad)
- Que sean económicos.

Las escalas de los caudalímetros o válvulas de regulación han de calibrarse según las propiedades

del fluido de trabajo utilizado. Ya que las temperaturas de trabajo pueden ser elevadas, se aconseja el uso de caudalímetros o válvulas de regulación cuyos componentes no sean de material plástico.

Se han observado que los accesorios de latón después de 15 años de servicio se hallan todos en buen estado. Algunas de las muestras están cubiertas de una capa verde delgada de depósitos provenientes del fluido de trabajo, lo que no afecta al funcionamiento.

Las juntas tóricas de las válvulas de corte, compuestas de elastómero negro, continúan en un estado impecable. A pesar de todo, este tipo de juntas constituye con el tiempo una fuente potencial de fugas. Por tal motivo, bajo las condiciones de trabajo impuestas, es preferible el empleo de válvulas de bola en el circuito. En algunas de las uniones roscadas se ha observado la aparición de fugas, sobre todo, tras haber sido selladas con cinta de teflón. Por lo tanto, cuando se trabaje con mezclas de agua-glicol se recomienda el uso de cáñamo.

En los casos en los que los captadores están conectados por medio de mangueras de caucho con fibra reforzada, debido a la tensión térmica constante, éstas se han tornado quebradizas, y se han agrietado y desmenuzado, lo que ha conducido a su deterioro completo, y por ello sólo se han podido usar durante un espacio de tiempo restringido. En el transcurso de varios años de servicio de asistencia a las instalaciones, la experiencia ha podido demostrar que las conexiones de manguera aseguradas firmemente con abrazaderas, práctica frecuente en el pasado, constituyen puntos débiles en el circuito, en particular, debido a la capacidad del glicol de penetrar en pequeños intersticios. Hoy en día, ya no se instalan estas conexiones de manguera, en vista de que las técnicas actuales, como por ejemplo los manguitos de compresión, ofrecen una alternativa de mayor seguridad, además de que son más fáciles de instalar.

Según las experiencias obtenidas relacionadas con válvulas reguladas, no conviene utilizar válvulas magnéticas. Incluso si se emplean de modo correcto, exigen, por lo general, una presión de apertura mínima de aproximadamente 3 bar. Esto no es aceptable en el circuito primario solar. La solución que se prefiere son válvulas motorizadas.

#### **6.4.7. Equipos de seguridad**

El equipo de seguridad se necesita para garantizar la seguridad de operación y prevenir daños en la instalación, al igual que ofrecer seguridad al operario. Para cumplir estos requisitos, el equipo ha de dimensionarse, seleccionarse e instalarse cuidadosamente. Se han constatado casos de accidentes de lesiones de personas en momentos en que el vapor caliente se recogía durante períodos de

estancamiento en un recipiente totalmente inadecuado. Por lo tanto, todos los componentes del equipo de seguridad se han de adaptar a las condiciones de operación de la instalación solar, en particular las presiones y temperaturas de trabajo, así como a los períodos de estancamiento. En especial, en el caso de instalaciones de gran tamaño, la tarea de los proyectistas consiste en asegurar este objetivo, ya que son las únicas personas que poseen información completa con respecto a las condiciones de operación deseadas. No se puede recomendar que esa responsabilidad se transfiera al instalador.

Se exige que las válvulas estén provistas de una tubería de escape, por la cual el fluido o vapor caliente circule hacia un recipiente para su recogida centralizada. Las tuberías de escape han de ser a prueba de corrosión, por ejemplo, de cobre. Además, estos tubos han de colocarse de manera tal que no se congelen, ni que tampoco se llegue a acumular agua en su interior. El recipiente de recogida ha de ser altamente resistente al calor e impermeable. No es apropiado el uso de acero galvanizado, debido a la posible interacción con el fluido de trabajo. Además, siempre hay que garantizar que el escape de fluido o vapor se efectúe de manera segura, sin poner en peligro al personal.

Se recomienda mantener las válvulas de seguridad colocadas en la cubierta, fuera de la zona de vapor, ya que de otro modo resultaría más difícil recoger el vapor que se escapa.

El tamaño de las válvulas de seguridad tiene que elegirse en función de la potencia térmica máxima de la instalación, considerando además que el escape pueda efectuarse en forma de vapor.

La válvula de seguridad principal debe estar certificada para una temperatura de por lo menos 120°C. La presión nominal de la válvula de seguridad debe estar por debajo de la presión nominal de trabajo del componente más débil del circuito o ha de ser igual a ésta. La presión de cierre de la válvula de seguridad debe ser, como mínimo, de un 90% de su presión nominal. Se deben observar los reglamentos correspondientes a la clasificación e identificación de las válvulas de seguridad.

Se recomienda que la válvula de seguridad principal se diseñe de tal manera que responda a una presión claramente inferior a la de las válvulas locales en los subcampos, y por consiguiente, que sea la primera en reaccionar. En caso de que la diferencia de cotas entra las válvulas de seguridad principal y las válvulas en los subcampos sea igual o mayor a 10 m, la presión nominal de todas las válvulas puede ser la misma, puesto que entonces sí es cierto que la válvula principal será la primera en responder debido a la presión estática.

Se ha podido observar que las instalaciones tras haber prestado un período de servicio de 13 a 16 años, algunas poseían captadores de bajo rendimiento y utilizaban como fluido de trabajo una

mezcla con alto contenido en glicol, de hasta el 80%. El objetivo consistía en evitar totalmente la evaporación, incluso durante el estado de estancamiento, por lo que en la mayoría de los casos los vasos de expansión se dimensionaron con un tamaño pequeño sin tener en cuenta una posible evaporización.

En vista a deficiencias que se han dado durante el montaje de las instalaciones solares, se han producido a menudo fugas pequeñas. Como consecuencia, no ha sido posible mantener la presión necesaria para impedir la evaporación.

Por tal motivo, se han observado escapes frecuentes de fluido por la válvula de seguridad, en especial debido a que la mayoría de las instalaciones estaban sobredimensionadas y, por lo tanto, se encontraban a menudo en un estado de estancamiento. En combinación con el uso de recipientes de recogida no adecuados, esto se tradujo en un peligro potencial para el personal de trabajo, porque nos se habían esperado escapes semejantes.

La experiencia del pasado muestra que, por razones de seguridad, es esencial tener en cuenta la formación de vapor al diseñar una instalación. Por lo tanto, es indispensable que los vasos de expansión estén correctamente dimensionados y que los componentes de seguridad sean apropiados para todas las condiciones de operación. Se desaconseja menospreciar la posibilidad de vaporización.

En algunos casos se intentó evitar el estancamiento y la evaporización del circuito mediante el uso de diversas estrategias a fin de disipar el calor sobrante, como hacer circular el fluido de trabajo caliente a través de un conjunto de radiadores. Todas estas medidas resultaron ser eficaces, pero con altos costes y, al añadir nuevos componentes al sistema, sujetas ellas mismas a riesgos de fallos y a la corrosión.

## **6.5. Acumuladores**

Los acumuladores tienen como objetivo acumular la energía solar disponible de la mejor forma durante períodos de escasa demanda, para después poder suministrar esa energía de la manera más eficaz cuando se necesite.

Los requisitos que se exigen de un acumulador son los siguientes:

- Alto calor específico del medio de acumulación.

- Pérdidas térmicas bajas (pequeña superficie del acumulador y buen aislamiento).
- Buena estratificación de temperaturas en el acumulador.
- Vida útil de aproximadamente 25 años (en consonancia con la del sistema completo).
- Bajos costes y fácil disponibilidad del medio de acumulación.
- El medio de acumulación y el tanque deben poseer buenas propiedades medioambientales y de higiene (por ejemplo, ser materiales aptos para estar en contacto con agua sanitaria).
- Debe ser capaz de soportar las presiones y temperaturas de trabajo previstas.

Debido a su alto calor específico, al factor de no ser contaminante para el medio ambiente y a su disponibilidad, se elige por regla general agua normal como medio de acumulación. Para los sistemas de ACS es posible usar agua potable.

Al analizar el estado de los acumuladores a lo largo del tiempo, se ha podido observar que en pocos de ellos se declaran daños corrosivos. En los casos en los que se ha podido observar corrosión han sido en acumuladores de acero vitrificado debido a que los ánodos de magnesio quedaron consumidos y no se procedió a su reemplazo. Dichos ánodos deben colocarse en acumuladores de agua potable de acero vitrificado. La inspección y el posible reemplazo de un ánodo de magnesio debe llevarse a cabo durante el programa de mantenimiento anual, por lo que, si se quiere evitar dicha operación cada año, es preferible utilizar un sistema de protección con corriente inversa, cuyo correcto funcionamiento debe verificarse igualmente.

También existen instalaciones que han sufrido corrosión a causa de una errónea elección del material. El acumulador completo, inclusive todas las boquillas de alimentación y el intercambiador interno tipo serpentín, era de acero inoxidable. Al cabo de 16 años de servicio, las superficies interiores del acumulador y las exteriores del intercambiador de calor se encuentran en estado impecable, salvo por una fina capa de óxido (orín) proveniente de otra parte del circuito, que se ha podido eliminar fácilmente. Una vaina de inmersión soldada de acero inoxidable ha sido fijada con una tapa de acero galvanizado, la cual ha sufrido daños debido a la corrosión de contacto entre el acero, electroquímicamente menos noble, y el acero inoxidable, más noble, produciéndose una perforación de la tapa en la parte en contacto con el agua. La corrosión en contacto por metales de diferente potencial electroquímico debería evitarse realizando una correcta elección de materiales. Los acumuladores hechos de acero inoxidable pueden sufrir fugas a lo largo de las soldaduras debido a defectos de fabricación en ese tipo concreto de acumulador. Este tipo de fallo se puede

subsanan.

Los ejemplos mencionados con respecto a la corrosión del acumulador no son específicos de los sistemas solares, y la misma corrosión podría haberse ocasionado en cualquier acumulador de agua caliente sanitaria.

Las causas de la corrosión son un mal mantenimiento, un montaje defectuoso o (raramente) defectos de la fabricación. Considerando también la experiencia de los sistemas de calefacción, se puede afirmar que los acumuladores no constituyen un componente crítico en los sistemas solares térmicos.

## **6.6. Control de la instalación solar**

El sistema de control de una instalación solar asume la función de regular los flujos de energía entre el campo de captadores, el acumulador y el consumo. Los componentes de un sistema de control son:

- El control del proceso de carga, que tiene la misión de regular la conversión de la radiación solar en calor y de transferirla al acumulador de manera eficaz.
- El control del proceso de descarga (en tanto que la descarga no se lleve a cabo automáticamente en el momento de la extracción de ACS), cuya tarea es garantizar la mejor transferencia de energía posible del acumulador hacia el consumo.

El uso del control de descarga se hace innecesario en las instalaciones pequeñas provistas de acumuladores de agua sanitaria bivalentes, que disponen de una parte solar y una convencional unidas en un solo recipiente.

Entre los requisitos más importantes que debe cumplir el control de una instalación solar, cabe mencionar los siguientes:

- Las temperaturas del circuito primario se deben mantener en un valor lo más bajo posible, a fin de lograr un alto rendimiento de los captadores.
- El control de la instalación solar no debe repercutir de manera negativa en la operación del sistema de calentamiento convencional y viceversa.
- El control debe ser capaz de tener en cuenta rasgos característicos del sistema, por ejemplo, la inclusión de fases de precalentamiento.



- Para las configuraciones sencillas, recomendables en general, se ha de evitar el uso innecesario de controles complejos.
- Los costes de inversión, el mantenimiento, así como el consumo de energía eléctrica auxiliar de control, de las bombas y de las válvulas reguladas, han de mantenerse dentro de unos límites razonables.
- El manual de instrucciones debe incluir detalles claros y concisos de todos los componentes, así como de su funcionamiento, al igual que una descripción y un diagrama del circuito del sistema de control propiamente dicho. La información debe ser comprensible para que una persona capacitada pueda realizar todas las operaciones necesarias sin tener que ponerse en contacto con los fabricantes de los componentes.
- Los valores umbral de conexión y desconexión, o uno de ellos, además de la histéresis respectiva y, en caso necesario, también los tiempos de retardo, deben ser adaptables sin dificultad a los rasgos característicos y peculiaridades del sistema.
- Los sensores se han de integrar en el sistema de tal manera que puedan ofrecer, en todo momento e independientemente del estado de operación, valores exactos de medida.
- La precisión de los componentes del control (sensores y electrónica) debe ser suficiente alta a fin de evitar errores de conexión y desconexión, particularmente en el caso de que los valores de umbral ajustados tengan reducido margen.
- Además, el control debe incluir un sistema de revisión del funcionamiento de la instalación, siempre y cuando esta monitorización no se realice por separado.

Con frecuencia, los controles vienen provistos, además, de una serie de funciones adicionales como, por ejemplo, regulación de calentamiento convencional, conexión de la bomba de recirculación del ACS, protección contra la congelación o el sobrecalentamiento, e incluso, medición de la energía térmica transferida, o registro y transferencia de datos. Sin embargo, se recomienda evitar cualquier complejidad innecesaria que por sí misma pueda contribuir a un posible mal funcionamiento de la instalación.

A lo largo del tiempo en las instalaciones solares surgen frecuentemente dificultades con los controles, por lo que se puede afirmar que el sistema de control constituye una posible fuente de problemas en una instalación solar. Cabe observar la importancia de uno de los requisitos para el funcionamiento adecuado y efectivo de una instalación solar, y éste es que el personal de operación

y mantenimiento debe ser capaz de entender el uso y funcionamiento de los controles, con el fin de evitar o detectar cualquier anomalía.

Muchas de las instalaciones, además de poseer documentación escasa, presentan grados de complejidad tan altos que las causas del mal funcionamiento no se han podido identificar. Simplemente pueden calificarse como “deficiencias del control”. En otros casos, el sistema parece seguir funcionando a pesar de que existen errores de importancia en el control, por ejemplo, sensores defectuosos o mal colocados, válvulas que se abren cuando se suponen cerradas, así como un ajuste deficiente. Por lo general, el personal de operación y mantenimiento no ha sido capaz de localizar estos fallos, además de que muchas veces el agua, a pesar de todo, llega a calentarse. Por otro lado, los controles no suelen ser estándar como los que existen en la actualidad, sino que con frecuencia se diseñaban para las instalaciones solares de forma específica. Esto lleva, a menudo, a controles de “caja negra” con parámetros de ajuste poco claros, como por ejemplo, potenciómetros sin escala marcada.

Debido al rápido desarrollo tecnológico del equipo de control electrónico, en pocas ocasiones se realiza su reparación durante los 15 años de servicio. Generalmente se opta por reemplazarlo, aun cuando se trata de averías de poca importancia. Por ese motivo, en este análisis no se ha podido evaluar el envejecimiento real de los sensores y componentes electrónicos. De todos modos, ninguno de los posibles resultados habría sido de interés para la actual tecnología, mucho más novedosa.

Las experiencias obtenidas con los sistemas de control de las instalaciones antiguas han confirmado, de nuevo, la necesidad de una descripción técnica precisa, así como de una documentación de los componentes de control. A pesar de todo, se pudo constatar que, incluso en la actualidad, no todos los fabricantes de las instalaciones solares describen sus productos con la suficiente precisión ni de forma detallada. Existen casos en que los manuales no vienen con informaciones claras sobre el funcionamiento del control, por lo que se estaba obligado a consultar directamente con el fabricante.

En otras investigaciones se ha demostrado que es más fácil entender y operar los sistemas de control cuando la configuración de la instalación, y por tanto, las funciones del propio control, se mantienen a un nivel lo más sencillo posible.

Para concluir, se han identificado los problemas que pueden surgir en la práctica en los sistemas provistos de controles de descarga basados únicamente en diferencias de temperaturas, junto con conexión en paralelo no regulado de los acumuladores de inercia. Los resultados, como se muestra en la figura 6.17., se refieren a un sistema con dos acumuladores de inercia conectados en paralelo y un control de descarga de calentamiento instantáneo de agua sanitaria. (figura 6.16.). La

bomba de descarga se reguló con el fin de alcanzar una temperatura del ACS 5K inferior a la temperatura en el nivel superior de uno de los dos acumuladores de inercia.

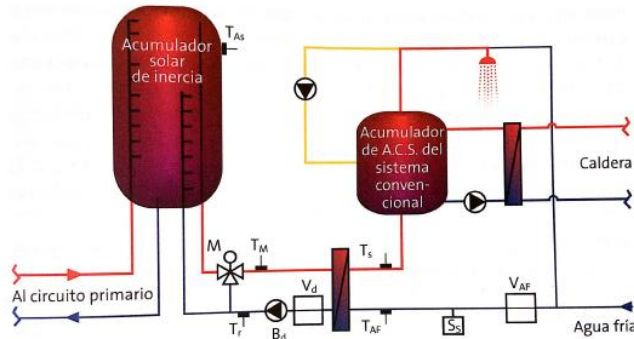


Figura 6.16. Proceso de descarga del acumulador de inercia mediante calentamiento instantáneo.

En la parte inferior de la figura 6.17. se muestran el caudal de agua fría y el de descarga. Se puede ver fácilmente que el control logró cumplir su tarea de forma medianamente aceptable hasta alrededor de las 12:30h. No obstante, la bomba funcionó entre las 12:30h y las 16:00h a plena carga, aunque se suponía que debería funcionar con una potencia reducida. La razón es muy sencilla: a partir de las 12:00h, debido a la falta de un equilibrado hidráulico de los dos acumuladores conectados en paralelo, la temperatura disminuyó en la parte superior del acumulador de inercia 2, mientras que la del acumulador 1 seguía siendo elevada. En esta instalación la bomba se regulaba en función del sensor de control colocado en el acumulador 1. Sin embargo, como la temperatura en el acumulador de inercia 2 se redujo mucho más rápidamente que en el 1, el agua que entró en el intercambiador de calor (una mezcla de los dos acumuladores) se mantuvo en un valor inferior al de la temperatura medida en la parte superior del acumulador 1 hasta casi las 16:00h. Por lo tanto, el caudal de la bomba siguió siendo demasiado elevado para que el agua sanitaria precalentada alcanzara una temperatura una temperatura 5K inferior a la medida por el sensor 1. A pesar de que la bomba funcionara a toda velocidad, incluso durante momentos de bajo consumo, no fue posible alcanzar la temperatura objetivo en el lado de ACS, ya que la temperatura en la entrada del lado del acumulador era demasiado reducida. El caudal de descarga elevado, en combinación con el consumo reducido de agua caliente, aumentó significativamente la temperatura de retorno hacia los acumuladores de inercia. En consecuencia, las partes inferiores de los acumuladores se calentaron considerablemente, efectuándose este calentamiento de un modo desigual, dado que el conexionado de los dos acumuladores de inercia no presentaba un equilibrio hidráulico.

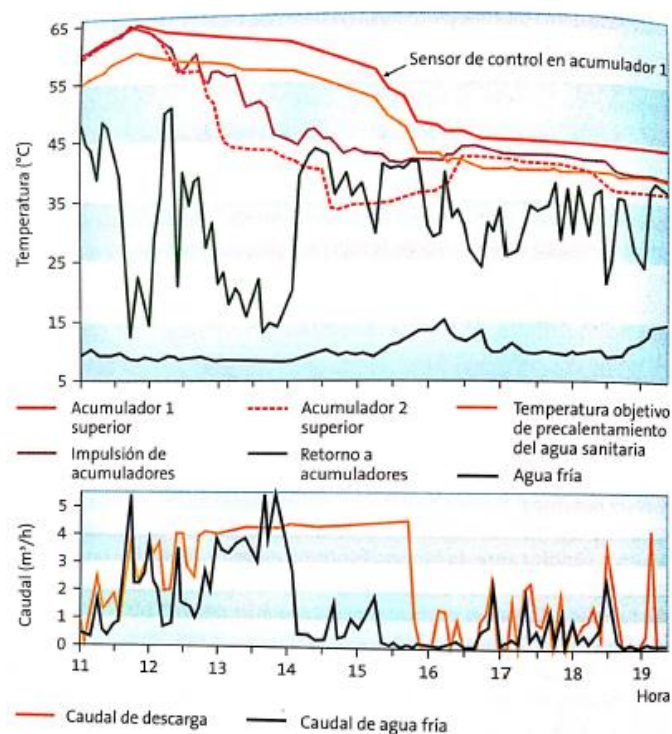


Figura 6.17. Temperaturas y caudales en un intercambiador de calor de descarga de un sistema con dos acumuladores de inercia conectados en paralelo.

En este sistema la bomba del circuito primario arranca siempre demasiado tarde, porque la temperatura en la parte inferior del acumulador de inercia 1, en el que se colocó el sensor de temperaturas de control de carga, es superior a la del acumulador de inercia 2. Además, la descarga empieza a menudo demasiado pronto, ya que la temperatura en la parte superior del acumulador 1, donde se encontró el sensor de temperaturas de control de descarga, era más elevada que el acumulador 2. Las diferencias de temperaturas en ambos acumuladores, junto con la defectuosa estrategia de control, llevaron a deficiencias grandes en el control de la bomba de descarga, así como a temperaturas innecesariamente altas en las partes inferiores de los acumuladores de inercia.

Por tanto, se pueden tomar como recomendaciones para la práctica a la hora de adquirir un control para la instalación solar las siguientes características principales:

- Operatividad sencilla, además de una buena documentación de las funciones de control.
- Conformidad con las normas locales, por ejemplo, certificado CE, al igual que compatibilidad electromagnética.
- Pantalla iluminada, a fin de visualizar las temperaturas en el captador, el acumulador y en

las tuberías de impulsión y de retorno del circuito primario, el estado de la bomba y de las válvulas, así como un registro de las horas de servicio.

- Revisión del funcionamiento. El estudio sobre las revisiones que deben realizarse en las instalaciones solares aún no está concluido.
- Una operación razonable es la integración de un contador de energía en el circuito primario. Éste puede servir de control del funcionamiento, aunque sólo en combinación con otros valores de medición, por ejemplo, la irradiación en el campo de captadores, el consumo de agua caliente, etc.

## 7. RESUMEN Y CONCLUSIONES

---

En el primer capítulo del documento se han definido los diferentes tipos de mantenimiento a realizar en las instalaciones de energía solar para la producción de ACS. Mantener implica conservar y mejorar las prestaciones originales de la instalación a lo largo del tiempo, pudiéndose distinguir dos grandes tipos: el mantenimiento preventivo y el mantenimiento corrector. Mientras que el mantenimiento preventivo es programado en el tiempo y tiene como fin controlar los problemas que puedan aparecer en la instalación, el mantenimiento corrector comprende todas aquellas operaciones necesarias para hacer frente a situaciones inesperadas. Es importante llevar a cabo un correcto mantenimiento preventivo con el fin de evitar grandes gastos de reparación, por razones de seguridad, higiene y salud e incluso por responsabilidades legales.

Para realizar una mejora en el rendimiento de una instalación de producción de ACS, en el capítulo 2 se ha descrito la instalación existente en un edificio de viviendas. Esta instalación cuenta con una caldera de gasóleo que produce un alto consumo energético. A continuación, para conseguir un mayor rendimiento energético, se ha instalado una caldera de condensación de gas natural. Este tipo de calderas alcanzan hasta el 109% de rendimiento frente al 80% de las calderas convencionales. Aprovechan el calor latente al condensar el vapor de agua de los humos procedentes de la combustión reduciendo así el consumo de combustible. A partir de esta instalación mejorada, se ha realizado el manual de uso y mantenimiento de la instalación el cual debe llevarse a cabo tanto por usuarios como por los técnicos especialistas. Además, estos últimos deberán seguir el plan de mantenimiento preventivo detallado en el capítulo 5.

Tras un estudio del comportamiento de los equipos pertenecientes a una instalación solar para la producción de ACS a lo largo del tiempo, se han llegado a las siguientes conclusiones:

- La vida útil de una instalación solar se puede situar en unos 20 años e incluso con buenos componentes y llevando a cabo un buen mantenimiento de 25 años.
- Los daños más frecuentes suelen ocurrir en la tubería del circuito primario y en los captadores siendo el acumulador el equipo con menos frecuencia de fallos a lo largo del tiempo.
- Las tuberías de cobre resisten correctamente a la corrosión. Todo lo contrario ocurre con el aluminio o el acero, que con el paso del tiempo la protección anticorrosiva puede llegar a

desaparecer completamente. Para evitar que esto pase, deben controlarse las fugas y repararse correctamente para evitar que entre oxígeno en el circuito.

- Se recomienda el uso de lana mineral o de resina de melamina como material para el aislamiento de tuberías en el interior. Para la protección externa basta con la aplicación de un recubrimiento delgado de plástico, aunque se pueden emplear espumas sin recubrimientos si éstas cumplen con los requisitos mínimos relativos a la resistencia térmica.
- Al realizarse un análisis de las paredes internas de los vasos de expansión y de las membranas se ha llegado a la conclusión de que los vasos son un componente no problemático de las instalaciones solares.
- Se aconseja la limpieza del circuito primario antes de poner en marcha la instalación solar para extraer las sustancias y partículas que podrían dañar a la bomba.
- Los accesorios que cuenta el sistema fabricados en latón, después de 15 años de servicio, se hallan todos en buen estado. Las válvulas en general se encuentran también en un buen estado, aunque se llega a la conclusión que no es aconsejable utilizar válvulas magnéticas.
- Se han observado escapes frecuentes de fluido por la válvula de seguridad en especial debido a que la mayoría de las instalaciones estudiadas estaban sobredimensionadas.
- Al analizar el estado de los acumuladores a lo largo del tiempo, se ha podido comprobar que en pocos de ellos se declaran daños corrosivos.
- El sistema de control, debido al rápido desarrollo tecnológico, en pocas ocasiones se realiza su reparación durante los 15 años de servicio ya que generalmente se opta por reemplazarlo.

# BIBLIOGRAFÍA

---

Dr. Felix A. Peuser, Karl-Heinz Remmers, Martin Schhaus. “Sistemas Solares Térmicos. Diseño e Instalación”, Sevilla, 2005.

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). “Comentarios al Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE-2007)”, Noviembre 2007.

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). “Guía técnica de mantenimiento de instalaciones térmicas”, Febrero 2007.

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). “Guía IDEA: Puesta en marcha de instalaciones según RITE”, Noviembre 2014.

Junta de Andalucía, Consejería de vivienda y ordenación del territorio. “Manual general para el uso, mantenimiento y conservación de edificios destinados a viviendas”, 2010.



# ANEXO 1. RESULTADOS GARANTÍA DE AHORROS

Meses	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
<b>ENERGÍA DE REFERENCIA</b>													
Datos Base	34.437	21.894	11.354	12.210	30.305	45.468	45.437	45.498	35.386	40.427	55.589	40.427	418.431
<b>Variables</b>													
<i>Cagua</i>	1.849	1.704	1.581	1.160	1.644	1.768	1.885	1.919	1.922	1.677	1.843	1.690	20.642
<i>DíasLab</i>	21	20	23	21	21	23	20	19	21	19	21	20	249
<i>IncRad</i>	7	8	8	7	5	4	3	2	2	3	5	6	57
EREF	34.437	21.894	11.354	12.210	30.305	45.468	45.437	45.498	35.386	40.427	55.589	40.427	418.431

<b>ENERGÍA DE REFERENCIA AJUSTADA</b>													
<b>Variables</b>													
<i>Cagua</i>	1.599	1.645	1.410	1.066	1.583	1.943	1.696	2.156	2.077	1.661	1.928	1.824	20.588
<i>DíasLab</i>	20	21	23	21	21	19	20	20	19	20	21	21	246
<i>IncRad</i>	7	8	8	6	5	3	3	2	2	3	5	5	52
EREF_AJ	26.786	19.261	5.663	11.666	29.567	56.554	40.439	52.716	43.176	39.225	58.418	46.801	430.273

<b>ENERGÍA GARANTIZADA</b>													
PAG%: 11%													
EGAR	23.840	17.143	5.040	10.383	26.315	50.333	35.991	46.917	38.426	34.910	51.992	41.653	382.943

<b>ENERGÍA CONSUMIDA</b>													
ECRL	25.257	19.115	9.850	12.756	19.748	40.365	33.759	42.587	32.894	34.515	59.665	45.745	376.256

## ANEXO 2. PLANTILLAS

### Revisión preventiva del acumulador

Equipo		Fecha realización			
Operaciones			Resultado		
			NA	C	NC
Realizar la purga del fondo del acumulador					
Verificar que presión del circuito es correcta					
Purgar los puntos altos de la instalación					
Verificar el funcionamiento del desagüe de la válvula de seguridad					
Comprobar el funcionamiento de las válvulas					
Verificar el sistema de llenado de agua del depósito					
Verificar el correx					
Comprobar la inexistencia de corrosión					
Comprobar el estado del aislamiento térmico					
Verificar que las temperaturas de entrada y salida del agua son correctas					
Verificar que la temperatura de acumulación es correcta					
Verificar que la temperatura de entrada del retorno es correcta					
<b>Observaciones</b>					

## Revisión preventiva del aerotermo

Equipo		Fecha realización			
Operaciones			Resultado		
			NA	C	NC
Comprobar el estado de la válvula de regulación					
Verificar la inexistencia de pérdidas de agua					
Comprobar el paso de aire					
Verificar la inexistencia de ruidos y vibraciones					
Verificar que la temperatura del agua a la entrada es correcta					
Verificar que la temperatura del agua a la salida es correcta					
Comprobar el consumo eléctrico					
Verificar que el caudal de aire es el correcto					
Realizar una limpieza e inspección de los filtros de aire					
Comprobar que la regulación es correcta (anual)					
Realizar una purga de aire y lodos (anual)					
Engrasar los rodamientos (anual)					
Comprobación de la circulación de agua (anual)					
<b>Observaciones</b>					

## Revisión preventiva de batería de placas solares

Equipo		Fecha realización			
Operaciones			Resultado		
			NA	C	NC
Verificar que la presión del circuito es correcta					
Verificar el estado de aislamiento de las tuberías					
Verificar el estado de limpieza de la protección traslúcida					
Verificar la inexistencia de condensaciones y suciedad bajo la protección de los paneles					
Verificar la inexistencia de corrosiones y fugas de agua					
Verificar la inexistencia de agrietamientos y deformaciones en las juntas					
Verificar el estado de la superficie absorbedora					
Verificar el estado de las carcasas y de las ventanas de respiración					
Comprobar el apriete de las conexiones hidráulicas					
Comprobar los niveles de agua en el circuito hidráulico					
Comprobar la estructura de soporte					
<b>Observaciones</b>					



## Revisión preventiva de la caldera

Equipo		Fecha realización			
Operaciones			Resultado		
			NA	C	NC
Comprobar y tarar las válvulas de seguridad					
Verificar y ajustar los manómetros y termómetros					
Contrastar y ajustar los termostatos/ presostatos de mando y seguridad					
Realizar el análisis de gases y rendimiento de la combustión					
Inspeccionar el estado del aislamiento térmico					
Verificar que las compuertas de salida de gases están en su posición correcta					
Verificar la apertura y cierre de la válvula de ida y retorno					
Verificar que la temperatura máxima de funcionamiento es correcta					
Comprobar los electrodos de ionización y encendido					
Comprobar la presión del agua en la instalación					
Comprobar la bomba de circulación					
Comprobar el sistema de descarga de condensados					
Comprobar y limpiar los conductos de aire y de humos					
Comprobar el llenado de vasos de expansión					
Comprobar el circuito de gases de la caldera (anual)					
Comprobar la estanqueidad de la cámara (anual)					
Limpiar los quemadores y los pilotos (anual)					
Comprobar la estanqueidad de la instalación de agua y gas (anual)					
Comprobar el caudal y la presión del gas (anual)					
Observaciones					



## Revisión preventiva del intercambiador

Equipo		Fecha realización			
Operaciones			Resultado		
			NA	C	NC
Comprobar la estanqueidad					
Verificar que las temperaturas de entrada de los circuitos son correctas					
Verificar que las temperaturas de salida de los circuitos son correctas					
Inspeccionar el estado del aislamiento térmico					
Abrir y cerrar las válvulas de corte para evitar agarrotamientos					
<b>Observaciones</b>					



