

GUÍAS

Guía práctica
para
rehabilitación
de
instalaciones
solares
térmicas

027



www.idae.es



www.asit-solar.com



AUTOR

Esta guía ha sido redactada por la Asociación Solar de la Industria Térmica (ASIT) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), con el propósito de promocionar la rehabilitación de instalaciones solares térmicas.

REVISIÓN TÉCNICA

Departamento Solar y Autoconsumo de IDAE

Esta guía no habría sido posible sin la colaboración de las personas y empresas que han facilitado información y puesto su experiencia a disposición de esta publicación.

La elaboración de este documento ha sido promovida por el IDAE. Aunque el IDAE ha supervisado la realización de los trabajos y ha aportado sus conocimientos y experiencia para su elaboración, el contenido de la misma no representa necesariamente la opinión del IDAE sobre los temas que se tratan en ella

Guía IDAE 027: Guía práctica para la rehabilitación de instalaciones solares térmicas

Madrid, febrero de 2023

NIPO: 665-22-027-1

ÍNDICE

1	ANTECEDENTES	8
2	OBJETO	12
3	CRITERIOS GENERALES	15
	3.1. El promotor de la rehabilitación	15
	3.2. El técnico especialista	17
	3.3. Metodología a utilizar	21
4	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	25
	4.1. Información previa	25
	4.2. Documentación	27
	4.3. Visita a la instalación	28
5	REVISIÓN DE INSTALACIÓN	31
	5.1. Revisión del proyecto	31
	5.2. Revisión de la ejecución	65
	5.3. Evaluación del funcionamiento	79
	5.4. Revisión del mantenimiento	85
6	PROPUESTAS DE ACTUACIÓN	90
	6.1. Informe técnico final	91
	6.2. Propuesta de intervención y presupuesto	100
	6.3. Viabilidad técnica y económica	100
7	EJEMPLOS Y CASOS PRÁCTICOS	104
	7.1. Revisión del proyecto	104
	7.2. Revisión de la ejecución	130
	7.3. Evaluación del funcionamiento	153
	7.4. Revisión del mantenimiento	154
	ANEXO: FORMULARIOS	157
	F1 - MEMORIA DE DISEÑO	157
	F2 - REVISIÓN DE LA MEMORIA DE DISEÑO	161
	F3 - COMPROBACIÓN DE ESQUEMAS Y PLANOS	162
	F4 - RECOPIACIÓN DE DATOS AL USUARIO	163

F5 - REVISIÓN DE LA EJECUCIÓN	164
F6 - DATOS DE FUNCIONAMIENTO	166
F7 - REVISIÓN DE MANTENIMIENTO	166

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Formulario 1 – 1. Datos Generales</i>	32
<i>Figura 2: Formulario 1 - 2. Configuración básica</i>	32
<i>Figura 3: Esquemas tipo de las configuraciones de la GTEST</i>	34
<i>Figura 4: Configuraciones de las instalaciones en edificios multivivienda</i>	35
<i>Figura 5: Formulario 1 - 3. Parámetros de uso y climáticos</i>	36
<i>Figura 6: Esquema de las temperaturas de preparación, distribución y uso</i>	37
<i>Figura 7: Formulario 1 - 4. Parámetros de dimensionado básico</i>	39
<i>Figura 8: Variación del rendimiento de instalaciones con el volumen de acumulación</i>	39
<i>Figura 9: Formulario 1 - 5. Resultados de prestaciones energéticas</i>	41
<i>Figura 10: Cuadro de resultados de los cálculos de prestaciones energéticas que se deben realizar</i>	43
<i>Figura 11: Formulario 1 - 6. Condiciones de trabajo</i>	44
<i>Figura 12: Esquema general de una instalación solar térmica</i>	45
<i>Figura 13: Formulario 1 - 7. Flujo de trabajo</i>	46
<i>Figura 14: Formulario 1 - 8. Sistema de captación</i>	47
<i>Figura 15: Variación del rendimiento de una instalación solar con el caudal del circuito primario</i>	47
<i>Figura 16: Formulario 1 - 9. Sistema de acumulación</i>	48
<i>Figura 17: Formulario 1 - 10. Sistema de intercambio</i>	49
<i>Figura 18: Formulario 1 - 11. Circuitos hidráulicos internos</i>	51
<i>Figura 19: Formulario 1 - 12. Circuitos de consumo</i>	52
<i>Figura 20: Formulario 1 - 13. Sistema de expansión</i>	53
<i>Figura 21: Formulario 1 - 14. Sistema de medida</i>	54
<i>Figura 22: Formulario 1 - 15. Sistema eléctrico y de control</i>	55
<i>Figura 23: Formulario 1 - 16. Sistema de energía auxiliar</i>	57
<i>Figura 24: Formulario 1 - 17. Especificaciones de componentes</i>	60
<i>Figura 25: Formulario 1 - 18. Esquemas y planos</i>	62
<i>Figura 26: Formulario 1 - 19. Cálculos complementarios</i>	64
<i>Figura 27: Formulario 5 - 1. Proyecto estructural</i>	65
<i>Figura 28: Formulario 5 - 2. Sistemas de protección</i>	67
<i>Figura 29: Formulario 5 - 3. Fiabilidad de funcionamiento</i>	69
<i>Figura 30: Formulario 5 - 4. Pérdidas térmicas</i>	74
<i>Figura 31: Formulario 5 - 5. Condiciones exteriores</i>	76
<i>Figura 32: Formulario 7 - Revisión de mantenimiento</i>	85
<i>Figura 33: Instalación solar y auxiliar centralizadas con intercambiadores internos (Izq.) o externos (Der.)</i>	105
<i>Figura 35: Instalación solar con acumulación centralizada. Auxiliar incorporado en final</i>	106
<i>Figura 34: Instalación solar con doble acumulación. Auxiliar individual externo</i>	106
<i>Figura 36: Distribución diaria de los consumos de agua caliente en 5 viviendas unifamiliares</i>	108
<i>Figura 37: Ejemplo de evolución de ocupación y consumo de ACS en una vivienda a lo largo de 40 años ...</i>	108

Figura 38: Posibles dimensionado del sistema de captación de viviendas unifamiliares	109
Figura 39: (Izq.) Distribución de los consumos medios diarios de 31 viviendas del edificio (Der) Consumo diario de la instalación centralizada del edificio para las 31 viviendas	110
Figura 40: (Izq.) Evolución de la fracción solar con la superficie de captación para diferentes tipos de captadores (Der) Evolución de la fracción solar y el rendimiento con la superficie de captación	111
Figura 41: (Izq.) Disminución de la radiación global incidente en una superficie inclinada para diferentes ángulos de azimut y de elevación (Der.) Ejemplos de integración y desviación	112
Figura 42: Instalaciones solares afectadas por sombras producidas por el crecimiento de árboles	112
Figura 43: (Izq.) Representación gráfica de la validez del programa de cálculo f-Chart (Der.) Pantalla de resultados del programa CHEQ4	113
Figura 44: Comparación de resultados de cálculo del f-Chart con cálculos del CHEQ4	114
Figura 45: Temperaturas (°C) de evaporación del agua en función de la presión relativa (kg/cm2)	115
Figura 46: (Izq.) Circuito con alimentación automática de agua de red - (Cen.) Bombas manuales de llenado y presurización (Der.) Sistema de llenado constituido por depósito y grupo de presión	117
Figura 47: Ejemplos y casos de sectorización y acoplamiento de baterías de captadores	117
Figura 48: Dos ejemplos de conexiones de sistemas de acumulación individual nº1 (Izq.) y nº2 (Der.).....	118
Figura 49: Ejemplos de monitorización de 24 horas de dos intercambiadores.....	119
Figura 50: Pantalla del programa AISLAN.....	120
Figura 51: Ejemplos de termografías de instalaciones.....	121
Figura 52: Ejemplo de sistema de monitorización de temperaturas: solar y auxiliar	122
Figura 53: Ejemplo de sistema de control y monitorización de instalaciones de acumulación distribuida ...	123
Figura 54: Ejemplo de registro de temperaturas que permite verificar un correcto funcionamiento	124
Figura 55: Ejemplos de sistemas de manipulación compleja y antiestética que se debería evitar.....	125
Figura 56: Ejemplos de esquemas de principio para una IST con dos soluciones extremas: completo con todos los componentes (Sup.) y muy simplificado con los mínimos componentes (Inf.)	127
Figura 57: Ejemplos de soluciones estructurales A.....	130
Figura 58: Ejemplos de soluciones estructurales B.....	130
Figura 59: Ejemplos de soluciones estructurales C.....	131
Figura 60: Ejemplos de soluciones estructurales D	131
Figura 61: Ejemplos de soluciones estructurales E.....	132
Figura 62: Ejemplos de soluciones estructurales F.....	132
Figura 63: Ejemplos de soluciones estructurales G	133
Figura 64: Ejemplos de válvulas mezcladoras termostáticas.....	133
Figura 65: Ejemplos de válvulas de seguridad conducida (der.) y no conducida (izq.)	134
Figura 66: Ejemplos de captadores instalados en zonas técnicas.....	134
Figura 67: Ejemplos de aislamientos que no soportan altas temperaturas.....	135
Figura 68: Ejemplos de coquillas para aislamiento térmico.....	135
Figura 69: Ejemplos de aerotermos instalados para disipar calor.....	136
Figura 70: Ejemplos de tapado de captadores.....	136
Figura 71: Ejemplo de protección antiheladas por circulación del primario	137
Figura 72: Ejemplo de protección antiheladas mediante resistencia en captador	137
Figura 73: Evolución de temperatura y presión del ejemplo descrito	138
Figura 74: Ejemplos de roturas por efectos combinados por elevada presión (izq.), mezcla de presión y temperatura (cen.) y por elevada temperatura (der.).....	139
Figura 75: Ejemplos de válvulas antivació que evitan la implosión (Izq.) y de resultado de implosión de un acumulador de agua (Der.).....	139
Figura 76: Ejemplos de defectuosa protección frente a condiciones exteriores	140

<i>Figura 77: Ejemplos de purgadores automáticos.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 78: Ejemplos de purgadores manuales.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 79: Ejemplos de purgadores manuales difícilmente accesibles.....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 80: Ejemplos de purgadores manuales accesibles.....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 81: Ejemplos de uso de válvulas de seguridad en la sectorización.....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 82: Ejemplos de sifones invertidos. A la Izq. Necesario para librar un pretil con purgadores manuales Der.: Innecesarios producidos por una incorrecta instalación.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 83: Ejemplos de diferentes calidades de instalación.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 84: Ejemplos de sifones invertidos en circulación por termosifón.....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 85: Ejemplos de medidas y diferencias de temperaturas de baterías conectadas en paralelo.....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 86: Ejemplos de tuberías que aportan su volumen a la formación de vapor.....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 87: Ejemplos de tuberías que no aportan su volumen a la formación de vapor.....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 88: Puntos de conexión del vaso de expansión y detalle de situación de componentes.....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 89: Ejemplo de vasos de expansión instalados al exterior y conectados al circuito primario mediante ramal con aislamiento térmico que afecta negativamente a su durabilidad.....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 90: Ejemplo de manómetro instalado.....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 91: Ejemplo de termómetro digital.....</i>	<i>147</i>
<i>Figura 92: Ejemplo de fallo de instalación detectado por la monitorización.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 93: Ejemplos de cuadros eléctricos completos incluido sistema de control y de monitorización.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 94: Ejemplo de circulación inversa por temperaturas nocturna en captadores.....</i>	<i>149</i>
<i>Figura 95: Ejemplos de tramos de tuberías sin aislamiento.....</i>	<i>150</i>
<i>Figura 96: Ejemplos de aislamiento térmico mal instalado.....</i>	<i>150</i>
<i>Figura 97: Ejemplo de accesorios de instalaciones aislados (izq.) y sin aislamiento térmico (der.).....</i>	<i>150</i>
<i>Figura 98: Ejemplo de acumuladores con aislamiento reformado y completo.....</i>	<i>151</i>
<i>Figura 99: Ejemplos de defectuosa protección de acumuladores y componentes.....</i>	<i>151</i>
<i>Figura 100. Ejemplos de correcta protección exterior de acumuladores y tuberías.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 101: Ejemplo de mala calidad de la protección y deterioro del aislamiento.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 102: Ejemplos de materiales para protección exterior del aislamiento térmico.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 103: Ejemplo de un sistema de protección de componentes para su instalación al exterior.....</i>	<i>153</i>
<i>Figura 104: Comparación de ensayos de captadores solares con y sin suciedad en la cubierta.....</i>	<i>155</i>
<i>Figura 105. Ejemplos de incrustaciones calcáreas en resistencias eléctricas sumergibles.....</i>	<i>155</i>
<i>Figura 106: Ejemplos de diferentes durabilidad de cinco instalaciones colectivas.....</i>	<i>156</i>

1 ANTECEDENTES

La sección HE4 del documento básico de Ahorro y Eficiencia Energética del Código Técnico de la Edificación (CTE), que desde el año 2006 obliga a la incorporación de una contribución mínima de energía solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria y climatización de piscinas en la edificación, ha supuesto un enorme despliegue de esta tecnología en todo el territorio. Si bien, ya existían ordenanzas solares que obligaban desde el año 2000 a su utilización en algunos municipios, fue la aplicación de la sección HE4 la que realmente generalizó su presencia en los edificios tanto del sector residencial como del terciario.

La Sección HE4 incorporaba originalmente detalladas prescripciones técnicas que pretendían eliminar cualquier incertidumbre a tener en cuenta a la hora de diseñar, dimensionar, ejecutar y mantener las instalaciones solares térmicas. Como documentación técnica complementaria, la experiencia del sector estaba aportada en la Guía ASIT de la energía solar térmica que se tramitó como documento reconocido en el año 2010

Con el paso del tiempo, las prescripciones del CTE-HE4 se han ido trasladando, o bien al Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) que a su vez también se ha ido adaptando a la mayor presencia de energías renovables térmicas, o bien a Documentos reconocidos del RITE como la recientemente actualizada Guía Técnica de la Energía Solar Térmica¹, realizada en colaboración con ASIT. Esta Guía (en lo que sigue, GTEST), publicada en abril de 2020 y presentada al registro de documentos reconocidos del RITE por el IDAE, recoge la experiencia adquirida en instalaciones solares térmicas en España que abarca un periodo de más de 40 años y constituye una verdadera actualización del estado del arte por lo que sirve como documento de referencia al sector. A lo largo de este documento se realizarán múltiples referencias a la GTEST y se utilizarán las abreviaturas y acrónimos incluidos en el apartado 14.5 de la GTEST.

La entrada en vigor de las normativas referenciadas fue una medida pionera a nivel mundial ya que no se tenían referencias similares en ningún otro país y, evidentemente, supuso un gran lanzamiento del sector de la energía solar térmica en los edificios. Con un sector de la construcción en expansión, el crecimiento de la cantidad de instalaciones que se hacían incrementó de forma significativa las perspectivas de las empresas del sector. Estas empresas disponían de una experiencia previa razonable, pero el volumen de instalaciones demandado, atrajo a otras muchas empresas que se iniciaron en esta actividad sin mayores conocimientos por lo que los resultados prácticos no fueron de la calidad esperada.

En definitiva, un cierto volumen de instalaciones solares térmicas realizadas bajo el ámbito de las obligaciones mencionadas no opera en la actualidad correctamente o simplemente están paradas por diversos motivos.

¹ <https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-de-energia-solar-termica>

Uno de los principales inconvenientes, que ha incidido especialmente en el sector residencial, ha sido que los promotores de la construcción de las viviendas no han sido los usuarios finales de las mismas, por lo que posiblemente ellos mismos no hayan prestado la atención debida a las instalaciones solares térmicas en combinación con un asesoramiento inadecuado a la hora de su implementación. Además, en ocasiones, éstas se han percibido por parte del sector de la construcción como un elemento nuevo y obligatorio, a veces indeseado, cuyo potencial de ahorro energético era desconocido. Por otro lado, el hecho de que el suministro de agua caliente sanitaria siempre esté garantizado por la entrada en funcionamiento de un sistema auxiliar (caldera, termo, etc.) ha evitado que el usuario percibiera los posibles defectos de funcionamiento que las instalaciones hubieran podido tener.

Dichas instalaciones han generado una deficiente y equivocada imagen de las posibilidades de esta tecnología y del sector en general, ya que también existe un gran número de instalaciones que, por el contrario, funcionan correctamente, incluso con prestaciones superiores a las previstas. La tecnología solar térmica ha alcanzado en el transcurso de estos años un alto nivel de madurez demostrando sus posibilidades a la hora de satisfacer la demanda de ACS, así como otras demandas térmicas, de los edificios que no resulta coherente con la deteriorada imagen actual. Esta imagen ha generado un perjuicio más allá del sector de la edificación y proyecta dudas sobre otros sectores donde el uso de la energía solar térmica tiene un gran potencial, como es el caso del sector industrial.

Los problemas técnicos referidos se deben principalmente a pequeños defectos, averías o detalles que no se han considerado en cualquiera de las fases de la vida de la instalación (incluido su mantenimiento) y, en su inmensa mayoría, se puede determinar si están causados por un deficiente dimensionado, diseño, montaje, selección de materiales, inadecuado o inexistente mantenimiento, control del funcionamiento, etc. Las soluciones, en la mayoría de los casos, son simples y de fácil ejecución si se conocen las necesarias actuaciones para corregirlas. En otras ocasiones, se necesitan reparaciones o mejoras de mayor envergadura e incluso ampliaciones del tamaño.

Existe un evidente interés por parte de todos los agentes implicados, fundamentalmente desde la administración y el sector empresarial, por corregir esta situación y poner en perfectas condiciones de funcionamiento todo el parque de instalaciones existente. Por otro lado, los propios usuarios estarían más interesados en rehabilitarlas si tuvieran la certeza de que las prestaciones de las instalaciones solares van a ser las previstas.

Adicionalmente, esa actuación pondría en funcionamiento una gran cantidad de inversiones en instalaciones no operativas que, en muchas ocasiones, sin necesidad de destinar grandes recursos, producirían, además del importante ahorro de energía fósil para el que están destinadas, una importante generación de empleo local tanto en empresas industriales como de servicios de instalación y mantenimiento.

El proceso de rehabilitación de instalaciones solares térmicas debe pasar necesaria y previamente por la revisión del correcto dimensionado y diseño del proyecto o memoria original, comprobando que los cálculos fueron correctamente realizados en origen y que, en caso de serlos, la instalación realmente ejecutada se corresponde con lo establecido en dicha documentación. Posteriormente, debe de efectuarse un análisis de la ejecución y estado actual de las instalaciones identificando que

defectos pueden tener solución, cuáles son las alternativas para su corrección y cuál es el coste de cada una de ellas. El diagnóstico final previo a acometer la reparación de la instalación, debe de ser capaz de identificar cuál de los aspectos a corregir derivados de la incorrecta realización de alguna o varias de las fases del proyecto (dimensionado, diseño, instalación y mantenimiento) son técnica y económicamente viables y deben de incluir un análisis de las posibilidades de financiación existentes.

Para revisar el grado de adecuación de los proyectos y verificar el correcto dimensionado, diseño, selección de equipos y materiales, etc. se considera que la mejor referencia documental es la actual GTEST ya referida, sin embargo, dicha guía, junto con la experiencia aportada por los técnicos especialistas, desde el punto de vista práctico y operativo, no resulta la herramienta más adecuada para revisar el estado real una instalación existente, aunque si lo es para valorar si la instalación cumple correctamente lo requerido en las distintas fases del proyecto.

Los sistemas, equipos y componentes de la instalación a revisar y los conceptos a verificar corresponden a todos los puntos recogidos en la Memoria de Diseño (MD), incluida en el apartado 14.3. de la GTEST, que recoge toda la información necesaria para conocer y definir las características de la instalación y poder asegurar su correcto funcionamiento. No obstante, para auditar o revisar una instalación que supone recopilar toda la información, la realización de al menos una visita para revisar la instalación, así como ofrecer un diagnóstico y dar una solución técnica, se pretende utilizar como lista de chequeo una simplificación de la MD de la GTEST específicamente definida para facilitar su rehabilitación. De esta forma, el técnico especialista necesitará menos tiempo para identificar los defectos de una instalación, dispondrá de un catálogo de soluciones y sistematizará el procedimiento a emplear dando las recomendaciones necesarias para que el técnico especialista seleccione y estudie la información imprescindible para realizar el informe de rehabilitación.

Se plantea, por tanto, disponer de una guía detallada específica, concreta y visual dirigida a los profesionales del sector de instalaciones basada en la experiencia adquirida durante todos estos años que resuma el estado del arte actual de la tecnología y les permita, de forma sistemática, detallada y simplificada, la identificación de cualquier defecto existente y la formulación de las correspondientes alternativas viables de solución definiendo las posibles mejoras a implementar sobre el diseño original.

Además de simplificar el procedimiento, se establecen prioridades en orden a su importancia. Por otro lado, y basado en experiencias prácticas, se destacan aquellos problemas que resultan más habituales e información útil que permita identificarlos resaltando las cuestiones más importantes a resolver. Todo ello no exime el necesario conocimiento que el técnico debe tener de instalaciones en los edificios, de la tecnología solar térmica y de la GTEST en particular.



2 OBJETO

El objeto de este documento es desarrollar un manual de rehabilitación de instalaciones de energía solar térmica que sirva como documento de aplicación práctica de la GTEST. Está dirigida específicamente a la rehabilitación de instalaciones solares térmicas existentes de manera que permita detectar todos los posibles fallos, problemas y defectos, así como presentar las mejores soluciones para los mismos.

El destinatario de este manual es el técnico especialista que desarrolla su actividad en el ámbito de las instalaciones térmicas de edificios y, en particular, de la tecnología solar térmica. Este manual destaca las causas más habituales de mal funcionamiento, que pueden proceder de cualquiera de las fases del proyecto (dimensionado, diseño, ejecución, operación y mantenimiento) y se definen las alternativas viables para que el profesional seleccione la opción más adecuada para corregirlas.

El manual desarrolla un procedimiento simplificado que facilita la supervisión del proyecto a nivel documental, así como la revisión de la ejecución de la instalación existente como paso previo necesario para plantear y acometer su rehabilitación. Es evidente que, tras promover la rehabilitación de una instalación solar térmica (en lo que sigue, IST), debería de garantizarse la continuidad en la actuación en el tiempo, estableciendo el procedimiento de vigilancia y su mantenimiento para garantizar su efectividad y por tanto su correcto funcionamiento a largo plazo. Se verá la importancia de incorporar sistemas de monitorización y control más adecuados que los hasta ahora utilizados.

Con la rehabilitación de una IST se pretende aprovechar y recuperar una inversión que ya estaba realizada para que vuelva a producir energía renovable térmica y por tanto generar los beneficios medioambientales y los ahorros económicos para los que estaba prevista. En el trabajo a desarrollar se pretende incorporar el análisis de la viabilidad técnica y económica de la rehabilitación, así como estudiar las condiciones para conseguir la mayor rentabilidad de la actuación tanto para los usuarios como para las empresas y para la sociedad en general.

A pesar de ser el generador de calor de la instalación y estar sometido a las condiciones atmosféricas y de temperatura y presión más extremas, el captador solar no suele ser normalmente el causante de los principales problemas de funcionamiento ya que, en general, se trata de equipos certificados que han sido sometidos a exigentes pruebas de durabilidad en laboratorio.

En un alto porcentaje de casos, sin embargo, los defectos proceden de otras partes de la instalación que, en la gran mayoría de los casos, pueden ser fácilmente subsanables con una incidencia en el coste no significativa.

Así, por ejemplo, la inversión en una IST nueva, que se estima en 600 € por metro cuadrado de superficie de captación, proporciona un coste equivalente de energía térmica (LCOH) de 30 €/MWh muy inferior al coste de la energía térmica sustituida (del orden 100 €/MWh). No obstante lo anterior, es posible realizar una rehabilitación por un 10-20% del coste de inversión de la instalación nueva, es decir, entre 60-120 €/m² que debería de producir un ahorro económico anual de unos

80 €/m² similar al de la instalación nueva y se puede considerar una vida útil que puede superar los 20 o 25 años.

En esos casos, sin incluir el coste inicial que tuviera la IST y considerando solamente el coste de la rehabilitación resultaría que el coste de la energía solar térmica equivalente siempre estará muy por debajo del coste de cualquier otro tipo de energía y el periodo de recuperación de las inversiones realizadas en la rehabilitación puede estar comprendida entre unos pocos meses y 2 años como máximo. En resumen:

TIPO DE INSTALACIÓN SOLAR	Coste Inversión €/m ²	Aporte energético KWh/m ² .a	Coste equivalente en 25 años €/MWh	Periodo de retorno de la inversión a 100 €/MWh años
Nueva	600	800	30	7,5
Rehabilitación 20%	120	800	6	1,5
Rehabilitación 10%	60	800	3	0,8

Detectar esas situaciones y acometer su intervención es una actuación que se debería promover a todos los niveles frente a tener las inversiones paradas en las cubiertas de los edificios. La solución propuesta y al coste previsto, disminuye la dependencia energética de combustibles fósiles, es beneficioso para el usuario, el medioambiente y para la sociedad en general. Además, el corto periodo de retorno permite que el usuario se pueda plantear incluir mejoras en la instalación que vayan más allá de la mera rehabilitación y que permita, por ejemplo, aumentar las prestaciones iniciales y realizar un mejor control y seguimiento de su funcionamiento, como sería el caso de la instalación de sistemas de telecontrol y monitorización.

El problema a resolver es que, con la actual situación de desconfianza en el sector solar térmico, ni los usuarios ni las posibles empresas suministradoras de soluciones (ingenierías, instaladores, etc.) están muy interesadas en acometer las rehabilitaciones. Por un lado, el usuario ha perdido la confianza en la tecnología y, por otro lado, las empresas en ocasiones perciben que estas instalaciones les van a generar problemas que otras tecnologías no les dan.

Además del incentivo que el ahorro económico pueda suscitar, se pueden destacar otros argumentos evidentes para justificar la necesidad de realizar las rehabilitaciones:

- Reglamentarios ya que, de acuerdo con el Reglamento de Instalaciones Térmicas en el Edificio (RITE), el usuario es responsable del correcto funcionamiento de la instalación
- Medioambientales por la efectiva descarbonización y consiguiente reducción de emisiones de gases de efecto invernadero
- Disminución de la dependencia energética

3 CRITERIOS GENERALES

En este capítulo se analizan los diferentes intervinientes que pueden actuar para afrontar el proceso de rehabilitación de las instalaciones solares térmicas, tanto en promoverlas como en ejecutarlas. Asimismo, se describen con más detalle las características del técnico ejecutor, los requisitos que debería cumplir, así como los recursos y medios de los que debe disponer. Por último, se describe la metodología que se debe emplear en el proceso completo de la rehabilitación.

3.1. El promotor de la rehabilitación

En principio, el usuario de la instalación debería ser el principal promotor de la rehabilitación de su propia instalación, ya que será el beneficiario directo de su buen funcionamiento y de sus prestaciones. Algunas veces, y con el fin de ofrecer soluciones uniformes y de abaratar costes, se podrían agregar casos que tengan ciertas características en común. Por ejemplo, localizar edificios con instalaciones solares térmicas gestionados por el mismo administrador de fincas, agrupar instalaciones próximas entre sí situadas en el mismo barrio o en la misma localidad, analizar tipos de defecto a reparar y las soluciones a implantar, etc.

El interés principal del usuario en que su IST funcione correctamente y, además de los beneficios sociales, medioambientales y energéticos que se producen, será el ahorro energético y económico que la instalación le genera. Serán mayores las razones si se trata de una inversión que ya está realizada y solamente falta rehabilitar, poner a punto y mantener.

Además de las posibles iniciativas que puedan surgir por parte del usuario directo de la instalación, pueden existir empresas y entidades de los sectores privados y públicos que estén motivados para:

- Intervenir para revertir la mala imagen del sector para que las instalaciones fruto de las obligaciones puedan cumplir con la normativa vigente.
- Aprovechar las inversiones disponibles en las cubiertas de los edificios que disponen de instalación considerando que la rehabilitación es una inversión muy económica, viable y fácilmente amortizable.
- Contribuir con fuentes renovables térmicas a mejorar la participación de la edificación en la descarbonización.
- Sustituir el activo defectuoso, inoperante o no eficiente por otro nuevo más eficiente, fiable y seguro que además permita evitar el desmantelamiento de las instalaciones solares existentes por otras tecnologías.

Algunos ejemplos de **sectores económicos privados** que puedan estar interesados en promover la rehabilitación de instalaciones pueden ser:

- A. El propio sector de oferta que interviene en este mercado, ya que las actividades de rehabilitación son normalmente promovidas y desarrolladas por ESEs, empresas instaladoras/mantenedoras, o incluso empresas de ingeniería que ofrecen sus servicios en este sector específico o conjuntamente con otras tecnologías. Estas posibles iniciativas, que pueden

realizarse tanto de forma individual como agrupada, por las empresas mencionadas (ESEs, instaladoras, mantenedoras o ingenierías) pueden ser, por ejemplo:

- Empresas mantenedoras que trabajan en el edificio que quieren extender sus servicios a las instalaciones solares térmicas.
 - Empresas mantenedoras que quieren proporcionar sus servicios de manera agrupada para aumentar su volumen de negocio a la par que racionalizan el gasto
 - Empresas de Servicios Energéticos (ESEs) que quieren optimizar su labor de gestión proporcionando servicios de forma agrupada en zonas específicas.
 - Sujetos obligados (Empresas energéticas, etc.) que necesitan realizar actuaciones relacionadas con el sistema de obligaciones de ahorro establecidos en la Directiva de Eficiencia Energética.
- B. Empresas fabricantes o distribuidoras de captadores solares u otros equipos de las instalaciones, actuando también de forma individual o agrupadas que pretendan, no solamente corregir la imagen de la tecnología y mejorar la eficiencia y durabilidad de las instalaciones existentes, sino también contribuir a renovar las instalaciones existentes con nuevos equipos.
- C. Empresas de otro rango o sector que puedan complementar o estar interesadas en que las comunidades acometan estas rehabilitaciones. Por ejemplo:
- Bancos y entidades financieras que quieran promover la financiación.
 - Empresas que quieran compensar sus emisiones de CO₂.
 - Empresas o asociaciones ecológicas.

Además del interés privado, el **sector público** puede estar interesado en acometer la rehabilitación de instalaciones solares térmicas y promoverla con carácter general o específico mediante campañas del tipo “renove”. Se puede concretar el interés de la Administración, de cualquiera de los niveles (nacional, regional y local), por causas muy diversas como, por ejemplo:

- Implantar mecanismos que permitan rehabilitar la mayor cantidad posible de instalaciones (ayudas, etc.).
- Detectar la problemática más habitual para definir y concentrar los recursos y diseñar la mejor forma de intervenir por tipos de instalaciones o por zonas.
- Corregir las desviaciones en cumplir la normativa vigente (CTE y RITE) para favorecer dicho cumplimiento sin causar perjuicio a los usuarios. Incorporar las competencias y obligaciones de las empresas de certificación de la edificación.
- Motivar la responsabilidad y despertar el interés del usuario por la rehabilitación (Campañas de promoción, formación, etc.).
- Promover la renovación de instalaciones solares determinadas entidades como gestoras de polideportivos, piscinas municipales, etc.

Las posibles intervenciones de la administración para resolver el problema del parque de instalaciones solares térmicas en desuso podrían centrarse en promover y respaldar el cambio de actitud de los usuarios para afrontar gastos en reparar y volver a poner en marcha una instalación que, en ocasiones, nunca han visto funcionar eficazmente. También podrían ocuparse de motivar a las empresas instaladoras o mantenedoras que muestran escaso interés en estudiar y ofertar la reparación de instalaciones que en muchas ocasiones son de escasa entidad y no les quedan márgenes de beneficio suficientes que compensen los recursos técnico-comerciales destinados.

Para conseguir cambiar la actitud de los usuarios y de las empresas es necesario promover la realización de auditorías, estudios y presupuestos que permitan conocer los problemas y las posibles soluciones con mayor detalle, analizando la problemática por zonas geográficas, por tecnologías empleadas, por características de los proyectos de instalaciones, etc.

Esta guía pretende ser la base para promover la rehabilitación de las instalaciones solares térmicas y debe de convertirse en un instrumento de ayuda para diseñar las auditorías y elaborar las propuestas de soluciones que pongan en operación todas las instalaciones existentes.

3.2. El técnico especialista

Para rehabilitar una IST, ya sea de manera individual o un conjunto de varias instalaciones, además de los intervinientes y sus motivaciones ya referidos anteriormente, es necesario contar con un agente al que se le va a denominar técnico especialista, evaluador o auditor, que será la persona que estudie cada caso y proponga la solución adecuada.

Hay que señalar que la sencillez de la tecnología solar térmica es, a la vez, su gran ventaja porque hace más fácil su difusión, y su gran inconveniente porque cualquier persona puede considerar que está perfectamente acreditado para opinar, intervenir, asesorar, etc.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que, en el área térmica y especialmente cuando de energía solar se trata, existen múltiples factores que pueden afectar al buen funcionamiento de una instalación como por ejemplo, una sonda de temperatura fuera de su lugar, la pérdida de presión por goteo de una válvula de seguridad defectuosa o una leve desviación de cualquier valor de consigna de su valor habitual, puede hacer que cualquier mínimo fallo no controlado derive en el defectuoso funcionamiento o incluso en la parada de una instalación completa.

Es necesario ser consciente que, para hacer viable cualquier solución propuesta, se necesita incrementar el nivel de conocimiento general y, en particular, en relación a las prestaciones de las instalaciones solares térmicas, de forma que sean todos los agentes interesados, desde el usuario hasta la empresa que finalmente acometa las reparaciones, los que tengan que utilizar y aplicar los conceptos correctos establecidos en este manual.

El conocimiento relacionado con la tecnología solar térmica en sus inicios, era un activo de mercado casi exclusivo de determinadas empresas especializadas que las diferenciaba respecto a la competencia. Sin embargo, en la actualidad este conocimiento debería de ser parte de uno más general. Cualquier empresa que trabaje en el área de generación térmica, sobre todo en el ámbito de la edificación colectiva ya que las instalaciones solares térmicas se han convertido en un subsistema que acompaña a las instalaciones de generación de calor convencionales. Si todas las instalaciones, solar y auxiliar, funcionaran correctamente, todo el sector prosperará.

Se genera una denominación específica, técnico especialista, que debe ser el que intervenga en el proyecto de rehabilitación y, a la vez, comparta los conocimientos para que se generalice el buen uso de la tecnología. En la práctica, como en cualquier otra profesión, todos los técnicos aplican los conocimientos que disponen que no son siempre homogéneos en función de su área de especialización (hidráulica, eléctrica, control, etc.).

Adicionalmente, durante las visitas y en el tratamiento de los datos recogidos, puede haber determinadas cuestiones que el técnico haya pasado por alto por no disponer de una guía o herramienta que le permitiera recabar la información de manera ordenada y sistemática. Por tanto, es necesario agregar y dar visibilidad a todo el conocimiento disponible a través de manuales como éste que permitan que todos los factores que puedan alterar el buen funcionamiento de una instalación sean cuidadosa y rigurosamente identificados, analizados y resueltos.

Se considera necesario compartir experiencias reales, datos de monitorización, etc. con el fin de ordenar todo el conocimiento disponible y poder aplicar todas las buenas prácticas existentes en la actualidad, que ese conocimiento se pueda utilizar y proporcione una mejora en la calidad del servicio final de todas las instalaciones solares térmicas y en la satisfacción del usuario.

Este manual trata precisamente de localizar, organizar, promover y servir de repositorio de dicho conocimiento colectivo para facilitar su utilización final por parte de los agentes implicados en el proceso de rehabilitación de las instalaciones. La labor de localización del conocimiento no puede terminar con la publicación de la guía y debe ser un trabajo continuo que requiere su actualización periódica.

3.1.1 Requisitos del técnico especialista en energía solar térmica

El técnico especialista será una persona a la que se le considera capacitada para detectar los problemas y dar las soluciones necesarias para que una IST funcione correctamente de forma eficiente y segura. Se considera que puede estar desarrollando su actividad profesional en cualquiera de los niveles que pueden intervenir en el sector: técnico-comercial, consultor, proyectista, instalador, mantenedor, gestor energético, etc. bien como agente independiente o formando parte de una empresa o grupo profesional de cualquier tipo que incluyan el desarrollo de este tipo de actividades.

El técnico especialista deberá de disponer de los conocimientos y las capacidades específicas relacionadas con la energía solar térmica, que debería de ser parte de un conocimiento más amplio sobre instalaciones térmicas en general, y no una disciplina aislada, ya que las instalaciones solares térmicas se integran siempre con instalaciones que utilizan otras fuentes de energía que las complementan. El técnico especialista debe saber qué tipo de instalación es la que mejor puede complementar a la solar en función de cada caso particular (biomasa, bombas de calor, etc.).

En función del tipo de actividad que desarrolle el técnico (proyectista, instalador, etc.) será importante que tenga la capacidad de aportar las acreditaciones que administrativamente se requieran además de cumplir la reglamentación que sea aplicable en cada caso. Dependiendo de la forma de trabajo del técnico especialista así será el funcionamiento del proceso completo.

Dado que se pretende promover la fiabilidad de las soluciones, se debe trabajar en la recopilación, intercambio de información, asesoramiento e incluso el aseguramiento colectivo que permitirá otorgar al usuario las máximas garantías. Desde el punto de vista práctico, y como en general no se pretende acreditar los conocimientos reales del técnico especialista, se propone que la necesaria solvencia técnica sea facilitada por el propio colectivo y que pueda estar sometido a los necesarios mecanismos de control o vigilancia de sus actuaciones para acreditar su compromiso

3.1.2 Herramientas y recursos del técnico

Además de las herramientas y medios mínimos necesarios y habituales como destornilladores, llaves inglesas, etc. el técnico especialista debería disponer de material y equipos específicos adecuados para medir los parámetros de funcionamiento básicos de funcionamiento (temperatura y presión) y las características de los principales elementos, (diámetros de tuberías, espesores de aislamiento, etc.) así como realizar las comprobaciones y medidas que se hayan previsto. En definitiva, para desarrollar su trabajo de revisión técnica y de evaluación de las instalaciones de energía solar térmica, sin carácter restrictivo, deberá disponer de:

- Termómetro de contacto o láser digital
- Brújula magnética o aplicaciones móviles, mapas online, etc.
- Cinta métrica o medidor de distancias digital
- Nivel digital con inclinómetro o aplicaciones móviles
- Calibre digital – pie de rey
- Refractómetro
- Manómetro de aire
- Medidor de radiación o piranómetro portátil
- Cámara fotográfica
- Caudalímetro magnético no invasivo (recomendado)
- Pinza amperimétrica (recomendado)
- Monitor de caudal por presión diferencial
- Cámara termográfica

La visita de revisión a una instalación incluirá los puntos de inspección y control mínimos que el técnico especialista haya definido, pero en algunos casos dicha visita podrá adoptar un carácter más exhaustivo si así se hubiera acordado entre el usuario y el técnico. En esos casos, se podría requerir la utilización de herramientas y equipo especializado para determinar parámetros de funcionamiento que en inspecciones de un carácter más visual quedarían ocultos, como por ejemplo la medición de caudales de los diferentes circuitos, la instalación de sondas y equipos de control de forma temporal que permitan la adquisición de datos y su posterior análisis, etc.

La utilización de la cámara fotográfica es clave y siempre se debería realizar un registro fotográfico completo y detallado de la IST que permita identificar defectos incluso una vez realizada la visita. Como mínimo, se deberá disponer de fotos de todos los componentes principales de la instalación, incluidas las placas características de los equipos (captadores solares, acumuladores, intercambiadores, bombas, vasos de expansión, etc.), detalles de los equipos o elementos secundarios como purgadores, válvulas de seguridad, válvulas de llenado automático, etc. especialmente aquellos que presenten defectos, panorámicas de la instalación que permitan conocer el entorno de la instalación y también de todos los detalles constructivos como estructuras, apoyos y anclajes, etc. El técnico realizará un listado con un orden detallado de forma que le quede disponible un registro fotográfico completo que le permita comprobar en el futuro la evolución de determinados detalles de las instalaciones.

3.1.3 Coste y presupuesto del especialista

El coste de los trabajos necesarios para la revisión por parte del técnico especialista de la IST debe de encontrar un adecuado balance entre la necesidad de sufragar los costes de la visita y el tratamiento posterior de los datos recabados y su presentación; también debe ser lo suficientemente ajustado para convencer al usuario de su realización.

El trabajo del técnico especialista no es gratuito y normalmente es un coste a cargo del cliente en los casos que acepte la propuesta o con costes a cargo de la empresa si la propuesta no es aceptada. Pero si se quieren promover las rehabilitaciones debería ser un trabajo previo y valorado económicamente de forma independiente, similar a las certificaciones energéticas de los edificios.

La experiencia demuestra, hasta ahora y en la mayoría de los casos, que el usuario de una IST que no funciona no encuentra motivación suficiente para invertir recursos económicos en intentar repararla, hacerla funcionar y posteriormente mantenerla.

- En primer lugar, dichos usuarios albergan muchas dudas acerca de la viabilidad técnica y económica de las reparaciones y de si realmente éstas van a producir el resultado esperado.
- En segundo lugar, son reacios a asumir el riesgo de la rehabilitación y prefieren que el riesgo sea asumido por otro agente que garantice que la instalación va a funcionar correctamente tras acometer las reparaciones. Una vez que se demuestre que los ahorros económicos son posibles, será más sencillo cambiar su percepción y que esté dispuesto a utilizar una parte de los ahorros en pagar los servicios prestados.

En la actualidad, en raras ocasiones se utilizan servicios directamente contratados y pagados por el usuario. La situación más habitual es que los servicios sean proporcionados por un técnico de una empresa mantenedora que tenga alguna relación con el usuario, por ejemplo, con el mantenimiento del equipo de generación convencional, o una ESE, que financie por sí misma la revisión. Aunque esas fórmulas puedan seguir funcionando, no se considera que se puedan alcanzar por sí solas los niveles de especialización y desarrollo necesarios para conseguir el objetivo de rehabilitación deseado.

Se pretende promover la idea de que los trabajos desarrollados por el técnico especialista tienen un valor, una utilidad y por tanto un coste, que puede requerir un planteamiento diferente de partida. Como se está definiendo un procedimiento de trabajo que trata de reorganizar y profesionalizar a todo un sector y sus tecnologías asociadas, será necesario incorporarlo y valorizarlo en una nueva estructura productiva. Económicamente se pretende que funcione de forma independiente para que se puedan desarrollar nuevos modelos de negocio que lleven a cabo el objetivo último, que es rehabilitar todas las instalaciones solares térmicas existentes.

En todo este proceso hay que tener en cuenta que hay empresas que, por la perjudicada imagen de la tecnología y salvo algunas excepciones, cada vez huyen más del mercado de rehabilitación y proponen soluciones alternativas de menos riesgo como desmantelarlas, sustituyéndola por otras tecnologías, normalmente más costosas a largo plazo, pero aparentemente más fiables y seguras en la situación actual.

Se define por tanto un procedimiento que permita establecer los costes de las revisiones de instalaciones que debería tener en cuenta los siguientes factores:

- Disponibilidad de la documentación de la instalación que puede facilitar el trabajo (proyecto, memoria técnica, planos, certificados de mantenimiento, certificado de registro de la instalación, libro del edificio, etc.).
- El tamaño de la instalación y esquema de principio (acumulación centralizada o distribuida, etc.), que afectará al nivel de complejidad del estudio, tiempo empleado en la visita y en el tratamiento posterior de los datos.
- El estado, o nivel de deterioro, de la instalación que complicará la propia visita, la definición de la rehabilitación y el número de actuaciones necesarias a incluir en el informe de resultados.
- La dificultad de acceso a todas las partes de la instalación y las condiciones de seguridad para hacerlo.
- Disponibilidad y estado de equipos de medición (termómetros, manómetros, caudalímetros, etc.) que permitan verificar determinados parámetros de funcionamiento in situ.
- Disponibilidad de sistemas de control y monitorización, adquisición de datos, etc. que permitirán deducir de forma muy precisa defectos de funcionamiento de las estrategias de control.

Asimismo, puede haber diferentes niveles de detalle de los estudios y presupuestos que pueda realizar el técnico especialista despendiendo del alcance y los objetivos que se planteen. Como se ha comentado anteriormente, la visita puede conllevar desde una revisión sistemática de un mínimo número de puntos de control hasta una auditoría en profundidad que pueda requerir de varias visitas para comprobar la evolución de determinados parámetros de funcionamiento en el tiempo.

3.3. Metodología a utilizar

Para rehabilitar una instalación se propone una metodología de trabajo que permita conocer los datos fundamentales de las instalaciones para poder realizar su evaluación e implantar las medidas correctoras en caso de que sean necesarias.

Se desarrolla la metodología en tres apartados, distribuidos en los capítulos indicados de esta guía, que abarcan:

- Recopilación de información previa, documentación y visita a la instalación (cap. 4)
- Revisión de instalación: proyecto, ejecución, funcionamiento y mantenimiento (cap. 5)
- Propuestas de actuación (cap. 6)

Con **la recopilación de información previa, revisión de la documentación disponible y la visita a la instalación** se dispone de toda la información relacionada con el proyecto y el montaje de la instalación, así como de su funcionamiento, mantenimiento y uso incluso las posibles incidencias que haya tenido.

Como **resultado de las actuaciones** anteriores se evaluará toda la información recopilada y se realizará un informe final con un resumen del estado de la instalación, el alcance de las intervenciones a realizar, las prestaciones energéticas previstas, así como el presupuesto de las actuaciones y su viabilidad económica.

Para registrar de forma ordenada toda la información se propone el uso de varias listas de chequeo, que se incorporan en el anexo, que se describen y comentan a lo largo del documento:

- F1 - MEMORIA DE DISEÑO
- F2 - REVISIÓN DEL PROYECTO
- F3 - COMPROBACIÓN DE ESQUEMAS Y PLANOS
- F4 - RECOPIACIÓN DE DATOS USUARIO
- F5 - REVISIÓN DE LA EJECUCIÓN
- F6 - REVISIÓN DE DATOS DE FUNCIONAMIENTO
- F7 - REVISIÓN DEL MANTENIMIENTO

En la GTEST se incorpora una Memoria de Diseño (MD) como resumen de la información técnica de las instalaciones solares térmicas que debe servir para recoger todos los datos necesarios para que un proyecto quede completamente definido y que permita evaluar el nivel de cumplimiento de los requisitos de la propia Guía.

A los efectos de la rehabilitación, dado que se debe disponer de la información técnica del proyecto de la instalación, esta guía define una versión de MD completa (documento F1 en el anexo), pero más compacta que contiene toda la información del proyecto ya se obtenga de la documentación recopilada o de la visita. No obstante, a los efectos de rehabilitación se puede establecer un procedimiento de revisión más sencillo (documento F2 en el anexo) para identificar la información que se considera suficiente y válida a los efectos relacionados con la seguridad, la fiabilidad, la eficiencia y la durabilidad de la instalación.

Aunque todos los datos que se incluyen en la MD son necesarios para definir completamente el proyecto y siempre existe la opción de verificar todos los contenidos, en esta guía se pretende simplificar el procedimiento sin necesidad de hacer un análisis exhaustivo y minucioso del proyecto. Para ello, atendiendo a la experiencia disponible en el sector y a la necesidad de establecer un método más sencillo, se ha simplificado el procedimiento de trabajo organizando los requisitos a cumplir conforme a los siguientes criterios:

- A. **Requisitos esenciales de seguridad:** fundamentales para que la instalación no pueda causar daños al edificio o a terceros ni por su propio funcionamiento ni durante las actividades de mantenimiento o reparación. Pueden ser estructurales, hidráulicos, eléctricos, seguridad en el acceso a los diferentes elementos, etc.
- B. **Requisitos esenciales de fiabilidad:** imprescindibles para que la instalación funcione y aproveche al máximo la radiación solar disponible. Se consideran contribuyen a la fiabilidad la estanqueidad de los diferentes circuitos, la correcta circulación de fluidos, el sistema de expansión, el sistema de medida y el sistema eléctrico y de control.
- C. **Requisitos importantes de eficiencia:** son los requisitos necesarios para que la instalación funcione con buen rendimiento. Se considera que es necesario poder medir el suministro de energía solar a consumo para poder determinar el rendimiento de la instalación solar.
- D. **Requisitos importantes de durabilidad:** son los requisitos básicos para que la instalación tenga una larga vida útil.

E. **Mejoras complementarias:** son requisitos no esenciales ni importantes, pero pueden mejorar cualquiera de los objetivos de la rehabilitación y su posterior seguimiento de funcionamiento.

Esta simplificación pretende abarcar la mayor parte de la casuística práctica de deficiencias ocurridos en las instalaciones, pero no evita que el técnico evaluador deba decidir, en cada caso particular, si debe profundizar en el análisis de alguno o de los restantes aspectos de las instalaciones para encontrar los defectos correspondientes a las diferentes fases del proyecto (diseño, dimensionado, instalación, operación y mantenimiento) así como proponer las operaciones que considere necesarias para asegurar su mejor corrección así como su puesta en funcionamiento con seguridad, fiabilidad, eficiencia y durabilidad adecuadas y de forma que permitan realizar el seguimiento de su buen funcionamiento por parte de los propios usuarios.

Este procedimiento de trabajo genera la necesidad de colaboración entre los técnicos que la apliquen, de manera que se compartan experiencias, y de que los contenidos descritos en esta guía puedan evolucionar hacia un modelo más completo, perfeccionado y sencillo.

4 RECOPILOCIÓN DE LA INFORMACIÓN

4.1. Información previa

La información previa recoge todos los datos generales relativos a localización de la instalación, del usuario o del promotor, si fuera diferente, administrador de fincas o del mantenedor si lo hubiera. Esta recopilación de información también permitirá definir los objetivos específicos del trabajo, identificar a los participantes y las posibles barreras a encontrar, así como las expectativas que cabe esperar para así proponer la solución que mejor se adapte a cada situación particular.

4.1.1 Información general

La información se podrá recoger a través de un formulario en una página web que contenga los datos que facilite el promotor, el usuario o la persona en la que deleguen (mantenedor, administrador de fincas, etc.) y debe ser complementada con la realización de una entrevista al usuario que será más productiva si se consigue hacerla extensiva al resto de agentes que hayan tenido contacto con el promotor, el proyectista, la constructora, el instalador, mantenedor o cualquiera que haya tenido alguna experiencia en el uso de la instalación.

4.1.2 Entrevista al usuario

La entrevista al usuario es un elemento clave sobre el uso de la instalación, no tiene por qué ser necesariamente técnica, deberá ser obtenida verbalmente a través de personas cercanas a la instalación (usuario, instalador, mantenedor, etc.) y estará relacionada con los antecedentes (años de vida, funcionamiento, etc.), datos prácticos sobre la instalación (usos, averías, intervenciones, etc.), opiniones (usos y ahorros que puede haber producido y si ha habido variaciones en su funcionamiento).

Asimismo, se pretende detectar las posibles barreras que se podrían encontrar a la hora de ejecutar finalmente las actuaciones de rehabilitación que se deriven de la revisión de la instalación. Por ejemplo, en cuanto a nivel de concienciación, interés por reparar las instalaciones, disponibilidades económicas, conocimiento acerca de las posibilidades de la tecnología, expectativas tras la reparación, etc.

Se debe recabar del usuario toda la información posible sobre la instalación existente, su nivel de conocimiento, certezas e incertidumbres, tipo de información recibida y si la considera adecuada, de haberla entendido e interpretado correctamente, etc. La entrevista debe ser fácilmente entendible, adaptada a los conocimientos del usuario que puede ser muy variable entre un escaso

y elevado nivel técnico, y no debe disuadir al entrevistado de completar los correspondientes datos que se necesitan.

Se incluye un documento F4 en el anexo guía para la recopilación de datos de la entrevista al usuario que puede servir de auditoría preliminar. En algunos casos quizás haya que explicar al usuario algunas cuestiones relativas a la instalación para que entienda las posibles respuestas que se esperan.

Por ejemplo, conocer la experiencia sobre vigilancia de la instalación por parte del usuario es una primera medida para evaluar si es correcto el funcionamiento por lo que se debe recoger la mayor información posible que estará relacionada con el sistema de medidas disponibles y los datos de temperaturas además de la percepción del propio usuario.

En general, puede afirmarse que la IST calienta correctamente si, después de un día sin consumo de agua caliente pero soleado y no muy frío, el acumulador se encuentra caliente, por lo menos, a 40-50°C en invierno y 60-70°C en verano. Posteriormente, hay que comprobar que el agua caliente solar, y no auxiliar, es efectivamente suministrada al sistema auxiliar o a consumo.

Si la entrevista se realiza a varias personas, bien usuarios de un edificio multivivienda, u otros intervinientes (administrador, usuario, instalador/mantenedor, etc.) se dispondrá de información más variada, contrastable y objetiva sobre la realidad de la instalación.

4.1.3 Actuaciones adicionales

La IST para ACS no es un sistema independiente del edificio ni está desconectada del resto de sus instalaciones, sino que, por el contrario, puede tener muchas implicaciones tanto en la integración arquitectónica como en su funcionamiento por lo que el técnico debe considerar su adecuación con:

- El propio diseño arquitectónico del edificio, sobre todo con respecto a su cubierta, pero también en relación a su disponibilidad de espacios para un eventual incremento de la acumulación, trazado de tuberías, etc. incluido el acceso al campo de captación y a cualquier otro elemento para su mantenimiento, reparación y/o sustitución.
- Las instalaciones de alimentación de agua potable, sistemas de drenaje y redes de saneamiento, sistemas de calefacción y refrigeración, abastecimiento y redes de otras fuentes energéticas (gas, gasóleo, biomasa, etc.).
- Las instalaciones eléctricas (cableado, protecciones en cuadros generales, etc.)

El técnico debe recabar información complementaria de instalaciones térmicas o eléctricas de los edificios sin carácter restrictivo ya que como se ha mencionado, éstas pueden tener influencia en el funcionamiento de la instalación solar.

Se incluyen en este apartado algunas recomendaciones adicionales relacionadas con la integración de la IST para que en los proyectos de rehabilitación se tengan en consideración tanto en los aspectos constructivos del edificio como en sus instalaciones para obtener el mejor resultado energético en conjunto, mejorar la calificación energética, etc. Sin carácter restrictivo se puede citar:

- Integración en el edificio de medidas de eficiencia energética y de utilización de tecnologías renovables para su transformación en edificio de consumo nulo o exportador de energía.
- Aprovechamiento integral de la cubierta del edificio para instalaciones de energía solar térmica y fotovoltaica. Y si es posible, integración en fachadas y espacios anexos utilizables
- Incorporación de elementos de cargadores y elementos de movilidad sostenible.
- Incluir indicadores de la calidad ambiental del edificio con letreros informativos

4.2. Documentación

Se debe verificar que está disponible toda la documentación necesaria o, al menos, inventariar la obtenida dejando constancia de la que realmente existe, así como señalar si se dispone de información suficiente y coherente para revisar el diseño, dimensionado y resto de aspectos en la instalación.

Si no existiera información documental del proyecto se deberá generar una documentación equivalente – cumplimentando el mismo formulario MD - que recoja toda la información técnica que sea identificada en la visita técnica a la instalación.

El objetivo de esta recopilación documental es la evaluación del punto de partida, pero antes de entrar a evaluar sus contenidos técnicos se debe confirmar que son los mismos datos de la instalación realmente ejecutada. La disponibilidad de dicha información por parte del técnico, previa a la visita, permite hacerla con criterio de observador que de esa manera ya conocerá la instalación y buscará los elementos esenciales y críticos para avanzar en las conclusiones y recomendaciones que se pudieran extraer del trabajo.

Conocer el nivel de información generada, que se supone es la transmitida al usuario y cuya opinión es recogida en la encuesta, permitirá identificar qué expectativas tienen los mismos en cuanto al potencial de ahorro energético.

Por otro lado, realizar una revisión de los documentos permitirá detectar la calidad del diseño de la instalación desde la fase de proyecto y que alternativas viables técnica y económicamente, se ofrecen para corregir las desviaciones con respecto al óptimo. No se plantea que la revisión se asemeje a un procedimiento administrativo de aprobación ni autorización, sino del inicio de un trabajo de evaluación.

Como se indicó, toda la información documental se recoge en la MD que define completamente la IST, pero dado su carácter de resumen, puede ser necesario disponer de mayor información que también se debería recopilar para completar la definición del proyecto de la instalación. Esta información está referenciada en la MD, pero son documentos que se consideran anexos:

- **Componentes y materiales (CYM)** de la instalación deberían estar respaldados por sus fichas técnicas y en la MD se puede verificar la adecuación de los mismos a las características del proyecto en el apartado correspondiente (caudal y pérdida de carga suficiente de bombas, potencia de intercambio, volumen de acumulación suficiente, etc.) y a la resistencia a las condiciones de trabajo extremas

- **Esquemas y planos (EYP)** con la definición completa de la instalación, ubicación de los elementos principales, disposición de toda la valvulería, sensores y resto de aparataje de regulación y control.

También están referenciados los **cálculos complementarios (CC)** cuyo desarrollo, para justificar los resultados que se obtienen, requiere una documentación independiente:

- CC1. Estudio de sombras
- CC2. Prestaciones energéticas
- CC3. Intercambiadores
- CC4. Circuitos hidráulicos
- CC5. Sistemas de expansión
- CC6. Justificación estructural

En la propia MD vienen recogidos las referencias a los documentos anteriores para su control por parte del técnico.

Otra documentación que pueda existir relacionada con la instalación deberá expresamente indicarse como, por ejemplo:

- Proyecto de ejecución
- Manual de Instrucciones de la Instalación
- Manual de mantenimiento
- Etc.

Aunque en la práctica pueda haber diferentes niveles de desarrollo de la documentación de proyecto (anteproyecto, básico, ejecución, etc.) a los efectos de esta guía se considera que la información necesaria debe corresponder a la del proyecto ejecutado porque debe contener toda la información de una instalación ya ejecutada y en funcionamiento.

4.3. Visita a la instalación

La visita y revisión de la instalación tiene por objeto comprobar que la instalación ejecutada se corresponde con la documentación de proyecto, que los componentes son los especificados y adecuados, que la instalación está bien ejecutada, que funciona correctamente y, por último, que se vigila su operación y se realiza su mantenimiento. El procedimiento para revisar una IST se desarrollará en base a las listas de chequeo, para lo que se recomienda utilizar los formularios normalizados F1 a F7 incluidos en el anexo y las recomendaciones recogidas en el capítulo 5.

La visita a la instalación es una parte fundamental en la recopilación de información para su rehabilitación por lo que será importante revisarla completamente y dejar registros de todo lo detectado, así como las discrepancias con la documentación de proyecto. También se dejará constancia de las posibles partes ocultas de las instalaciones que no se puedan inspeccionar.

Como ya se indicó, se deberá realizar un registro fotográfico completo y detallado de todos los componentes de la instalación que, como mínimo, debería incluir además de panorámicas de la instalación que permitan conocer la instalación y su entorno, fotos de las placas características de componentes y los detalles constructivos más significativos. También se realizarán fotos para justificar problemas que incumplen algún requisito que se vaya aplicar en la rehabilitación.

Es importante resaltar que el trabajo de revisión tiene dos fases bien diferenciadas: primero la toma de datos in situ y segundo como resultado del análisis y comprobación de los resultados de toda la documentación recopilada

La comprobación del proyecto incluye la revisión y evaluación completa de la documentación disponible que básicamente habrá quedado recogida en la documentación gráfica y en los formularios F1 y F2 que se deben haber cumplimentado durante la primera revisión del proyecto.

Como ya se indicó, si no existiera información documental del proyecto se deberá generar una documentación equivalente a raíz de la visita- realizando los esquemas y planos necesarios, así como cumplimentando el mismo formulario F1 - que recoja toda la información técnica que sea identificada en la visita.

En el caso de discrepancia en la información disponible se adoptará el criterio de utilizar la información observada en la instalación, pero será una buena práctica contrastar la información procedente de las diversas fuentes.

Destacar que esta comprobación pretende, en primer lugar, asegurar que se mantienen y confirman las condiciones de diseño y las especificaciones de la documentación del proyecto: esquema, dimensionados, etc. y, en segundo lugar, que es información válida para el correcto funcionamiento de la instalación.

Se revisarán en la visita a obra todos los datos del proyecto que se han incluido en el formulario F1 de la Memoria de Diseño, así como los documentos anexos que puedan afectar:

- COMPONENTES Y MATERIALES. Confirmar los datos de las fichas técnicas y obtener información de las placas de características.
- ESQUEMAS Y PLANOS. La información que los mismos incluyan se deberá revisar en detalle y validar en la visita técnica a la instalación. En caso de discrepancia deberían de rehacerse conforme a la instalación realmente ejecutada y se complementarán con los esquemas y planos necesarios que no existan. La distribución de equipos y los trazados se realizarán con el nivel de precisión suficiente para poder determinar su correcta funcionalidad y realizar los cálculos necesarios en su caso. Se recomienda utilizar la lista de chequeo F3 donde figura la relación de planos y la descripción detallada de los contenidos.

La comprobación de los distintos apartados de la MD se puede hacer con el mismo formulario que se haya utilizado en la recopilación de proyecto F1 aunque, en la visita técnica, solamente son revisables las características visibles y dimensionales del proyecto así como la confirmación de los datos de partida y las hipótesis que se adopten para cálculos por lo que se debe evitar toda la información que no es verificable ni comprobable in situ, así como los propios cálculos que se realizan en el proceso de diseño.

5 REVISIÓN DE INSTALACIÓN

La fase de revisión de la IST será la que proporcione información real acerca del estado de la instalación en todas sus etapas. Se podrá comprobar si lo proyectado corresponde con lo realmente ejecutado o si hubo modificaciones posteriores en el momento de ejecutar la instalación, o a lo largo de su vida posterior, que no quedaron reflejadas en la documentación. También se podrá verificar el resto de cuestiones que afectan a su funcionamiento, como definición de estrategias de control, estado de equipos, aislamiento, existencia de adecuado mantenimiento, etc.

Para realizar de forma correcta y exhaustiva dicha revisión, se utilizarán las listas de chequeo disponibles y siguiendo los procedimientos indicados en los siguientes apartados:

- Revisión del proyecto
- Revisión de la ejecución
- Evaluación del funcionamiento
- Verificación del mantenimiento

5.1. Revisión del proyecto

Para comprobar que el diseño de la instalación es correcto y adecuado, se revisará toda la documentación técnica recopilada, cuyos datos serán contrastados en la visita técnica e incluidos en el formulario F1 de la Memoria de Diseño (MD) y revisada conforme al F2, así como los documentos anexos, como fichas técnicas de componentes, esquemas y planos, etc.

La revisión del proyecto incluye verificar todos los apartados de la MD:

- Datos generales
- Configuración básica
- Parámetros de uso y climáticos
- Parámetros de dimensionado básico
- Resultados de prestaciones energéticas
- Condiciones de trabajo
- Fluido de trabajo
- Sistema de captación
- Sistema de acumulación
- Sistema de intercambio
- Circuitos hidráulicos internos
- Circuitos de consumo
- Sistema de expansión
- Sistema de medida
- Sistema eléctrico y de control
- Sistema de energía auxiliar
- Especificaciones de componentes
- Esquemas y planos
- Cálculos complementarios

En los apartados de revisión de proyecto 5.1 y los ejemplos de 7.1 se incluyen todas las cuestiones relacionadas con el diseño, el dimensionado, los planos.

Para no repetir comprobaciones, algunos de los criterios del proyecto se analizan en el proceso de revisión de la correcta ejecución de la instalación ya que cuando se debe controlar tanto el correcto diseño como la buena ejecución es más operativo hacerlo en una sola vez.

Como ayuda complementaria a la MD se ha preparado el formulario F2 REVISIÓN PROYECTO que incluye una lista de chequeo de los requisitos esenciales e importantes que deberían ser especialmente analizados y que permite reducir los aspectos a verificar.

En los apartados siguientes se establecen los criterios para cumplimentación de datos en la MD procedentes de la documentación del proyecto o de la visita técnica

5.1.1 Datos generales

Fecha	<input type="text"/>	Téc.	<input type="text"/>	Grupo	<input type="text"/>	Nº Expte.	<input type="text"/>
	PROMOTOR		USUARIO		LOCALIZACION		
Nombre	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Direc.	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Localid.	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Tel	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Correo	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Persona	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
	CONSTRUCTOR		INSTALADOR		MANTENEDOR		
Nombre	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Direc.	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Localid.	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Tel	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Correo	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Persona	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		

Figura 1: Formulario 1 – 1.Datos Generales

Los datos generales representan el encabezado de la MD y son datos de identificación del técnico y del proyecto, así como de los intervinientes, promotor y usuario, y la localización de la instalación.

Son datos que pueden ser obtenidos directamente del promotor o usuario o incluso puede ser cumplimentados en un formulario de página web.

5.1.2 Configuración básica

Tipo instalación	<input type="text"/>	Conex. primario con atmósfera	<input type="text"/>
Circulación	<input type="text"/>	Fluido y drenaje del circuito	<input type="text"/>
Intercambiador	<input type="text"/>	Sistema de energía auxiliar	<input type="text"/>
Individ. o colectivo	<input type="text"/>		Calentamiento de piscina <input type="text"/>

Figura 2: Formulario 1 - 2.Configuración básica

Del esquema de principio de la instalación, se debe definir la configuración básica seleccionando las características y criterios de funcionamiento para incorporarlo en la MD (2-CONFIGURACIÓN) analizando el esquema realmente ejecutado.

Aunque parezcan criterios muy evidentes y sencillos, y así debe ser normalmente, en la práctica puede ocurrir que no exista una información clara que lo establezca, y las actuaciones del técnico pueden ser muy diferentes en función de los criterios seleccionados. Esta posible confusión suele surgir en pequeños sistemas domésticos (GTEST-2.3). Pueden destacarse:

- **Tipo instalación:** por defecto una instalación es un sistema a medida, o por elementos, hasta que no se compruebe que es un sistema prefabricado. Para ello es necesario que exista documentación e información del fabricante y revisar que su instalación cumple los requisitos de los manuales. Si no existe documentación o no se cumple el manual no debe tratarse como sistema prefabricado.
- **Circulación:** la existencia y funcionamiento de la bomba circuladora y del control es el criterio fundamental. La posición relativa captador/acumulador no es determinante, aunque, a veces, existen sistemas forzados que pueden funcionar por termosifón sin haberse previsto dicha situación. Esta situación afecta a las temperaturas límites que se pueden alcanzar en el acumulador que no dependen del valor máximo que pueda incorporar el sistema de control. Otras veces los sistemas de circulación natural se ejecutan mal, su funcionamiento es defectuoso y se detecta por temperaturas de trabajo elevadas, lo cual a su vez es un indicador de caudales bajos.
- **Intercambiador:** es evidente cuando existe un intercambiador externo y sus dos circuitos forzados, pero puede no ser fácil la identificación en el caso del intercambiador interno del acumulador. Aunque siempre debe existir la posibilidad de abrir el registro y verificarlo con pruebas de entrada/salida de agua por las diferentes conexiones exteriores. Adicionalmente se debe diferenciar si el intercambiador interno está asociado al circuito primario o al de consumo o si es doble para ambos circuitos.
- **Conexión del primario con atmósfera:** los sistemas que no se pueden presurizar son sistemas abiertos. No debe existir ningún problema en detectar los sistemas abiertos si se accede a la conexión del circuito con la atmósfera, pero no siempre esta conexión es clara. En caso de duda, con precaución intentar presurizar el circuito para ver el punto de salida del agua evitando también no generar presión interior que quizás no sea admisible. Los sistemas abiertos no deben utilizarse ya que son escasamente fiables y en la actualidad están expresamente prohibidos en el RITE por lo que se debe analizar la forma de presurizar el circuito.
- **Fluido y drenaje del circuito:** no deberían existir sistemas de drenaje al exterior ya que no son recomendables. La mayoría de los sistemas deberían ser de circuito lleno salvo los sistemas de drenaje interior que deben estar muy bien documentados y ejecutados. En caso de dudas, la comprobación más sencilla es verificar que con la bomba parada cualquier parte del circuito al exterior no contiene líquido (abrir circuito en la parte inferior de captadores, actuar válvula de seguridad, abrir racor de tubería que lo permita, etc.)

Los tipos de sistema de energía auxiliar se definen en este apartado, pero se analizan con más detalle en el apartado 16 de la MD. Su análisis puede afectar al resto de la instalación, sobre todo, en el caso de los sistemas con la energía auxiliar incorporada en el acumulador solar, en los que habrá que verificar se cumplen los requisitos establecidos y la evaluación de funcionamiento debe hacerse con criterios diferentes a los indicados para los sistemas de energía auxiliar externa al acumulador solar.

Aunque los sistemas con energía auxiliar incorporados en el acumulador solar no se han permitido hasta ahora por la normativa existente, en la actualidad, dicha incorporación es posible siempre que se cumplan los requisitos de la GTEST-6.2 para garantizar que no se disminuya el aprovechamiento solar (volumen de acumulación solar suficiente para absorber toda la energía producida, conexión en la parte alta del acumulador para aprovechar la estratificación, etc.).

Se recogen esquemas de la GTEST para facilitar la identificación del tipo de configuración existente. Selección de los tipos de intercambiadores y acumuladores en instalaciones de circulación forzada:

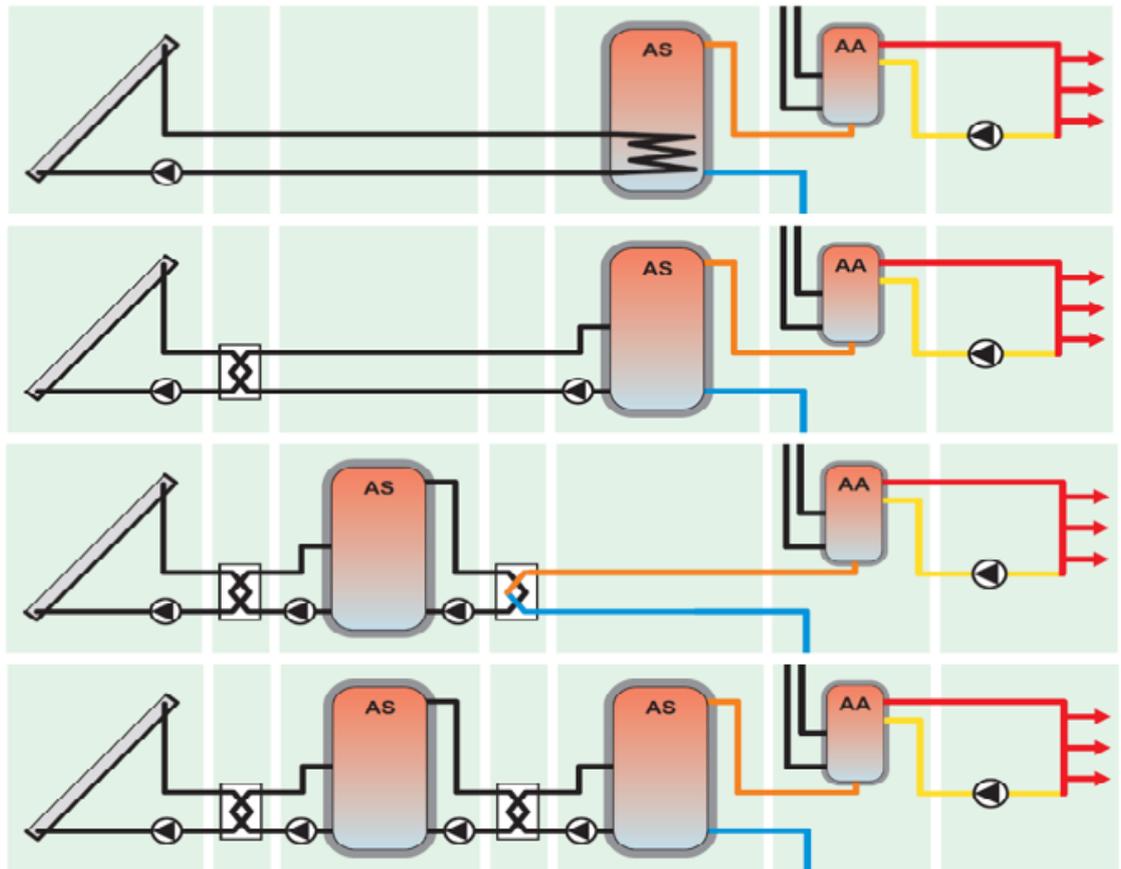


Figura 3: Esquemas tipo de las configuraciones de la GTEST

Instalación individual o colectiva. En el caso de las instalaciones en edificios multivivienda diferenciar si la instalación es colectiva o está constituida por instalaciones individuales y en este caso, se analizarán de forma independiente cada una de ellas.

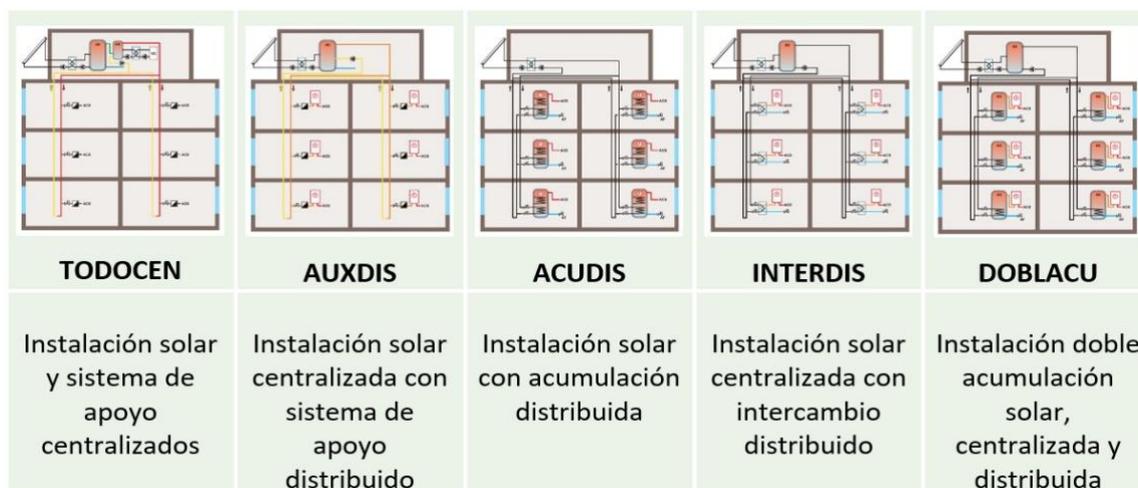


Figura 4: Configuraciones de las instalaciones en edificios multivivienda

Si con la información disponible se puede asignar el esquema de principio de la instalación a alguna de las configuraciones anteriores descritas en la GTEST, se puede pensar que se está utilizando un esquema experimentado y bien conocido cuyo funcionamiento no debe plantear problemas.

En el caso de que la configuración existente, o alguno de los criterios que la definen, no se puedan identificar claramente con los predefinidos, se deberá estudiar con detalle y decidir si dicha configuración se mantiene tal y como está, introduciendo las medidas de vigilancia del correcto funcionamiento que se consideren necesarias y, en ese caso, el esquema existente deberá de plasmarse claramente de manera que pase a formar parte de la documentación de la instalación y sea de utilidad para su futura operación y mantenimiento. En caso de dudas sobre la viabilidad del correcto funcionamiento se puede optar por modificarla para adaptarla a una configuración conocida y solución normalizada.

Deben mantenerse las características esenciales de la configuración para que no se modifique su funcionamiento al definir la forma de acoplamiento de las diferentes partes de la instalación e incorporar el resto de componentes (intercambiador, bombas, válvulas termostáticas, vasos de expansión, etc.) que determinan los esquemas de principio y de funcionamiento que se verán con más detalle en el apartado 18 relativo a esquemas y planos

Calentamiento de piscina. En el caso de que la IST esté destinada al calentamiento del vaso de piscina, se debe verificar por la información disponible del tipo de piscina de que se trata y los criterios normativos que puedan aplicar y que haya que tener en cuenta para su calentamiento:

- Piscina climatizada y cubierta: se establecen condiciones al tratamiento del aire interior y a la recuperación de calor y los sistemas para calentamiento del agua que se deben diseñar para alcanzar, al menos, la contribución renovable mínima establecida.

- Piscina climatizada al aire libre: Para el calentamiento del agua de piscinas al aire libre sólo podrán utilizarse fuentes de energía renovable
- Piscina atemperada al aire libre: no disponen de sistema de energía auxiliar ni control sobre temperaturas de consigna salvo limitación de las temperaturas máximas para protección de las instalaciones. El calentamiento renovable está destinado a aumentar la temperatura para prolongar la temporada de baño

Si se trata de una producción mixta con agua caliente se aplicarán los requisitos de esta guía a la parte de instalación destinada a producción de ACS y los establecidos en GTEST-Capítulo 10 para revisar la instalación de calentamiento de piscina.

5.1.3 Parámetros de uso y climáticos

Uso	<input type="text"/>	Nº unidades uso	<input type="text"/>	Consumo un. (l/d)	<input type="text"/>	Temperatura referencia (°C)	<input type="text"/>
Temperatura de uso (°C)	<input type="text"/>	Temp. distribución (°C)	<input type="text"/>	Temp. preparación (°C)	<input type="text"/>		
Consumo tot. (l/d)	<input type="text"/>	Estacionalidad	<input type="text"/>	Datos climáticos	<input type="text"/>	Datos agua fría	<input type="text"/>

Figura 5: Formulario 1 - 3. Parámetros de uso y climáticos

Se recogen los datos de partida correspondientes a los parámetros de uso (GTEST-7.2) y climáticos (GTEST-7.3) que se hayan utilizado para realizar el cálculo de prestaciones energéticas del proyecto, corresponden a los especificados en el apartado 3 de la MD. En el proceso de revisión se decidirá si es necesario cambiar estos datos de partida para adecuarlos a la situación real conforme se describe posteriormente en el apartado 5.1.5 sobre cálculo de prestaciones. Estos parámetros incluyen la definición de:

- **Uso:** corresponde a la aplicación de agua caliente sanitaria asociado al uso del edificio donde se implanta la instalación. Es la información utilizada para seleccionar los consumos unitarios.
- **Nº unidades uso:** se refiere a la ocupación del edificio traducido a número de personas que utilizan el servicio de ACS
- **Consumo unitario (l/d):** es el consumo por unidad de uso a una temperatura de referencia determinada, según se establece en la normativa vigente que actualmente está recogida en el CTE (anexo F). Debe tenerse en cuenta que, en función del año del proyecto, puede haber algunas diferencias desde que se aprobó la norma UNE94002 utilizada en algunas ordenanzas municipales hasta que se incluyeron los datos de consumo en las primeras versiones del CTE-HE4.
- **Temperatura referencia (°C):** es la temperatura a la que está referido el consumo unitario del punto anterior. Es la temperatura con la que, junto con el consumo, se hace el cálculo de demanda energética
- **Temperatura de uso (°C):** es la temperatura a la que se ha previsto su utilización. Salvo excepciones es un valor comprendido entre 40°C (utilizado, por ejemplo, en duchas de vestuarios) y 50°C (utilizado, por ejemplo, para lavado de enseres de cocina)
- **Temperatura de distribución (°C):** es la temperatura a la que se entrega el agua caliente a la red de distribución. Normalmente debe estar regulada entre 55 y 60 °C.
- **Temperatura de preparación (°C):** corresponde a la consigna del sistema de energía auxiliar

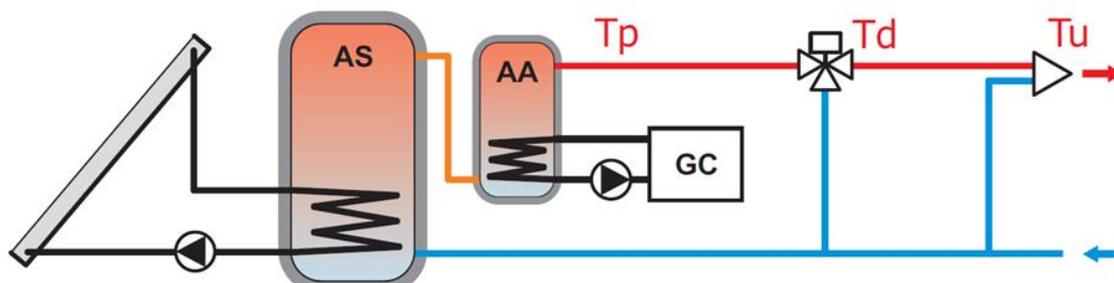


Figura 6: Esquema de las temperaturas de preparación, distribución y uso

Todas estas temperaturas deben ser lo más bajas posibles, siempre que la normativa antilegionela u otras restricciones lo permitan, porque si son elevadas, además de aumentar las pérdidas térmicas, reducen el caudal de consumo a través del sistema solar lo que penaliza su rendimiento y las prestaciones energéticas. Como además tienen que ser compatibles con la demanda y los requisitos sanitarios, hay que tener en cuenta que:

- Si el dimensionado del sistema de energía auxiliar es insuficiente, el usuario tiende a aumentar las temperaturas de preparación lo que puede afectar de forma significativa al aporte solar.
 - Si se deben adoptar medidas para prevención de la legionelosis, los materiales y equipos de los acumuladores y de los circuitos de agua caliente sanitaria deben estar diseñados para que se pueda realizar el tratamiento de choque térmico a 70°C. En estos casos se debe impedir, utilizando la válvula termostática correspondiente, que esa temperatura pueda llegar a los puntos de consumo a través del sistema de distribución, cuyo tratamiento térmico es a 50°C
- **Consumo total (I/d):** es el resultado de los datos anteriormente seleccionados.
 - **Estacionalidad:** en determinados casos se pueden dimensionar las instalaciones con variación estacional de la ocupación y del consumo para lo que se pueden utilizar datos conocidos del edificio o, en su defecto, datos estadísticos de usos similares situados en zonas próximas como los que se indican en la GTEST-7.2.3.

En relación con los parámetros climáticos (GTEST-7.3) se incluyen las siguientes referencias:

- **Datos climáticos:** aportar las referencias de la base de datos que se utiliza que normalmente estará asociado al método de cálculo de prestaciones energéticas.
- **Datos agua fría:** los datos de temperatura normalmente utilizados, salvo que se disponga de otra información y se justifique, son los que se incluyen en el anejo G del RD732/2019 que corresponden a los de la norma UNE94002 y que incluye un factor de corrección en función de la altitud del lugar de la instalación.

Es importante resaltar que en la revisión se trata de contrastar con datos reales, los datos de partida y de dimensionado básico de la instalación cuando se proyectó incluyendo número de viviendas, dormitorios o personas, localización geográfica del edificio para confirmar datos climáticos, configuración de la instalación y estimación de trazados y longitudes de circuitos así como las temperaturas de impulsión y retorno del circuito de distribución para estimar las pérdidas térmicas

de los circuitos lo que permitirá comparar el dimensionado y prestaciones de la instalación existente con la solución de rehabilitación.

Como ya se ha mencionado anteriormente, es importante conocer la disponibilidad de datos de consumo, temperatura de agua fría, temperaturas de uso, preparación, etc. reales dado que se trata de una instalación que ha estado en funcionamiento e incluso a veces la normativa obliga a tener dispositivos de medida. Por lo tanto, es necesario saber si las instalaciones tienen contador de agua y/o de energía y si tienen registros de datos de consumo o de aporte solar. En caso de que existan equipos, pero no registros se deben anotar las medidas desde el primer momento. Asimismo, se recabará cualquier información que se pueda asociar al cálculo de prestaciones (ocupantes reales, variación estacional, consumos de agua fría, etc.). Siempre que sea posible, se deben determinar con la mejor aproximación los consumos reales de agua caliente y/o de energía que podrán encontrarse:

- En el caso de instalaciones centralizadas de ACS, por la medida del contador general de agua fría que abastece al consumo de agua caliente.
- En instalaciones que solamente disponen de contadores de agua fría donde no sea posible diferenciar el caudal que abastece al ACS del agua fría de consumo, se puede estimar el consumo de agua caliente como una fracción, entre el 20 y el 40% del consumo total de agua.
- En las instalaciones en las que se conozca el gasto de energía para agua caliente y calefacción (a través de la facturación), se podrá analizar y estimar durante la temporada sin calefacción el consumo de agua caliente transformando los consumos de energía en volumen de agua consumido considerando el rendimiento medio estacional de la instalación (que puede ser estimado) o deduciendo las pérdidas térmicas del consumo de energía y considerando el rendimiento medio estacional del generador de calor

La necesidad de conocer las prestaciones más próximas a la situación real es el factor fundamental de este apartado y por eso, los datos reales deben de prevalecer sobre los que inicialmente fueran adoptados en el cálculo, como consumos de agua caliente, nivel de pérdidas térmicas, temperaturas de utilización, distribución, agua fría, etc. así como los consumos reales de los sistemas de energía auxiliar o de energía eléctrica para funcionamiento de la instalación.

La comprobación final debe permitir que el técnico pueda comparar los datos de partida y los resultados de prestaciones con los datos reales que permitan recalcular las prestaciones que podrán esperarse tras la rehabilitación.

5.1.4 Parámetros de dimensionado básico

Nº Homol.	Coef a0	Coef a1	Coef a2		Tipo	Marca	Modelo	Núm. (u)	Unitario	Total
				A. captación (m ²)						
	l/h.m ²	V/A l/m ²		V. acumulación (l.)						
	Caudales y datos circuitos			Orientac.		Inclinac.		Pérdidas sombras		CC1-%

Figura 7: Formulario 1 - 4. Parámetros de dimensionado básico

Los parámetros funcionales de dimensionado básico definen las características principales de la instalación; su detalle y nivel de definición depende del método de cálculo de prestaciones energéticas que se vaya a emplear. Los indicados son los datos mínimos imprescindibles para realizar un cálculo simplificado:

- **Nº Homologación del captador solar.** Es necesario saber si el captador solar estuvo certificado ya que sus parámetros de funcionamiento tienen que ser los que corresponden al ensayo correspondiente. Aunque el captador esté descatalogado o incluso si el fabricante no mantiene la actividad, siempre quedará constancia de estos datos en el BOE si fue homologado en su momento. En cualquier caso, se debe contrastar esa información con los parámetros utilizados en el proyecto. La certificación supone la realización de ensayos de laboratorio que determinan el rendimiento calculado y resistencia de los captadores a determinadas situaciones siguiendo normas específicas.
- **Coefficientes a0, a1 y a2.** Son los coeficientes de la curva de rendimiento del captador solar y deben proceder de los resultados del ensayo utilizados para su certificación. El dato de l/h.m² corresponde al caudal utilizado en el ensayo que en algunos métodos de cálculo se utiliza como dato de caudal del circuito primario para la determinación de las prestaciones de la instalación.
- **Área de captación A (m²).** Es el parámetro fundamental del dimensionado básico de una IST y para su definición se utilizan los datos incluidos (**Tipo, Marca, Modelo, Número de unidad, Área unitaria y Área total**). Si ocurre que hay captadores solares de diferentes características se deberá analizar con más detalle la instalación y el técnico deberá justificar los parámetros adoptados y la solución de instalación (agrupando los modelos iguales, ajustando los caudales a los rendimientos, etc.).
- **Volumen de acumulación V (litros).** Es el segundo parámetro más importante del dimensionado básico de una IST y para su definición se utilizan los datos referidos a los acumuladores solares existentes. (**Tipo, Marca, Modelo, Número de unidad, Área unitario y Área total**). En el caso de que existan depósitos de diferentes características se analizará su mejor integración para que afecte lo menos posible al rendimiento de la instalación.
- **Relación V/A (l/m²).** La relación volumen de acumulación/área de captación es un dato característico de la instalación solar su valor de referencia es 75 (GTEST-6.2.1). Conociendo la dependencia del rendimiento global con la relación V/A, este valor nunca debería ser inferior a

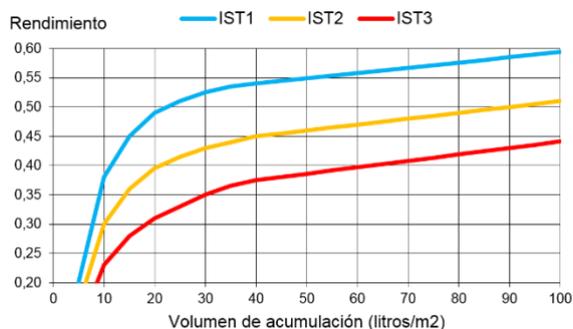


Figura 8: Variación del rendimiento de instalaciones con el volumen de acumulación

60 aunque en algunos casos se pueden admitir valores inferiores (hasta 40) realizando estudios específicos con los perfiles de consumo. Por otro lado, con valores superiores a 120, el aumento del rendimiento es muy pequeño pudiendo incluso ser inferior si no se controlan las pérdidas térmicas de la acumulación.

Se debe indicar si se han incluido los parámetros relacionados con el dimensionado de circuitos que afectan al cálculo de prestaciones:

- **Caudales y características de los circuitos.** Los datos fundamentales que pueden afectar al rendimiento de la instalación y que deben adoptarse en el cálculo de prestaciones están relacionados con las características de los circuitos (caudales), de las tuberías (diámetro, materiales, etc.), aislamiento (espesor y estado) y sus pérdidas térmicas. Para su diseño se parte, por un lado, del caudal del circuito primario (GTEST-6.1.2.2) que permite definir los caudales de los restantes circuitos internos (carga, descarga y secundario) y, por otro, de los caudales de los circuitos de consumo, distribución y recirculación.

Asimismo, se deben definir los valores de los parámetros de diseño del sistema de captación, como son la orientación, la inclinación y las pérdidas por sombra que afectan a la radiación solar incidente para el cálculo de prestaciones. Consultar GTEST-5.2.2 y 5.2.3 para pequeñas instalaciones y GTEST-5.3.2 y 5.3.3 para grandes instalaciones:

- **Orientación** del captador. Se verificarán los planos de emplazamiento y de localización con comprobaciones seguras de la orientación de la urbanización y del edificio. Descartar el uso de brújula cuyo funcionamiento puede estar afectada por construcciones metálicas o cables eléctricos.
- **Inclinación** del captador. Se debe medir el ángulo de inclinación de la superficie de captación en relación con la horizontal con los medios adecuados (sea inclinómetro o medidas trianguladas). En este caso, se admiten márgenes de 15º sobre la inclinación óptima que deberá definirse en base al perfil de consumo anual constante, estival o invernal.
- **Pérdidas por sombras.** Se deberán comprobar los obstáculos frontales y laterales que puedan producir sombras. En base a la documentación gráfica y fotográfica disponible se podrán justificar si se han adoptado las medidas necesarias en función del procedimiento de cálculo de pérdidas por sombra.

El objeto del estudio es verificar si se han tenido en cuenta las sombras y en caso de existir, como pueden estas, de existir, afectar al rendimiento esperado. Se considerará que no hay reducción por sombras en el cálculo de prestaciones energéticas cuando se cumplen los requisitos geométricos y de sombras en el solsticio de invierno (es decir que ningún obstáculo cuando el sol se encuentre en el momento de alcanzar su máxima altura al mediodía solar no proyecta sombras sobre los captadores solares), o si se calculan pérdidas por sombras de la radiación solar incidente inferiores al 10%.

Cuando sea necesario, incluir el estudio y cálculo de pérdidas por sombra como anexo en un documento de cálculo complementario CC1 que justifique los resultados obtenidos.

5.1.5 Resultados de prestaciones energéticas

	Método de cálculo usado <input type="text" value="CC2"/>		Aporte solar (kWh/m2) <input type="text"/>					Rendimiento anual (%) <input type="text"/>			
	ND	TAF	RAD	TAM	OCU	CMED	DE	PT	CE	AS	FS
	días	°C	MJ/m2.d	°C	%	l/d	kWh	kWh	kWh	kWh	%
ENE											
FEB											
MAR											
ABR											
MAY											
JUN											
JUL											
AGO											
SEP											
OCT											
NOV											
DIC											
MED/TOT											

Figura 9: Formulario 1 - 5. Resultados de prestaciones energéticas

Para presentar los resultados del cálculo de las prestaciones energéticas se podrá utilizar la estructura del apartado 5 de la MD. Con los parámetros de uso, climáticos y funcionales identificados anteriormente se debe determinar, en unos casos de forma aproximada, y en otros con la mayor precisión posible, si el dimensionado básico y el diseño de la instalación es adecuado, así como conocer las prestaciones energéticas actuales y poder estimar las previsibles prestaciones tras la rehabilitación.

Los cálculos aproximados permitirán estimar los órdenes de magnitud de la intervención ya que es un primer factor indicativo acerca de si el tamaño de la instalación existente es adecuado o insuficiente y una estimación del nivel de intervención que requiere. Los cálculos precisos permitirán establecer los compromisos de prestaciones en las condiciones finales de la rehabilitación.

Los cálculos que se realicen deben reflejar los datos de partida que se utilicen que incluirán:

- Esquema de principio y datos principales de circuitos y sistemas
- Método de cálculo utilizado
- Parámetros climáticos
- Parámetros de uso
- Parámetros funcionales de la instalación que intervienen en el cálculo

Es importante saber que el esquema de principio de la instalación, así como los datos principales de circuitos y sistemas, afectan al cálculo de las prestaciones energéticas por lo que toda la información relacionada debe quedar recogida tanto para la instalación existente como para la solución propuesta. Se dejará constancia del método de cálculo empleado en la documentación existente y del método que emplee el técnico especialista en realizar los cálculos de prestaciones. A esos efectos, consultar los métodos de cálculo utilizables en GTEST-7.2. Como métodos simplificados se admiten el f-Chart (GTEST-7.5) utilizándolo junto con la herramienta de cálculo de

pérdidas térmicas (GTEST-7.6) cuando sea necesaria y teniendo en cuenta sus limitaciones en cuanto a su uso, y el CHEQ4² que se describe en GTEST-7.7.

Los datos que se recogen en la tabla corresponden a:

- Método de cálculo usado y a los valores de referencia que son el aporte solar (kWh/m²) y rendimiento anual (%). No se considera se deban imponer limitaciones a estos valores y el técnico deberá evaluar los resultados que obtiene.
- Para cada uno de los meses del año se indican los siguientes datos y resultados del cálculo:

ND	días	Número de días del mes
TAF	°C	Temperatura de agua fría
RAD	MJ/m ² .d	Radiación solar global incidente media diaria
TAM	°C	Temperatura de aire ambiente
OCU	%	Ocupación media mensual
CMED	l/d	Consumo medio diario de agua caliente
DE	kWh	Demanda de energía mensual
PT	kWh	Pérdidas térmicas asociadas a la demanda
CE	kWh	Consumo de energía total mensual
AS	kWh	Aporte solar térmico mensual
FS	%	Fracción solar

También se indican los valores medios, o los totales anuales para los datos energéticos, de los datos indicados. Se debe entender la FS como la parte de consumo de energía (CE) cubierto con aporte solar (AS) ya que en algunas ocasiones se denomina FS al aporte solar sobre la demanda neta. Por tanto, el cálculo del consumo de energía siempre debe incluir todas las pérdidas térmicas asociadas a la demanda (GTEST-7.1.).

Los cálculos deben realizarse en base a los datos de radiación global sobre una superficie con la orientación e inclinación definida y suponiendo que no hay reducción por sombras si se cumplen los requisitos establecidos (GTEST-5.2.3). Cuando no se cumplan dichos requisitos, se calcularán las pérdidas por sombras mes a mes. No se considera necesario calcular las pérdidas por orientación, inclinación y sombras que antiguamente requería el CTE-HE4 ya que no serían de aplicación en el momento actual si se utilizan valores normalizados de orientación e inclinación.

En cualquier caso y cuando se disponga de la información necesaria, el proceso de cálculo de prestaciones se dividirá en 3 fases:

- A. Se organizará toda la información de diseño y los cálculos disponibles de la instalación existente para que sirva de referencia del dimensionado y las prestaciones de partida.
- B. Con su propia herramienta de cálculo, el técnico especialista determinará las prestaciones energéticas de la instalación existente para comparar con los datos y resultados anteriores que le permitirá hacer una primera evaluación de las condiciones de partida obtenidas en la fase 1.
- C. Con la misma herramienta, evaluará las prestaciones energéticas del dimensionado final propuesto que podrá ser el existente, si se considera correcto, u otro diferente que tendrá que recoger todas las modificaciones que se incluyan en el proyecto de rehabilitación.

² <https://cheq4.idae.es/posts/view/7>

Este apartado, por tanto, debe recoger como mínimo las prestaciones energéticas previstas para la instalación existente procedente de la información disponible, la procedente de los datos realmente comprobados y utilizados con la herramienta de cálculo del técnico especialista y, por último, con la misma herramienta de cálculo y con los datos que proponga en la rehabilitación. Se reflejarán las discrepancias en los datos y en los resultados.

Cálculo	1	2	3
Instalación	Actual – Existente		Propuesta
Método de cálculo			
A captadores (m2)			
V acumulación (l)			
Consumo de agua caliente			
Demanda de energía			
Pérdidas térmicas			
Consumo total de energía total			
Aporte solar			
Fracción solar			

Cálculo	4	5	6
Instalación	Propuesta		
Consumo de agua caliente	Nominal	Nominal + 50%	Nominal -50%
Consumo total de energía total			
Aporte solar			
Fracción solar			

Figura 10: Cuadro de resultados de los cálculos de prestaciones energéticas que se deben realizar

A modo de resumen, en el informe final se podrá incluir una comparación de los datos principales en los diversos cálculos realizados que habrá que adaptar en cada caso particular, pero podría ser del tipo indicado en la Figura 10.

Adicionalmente, además de detallar en los cálculos los datos constructivos de la instalación existente y dado que el edificio ya ha sido ocupado y sus instalaciones utilizadas, como mejor información para el usuario se deberán calcular las prestaciones energéticas de la instalación propuesta utilizando los datos de ocupación y de consumos más reales posibles de agua caliente de los que se dispongan que pasará a denominarse consumo nominal.

El cálculo de las prestaciones energéticas del informe final se completará con los cálculos realizados con los valores medidos de los consumos si existiera dicha información, así como para valores de consumo un 50% inferior y un 50% mayor que el consumo que se adopte como nominal.

5.1.6 Condiciones de trabajo

		Circuito	PRI	CAR	DES	SEC	CON	DIS	REC
Temp. estancamiento (°C)		TMAX							
Temp. máx. acumulación (°C)		TMIN							
Temp. máx. apoyo (°C)		TNOM							
Temp mín hist ext (°C)		PMAX							
Temp mín interior (°C)		PMIN							
Posición expansión (S/I)		PEST							
Diferencia de alturas (m)		PNOM							
Presión tarado VS (bar)									
Protección quemaduras	A usuario < 60°C		Evacuación fluidos			Superficies > 80°C			
Protección alta temperatura	Si se forma vapor		No se forma vapor			Drenaje automat.			
Reducción alta temperatura	Disipa. dinámico		Disipa. estático			Otros			
Protección heladas ELE/MED	Mezcla anticong.		Drenaje automat.			Circula primario			
Protección altas presiones	Diseño expansión		Mat. plásticos			Otros			
Protección bajas presiones	Diseño expansión		Purga automática			Otros			
Flujo inverso	Circuito primario		Conex. depósitos			Entrada agua fría			

Figura 11: Formulario 1 - 6. Condiciones de trabajo

En este apartado, el técnico especialista deberá establecer las condiciones de trabajo (temperaturas y presiones) de referencia que son específicas de la instalación y los valores máximos, mínimos y nominales en los diferentes circuitos. Deben definirse según se establece en los apartados indicados de la GTEST:

- **Temperatura de estancamiento** (GTEST-3.1.4.3): temperatura máxima que se puede alcanzar en el captador solar y puede ser obtenida del ensayo del captador para las condiciones que en el mismo se establecen
- **Temperatura máxima de acumulación** (GTEST-3.2.1): temperatura límite del acumulador definida por el tipo sea de inercia (por razones constructivas) o de ACS (por tipo de tratamiento interior) e implantada en el sistema de control (GTEST-6.7.2.1) de la instalación.
- **Temperatura máxima apoyo** (GTEST-5.4.2 para sistemas individuales y 5.5.3. para sistemas centralizados): temperatura máxima de preparación de ACS en el sistema energía auxiliar.
- **Temperatura mínima histórica exterior** (GTEST-4.1.3): temperatura mínima registrada durante un periodo de 20 años y adoptada para protección de las partes al exterior de la instalación
- **Temperatura mínima histórica interior** (GTEST-4.1.3): temperatura mínima alcanzable para los circuitos en el interior de la construcción si se tiene certeza de que no se alcanzarán temperaturas inferiores.
- **Posición de la expansión** (GTEST-4.6.3-figura 33): en relación con el desarrollo vertical de la instalación definir si se instala en la parte superior, inferior o intermedia
- **Diferencia de alturas** (GTEST-4.6.3): diferencia de altura en el circuito entre las partes más alta y más baja de la instalación, así como la posición del sistema de expansión para definir las presiones máximas y mínimas aplicables a su cálculo.
- **Presión de tarado VS** (GTEST-4.6.3.3): presión de tarado de la válvula de seguridad del circuito primario de la instalación.

Para definir las condiciones de trabajo en los diferentes circuitos, en el siguiente esquema están definidos los 7 circuitos para el caso de la IST más compleja:

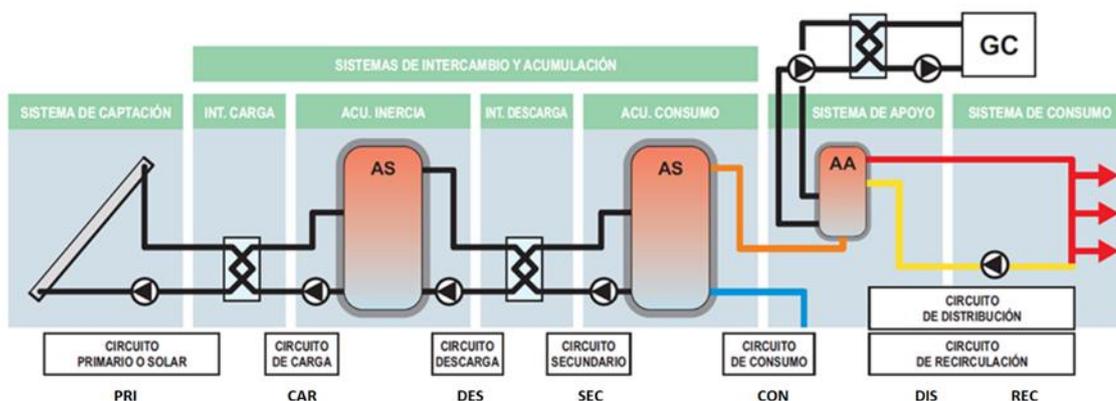


Figura 12: Esquema general de una instalación solar térmica

Para cada circuito, denominados de forma abreviada PRI, CAR, DES, SEC, CON, DIS, REC en la MD, se deben establecer los datos correspondientes a

- **TMAX** (GTEST-4.1.2): temperatura máxima definida en el primario a partir de la temperatura de estancamiento del captador y en el resto de circuitos en función del sistema de transferencia de calor, los diseños de los circuitos, la valvulería asociada y las estrategias del sistema de control.
- **TMIN** (GTEST-4.1.3): temperatura mínima de cada uno de los circuitos definida a partir de la temperatura ambiente mínima histórica, exterior o interior, en función de por dónde discurran los trazados de todos los circuitos.
- **TNOM** (GTEST-4.1.1): las temperaturas nominales de cada uno de los circuitos representativas de las temperaturas medias y se utilizarán para calcular la potencia de intercambio entre circuitos, el rendimiento de la instalación y las pérdidas térmicas.
- **PMAX** (GTEST-4.2.2): la presión máxima de trabajo de cada circuito es el valor máximo que puede alcanzarse durante cualquiera de las condiciones de funcionamiento normal o accidental y será siempre inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad.
- **PMIN** (GTEST-4.2.3): la presión mínima de cada circuito es el valor mínimo que se puede alcanzar durante cualquiera de las condiciones de funcionamiento y debe ser siempre superior a la presión atmosférica para evitar que entre aire en el circuito.
- **PEST** (GTEST-4.1.3): la diferencia de altura entre las partes alta y baja de cada circuito, introduce una presión estática que supone un incremento de presión en la parte inferior a considerar para seleccionar componentes ubicados en esa parte del circuito.
- **PNOM** (GTEST-4.2.1): la presión nominal de cada uno de los circuitos es la presión de trabajo admisible a la que pueden trabajar sin que se reduzca la vida útil y corresponde a la presión que selecciona el proyectista para su funcionamiento que debe ser siempre inferior o igual a la menor presión nominal de los componentes y materiales.

El técnico deberá contrastar los datos de las condiciones de trabajo que se hayan definido en la documentación de proyecto confirmándolos con los de la visita a la instalación. Aunque sin carácter limitativo, las principales discrepancias entre datos de la documentación y de la inspección in situ pueden ser:

- La definición de temperaturas máximas si existen valores superiores en el rango de regulación de los elementos de control existentes (termostatos de acumulación y de apoyo).
- En relación con las presiones, determinando la altura real de captadores, acumuladores y resto de circuitos hidráulicos, especialmente la diferencia de altura del sistema de expansión y de la válvula de seguridad con respecto al punto más elevado y más bajo del circuito de la instalación solar.
- Confirmar las temperaturas de los circuitos verificando la configuración del circuito primario y analizando la posible producción de vapor y la circulación de éste.

Estos datos de temperaturas y presiones de trabajo deberán utilizarse para verificar que son soportadas por todos los elementos de la instalación conforme a lo establecido en el apartado 17 de la MD correspondiente a especificaciones de componentes.

Por otro lado, la descripción y detección de posibles problemas de los sistemas de protección a usuarios e instalación de los diferentes riesgos térmicos que se indican se revisarán en la visita para comprobar la correcta ejecución y se describen en el apartado 5.2.2. Asimismo, los problemas relacionados con el flujo inverso también se analizan en revisión de la ejecución y aquí se describen en el apartado 5.2.4.

5.1.7 Fluido de trabajo

Fluido en circuito primario	Mezcla anticongelante	<input type="text"/>	Agua	<input type="text"/>	Otros	<input type="text"/>
Características del agua	Calidad	<input type="text"/>	Dureza	<input type="text"/>	Otros	<input type="text"/>
Anticongelante	Tipo/Marca anticongelante	<input type="text"/>	Proporción mezcla	<input type="text"/>	Control proporción	<input type="text"/>

Figura 13: Formulario 1 - 7. Fluido de trabajo

Los datos de **7 - FLUIDO DE TRABAJO** corresponden a:

- **Fluido en circuito primario** (GTEST-4.4). Indicar si se trata de una mezcla anticongelante o de agua de la red u otro fluido (agua de pozo, liquido solar sin mezclar, etc.)
- **Características del agua** (GTEST-4.4.1). Definir los datos que se dispongan del agua de red como calidad, dureza y cualquier otra información relevante.
- **Anticongelante** (GTEST-4.4.2). Indicar tipo y marca de anticongelante, concentración que se utiliza en la mezcla y forma de controlar la proporción.

El técnico deberá contrastar las características de los fluidos que se hayan definido en la documentación de proyecto confirmándolos con los de la visita a la instalación. Aunque sin carácter limitativo, los principales problemas que pueden surgir en relación con los fluidos de trabajo son:

- La utilización de anticongelantes no autorizados, como el etilenglicol.
- Las temperaturas máximas que puede soportar el fluido anticongelante
- La calidad del agua y, sobre todo, su dureza
- La proporción de la mezcla asociada a la temperatura mínima que deba soportar
- El sistema de llenado y el de control de proporciones de la mezcla
- La degradación de la mezcla y la elevada acidez hay que controlarla, respectivamente, mediante un refractómetro y un medidor de pH sobre una muestra del fluido

5.1.8 Sistema de captación

Conex. paralelo (1) o serie (2,3,...)		Número de captadores por batería	
Caudal total circuito primario (l/h)		Número de baterías por grupo	
Caudal específico instalación (l/h.m2)		Número de grupos de baterías de captadores	
Caudal específico captador (l/h.m2)		Previsión válvulas por grupo: corte y seguridad	
Solución y control equilibrado		Todas las baterías y grupos son iguales	

Figura 14: Formulario 1 - 8. Sistema de captación

Se definirán las características técnicas indicadas del sistema de captación que incluye:

- **Conexiones en paralelo (1) o en serie (2, 3, ...).** Tipo de conexionado (GTEST- 6.1.1.) si es paralelo se indica 1 y si es conexión en serie se indica el número de captadores o baterías de captadores conectados en serie.
- **Caudal total circuito primario (l/h):** Caudal total definido por el proyectista (GTEST- 6.1.2.) en base a los criterios de diseño para minimizar las pérdidas de carga y las pérdidas térmicas del circuito encontrando un balance adecuado entre el caudal seleccionado y un diámetro no excesivo en las tuberías a utilizar. Se recomienda utilizar valores redondeados por captador o por batería para simplificar el proceso de cálculo. Por ejemplo, para un captador de 1,9 m2 en lugar de adoptar el valor de 950 l/h.cap se podría estudiar un valor de 1.000 l/h.cap lo que facilita el cálculo del caudal de una batería y el acumulado por circuitos, pero sobre todo evita errores y se tiene el orden de magnitud de los resultados. La pequeña diferencia en el caudal específico no afecta para nada al rendimiento.
- **Caudal específico de la instalación (l/h.m2):** Es el resultado del caudal total dividido por superficie de captación total en m2. Salvo excepciones, se verificará que resultan caudales específicos entre 40 y 60 l/h.m2
- **Caudal específico por captador (l/h.m2):** Resulta de multiplicar el caudal específico por el tipo de conexionado de forma que es el caudal que atraviesa realmente un captador y que debe ser contrastado está en el rango de valores permitido por el fabricante y comparado con el caudal de ensayo para evitar grandes desviaciones que hagan necesario modificar los parámetros de rendimiento. Asimismo, se debe controlar el aumento de la pérdida de carga.
- **Solución y control del equilibrado (GTEST- 6.1.2.3).** Definir las soluciones adoptadas para garantizar el equilibrado (mismo número de captadores por batería, ida o retorno invertido, válvulas de equilibrado indicando el tipo) y de controlar el equilibrado (medidas de caudal o medidas de temperaturas de salida por batería, etc.).
- **Número de captadores por batería.** (GTEST- 6.1.1) Todas las baterías deberían tener el mismo número de captadores y estar conectados de la misma forma y cumpliendo las especificaciones del fabricante (número máximo, forma de conexión y caudales). Si no puede ser así habría que, acudiendo a la experiencia del técnico, estudiar los circuitos con más detalle

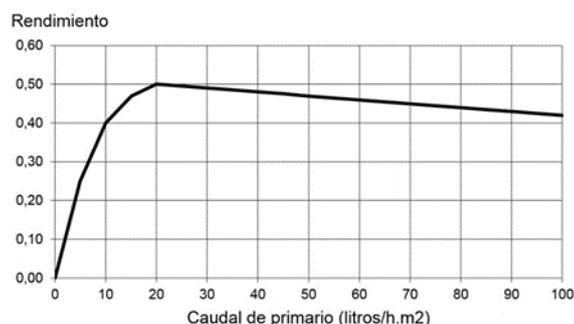


Figura 15: Variación del rendimiento de una instalación solar con el caudal del circuito primario

- **Número de baterías por grupo.** (GTEST- 6.1.1) Todos los grupos deberían tener el mismo número de baterías y conectadas de la misma forma.
- **Número de grupos de baterías de captadores.** (GTEST- 6.1.1) Con el número de grupos y el trazado hidráulico del primario se debe definir el plan de sectorización de la instalación.
- **Previsión válvulas por grupo: corte, vaciado y seguridad.** (GTEST- 6.1.1) Se deben registrar las medidas de corte y protección del grupo cuando queden aislado del resto del circuito. A esos efectos se deberían evitar válvulas de seguridad con escape libre y sin posibilidad de controlar fugas que introducen un riesgo adicional para la estanqueidad del circuito por las posibles pérdidas de fluido. Para ello se deberían incorporar válvulas de corte que inutilicen las válvulas de seguridad cuando no estén operativas y promover escapes visibles y conducidos para detectar las fugas y prever la canalización de los escapes de fluido a altas temperaturas. Asimismo, se debe prever el vaciado de dichos grupos para poder recuperar el fluido y poder efectuar reparaciones.

5.1.9 Sistema de acumulación

Cen o Dis	<input type="text"/>	Tipo circ.	<input type="text"/>	Ubicac.	<input type="text"/>	Interc. incorp.	<input type="text"/>	Apoyo incorp.	<input type="text"/>
Número depósitos (uds.)	<input type="text"/>	Vol. Unit	<input type="text"/>	Volumen total (l.)	<input type="text"/>	Disposición	<input type="text"/>		
Conexionado de varios depósitos	<input type="text"/>			Serie con baipas	<input type="text"/>	Paralelo equil.	<input type="text"/>		
Tipo y material aislamiento depósito	<input type="text"/>			Espesor aislamiento depósito (mm.)	<input type="text"/>				
K aislamiento (W/m.K)	<input type="text"/>			Protección exterior aislamiento	<input type="text"/>				

Figura 16: Formulario 1 - 9. Sistema de acumulación

Las características técnicas indicadas del sistema de acumulación se podrán extraer de la documentación, pero deberán verificarse en la visita. Incluye:

- **Centralizada o Distribuida (CEN/DIS)**
- **Tipo de circuito** de inercia o consumo (INE/CON). El tipo de circuito define la compatibilidad con el fluido que contiene y las protecciones anticorrosión que deban utilizarse.
- **Ubicación** en el interior del edificio o exterior (INT/EXT). Hay que diferenciar el ambiente exterior que siempre afecta a las pérdidas térmicas y la exposición a agentes exteriores (lluvia, radiación, etc.) que también afecta a la durabilidad.
- **Intercambiador incorporado (SI/NO)**. Es necesario definir si el intercambiador está asociado al circuito de calentamiento o al de consumo. Y comprobar en la visita que el volumen completo es operativo o se debe reducir cuando, por ejemplo, la parte inferior del intercambiador de calentamiento no llega hasta el fondo o la parte superior del intercambiador de consumo no llega hasta la parte superior del depósito.
- **Apoyo incorporado (SI/NO)**. Analizar forma de incorporación y cumplimiento de los requisitos de funcionamiento que se establecen en GTEST-6.2.4
- **Número de depósitos (Uds.)**
- **Volumen unitario (l.)**
- **Volumen total (l.)**
- **Disposición** horizontal o vertical (HOR/VER)

Si son varios depósitos:

- **Conexión de varios depósitos** (SERIE/PARALELO)
- **Serie con baipás** (SI/NO). La disponibilidad de un baipás en la conexión en serie no es imprescindible, pero eleva calidad de sistema porque permite aislar cada uno de los depósitos y mantener el resto de la instalación en funcionamiento.
- **Paralelo equilibrado** (SI/NO). El conexionado en paralelo requiere que se utilice el equilibrado tanto en el circuito de calentamiento como en el de consumo y para mantenerlo en el tiempo

Características del aislamiento:

- **Tipo y material aislamiento depósito**
- **Espesor aislamiento depósito** (mm.)
- **K aislamiento** (W/m.K)
- **Protección exterior aislamiento.** Evitar al exterior las protecciones de material plástico o de pinturas que requieren repintado anual dada su escasa duración

El técnico deberá validar el sistema de acumulación revisando los siguientes puntos:

- Material del depósito y su protección interior (acero vitrificado, acero inoxidable, etc.)
- Temperatura y presión máxima que soporta
- Tipo de protección catódica
- Disponibilidad de boca de hombre o tapa de registro
- Dimensiones y accesibilidad al interior
- Posibilidades de reparación y de sustitución
- Comprobación de accesorios hidráulicos disponibles: válvulas de seguridad, de retención en la alimentación, de corte entrada/salida, sistemas de purga y de vaciado, termómetros, etc.

5.1.10 Sistema de intercambio

Tipo intercambiador interno		Área útil interc. interno (m2)		Área útil específica (m2/m2)	
Tipo intercambiador externo			Carga	Descarga	Consumo
		Marca, modelo y tamaño			
Capacidad de intercambiador (kW) y potencia unitaria (W/m2)		CC3			
Temperatura de entrada, salida y salto primario (°C)					
Calor específico (J/kg·K) y densidad primario (kg/l)					
Capacidad calorífica (W/K) y caudal primario (l/h)					
Pérdida de carga primario (mbar)					
Temperatura de entrada, salida y salto secundario (°C)					
Calor específico (J/kg·K) y densidad secundario (kg/l)					
Capacidad calorífica (W/K) y caudal secundario (l/h)					
Pérdida de carga secundario (mbar)					
Efectividad del intercambiador					
Material en contacto con el ACS					
Tipo y espesor de aislamiento					

Figura 17: Formulario 1 - 10. Sistema de intercambio

Se definirán las características técnicas indicadas del sistema de intercambio que incluye:

- **Tipo de intercambiador interno:** puede ser de doble envolvente, de serpentín de haz de tubos u otros tipos. También se debería identificar el material (acero negro, inoxidable, cobre, etc.)
- **Área útil de intercambio interno** (m²). Es el dato de dimensionado más importante y normalmente está especificado en la ficha técnica. También es importante su colocación en la altura del depósito
- **Área útil específica** (m²/m²). Para los intercambiadores de calentamiento está definido el requisito de que la relación entre superficie útil de intercambio que es la situada en la mitad inferior de la altura del acumulador el área útil de intercambio y el área de captadores no debe ser inferior a 0,2. Este factor no se debe aplicar a intercambiadores de consumo que deben calcularse con más detalle y en base a los parámetros de potencia nominal, caudal de diseño y salto de temperatura (GTEST-6.3.2)

Y si es intercambiador externo para cada uno de los intercambiadores (carga, descarga y consumo) que puede haber en una IST, se definirán:

- **Tipo de intercambiador externo:** normalmente son de placas, desmontables o electrosoldadas, con diversos tipos de juntas, de diversos tipos de material (inoxidable, titanio, cobre, etc.). Algunas raras veces pueden ser de otro tipo: carcasa y tubos, de
- **Marca, modelo y tamaño**
- **Potencia de intercambiador** (kW) y **potencia unitaria** (W/m²). Límite inferior de la potencia unitaria
- **Temperatura de entrada, salida y salto primario** (°C). Datos obligatorios como requisitos de dimensionado
- **Calor específico** (J/kg·K) y **densidad del primario** (kg/l)
- **Capacidad calorífica** (W/K) y **caudal primario** (l/h). Utilizar la misma capacidad calorífica o el mismo caudal
- **Pérdida de carga primario** (kPa). Debe estar limitada ver kPa o mbar
- **Temperatura de entrada, salida y salto del secundario** (°C). Datos obligatorios como requisitos de dimensionado
- **Calor específico** (J/kg·K) y **densidad del secundario** (kg/l)
- **Capacidad calorífica** (W/K) y **caudal secundario** (l/h) Utilizar la misma capacidad calorífica o el mismo caudal
- **Pérdida de carga secundario** (kPa)
- **Efectividad del intercambiador**
- **Material en contacto con el ACS**
- **Tipo y espesor de aislamiento**

El cálculo completo y el proceso de selección del intercambiador debe estar recogido en la documentación anexa CC3, que recogerá todos los datos de diseño y todo el proceso de cálculo, así como todos los datos dimensionales y características técnicas, hidráulicas y térmicas para verificar que se cumplen los requisitos mínimos.

El técnico deberá validar el sistema de intercambio revisando los siguientes puntos:

- Material del intercambiador (acero inoxidable, titanio, etc.)
- Tipo y calidad de las juntas
- Compatibilidad de materiales con los fluidos en contacto
- Temperatura y presión máxima que soporta
- Accesibilidad para revisión, mantenimiento y limpieza
- Posibilidades de reparación y de sustitución
- Comprobación de accesorios hidráulicos disponibles: válvulas de corte entrada/salida, termómetros, sistemas de purga y de vaciado, puentes manométricos, etc.

5.1.11 Circuitos hidráulicos internos

Circuito	Primario	Carga	Descarga	Secundario
Material de las tuberías				
Diám. máx. tubería (pulgadas o mm.)				
Velocidad y pérdida carga CC4				
Circuitos en paralelo y equilibrado				
Caudal (l/h) y presión (mca) total				
Marca, modelo y tamaño de bomba				
Número de bombas en circuito (uds.)				
Potencia eléctrica (W) y % s/total				
Material y protección aislam. exterior				
K térmica (W/m.K) y mm. aislam.ext				
Material y protección aislam. interior				
K térmica (W/m.K) y mm. aislam.int				

Figura 18: Formulario 1 - 11. Circuitos hidráulicos internos

Se definirán las características técnicas indicadas que incluye, para cada uno de los circuitos internos, los siguientes datos que deberán ser justificados con los cálculos complementarios CC4 que se requieran:

- Material de las tuberías
- Diámetro máximo de tubería (pulgadas o mm.)
- Velocidad y pérdida carga tuberías que estarán desarrollado en el anexo de cálculo complementario CC4 – verificar límites de velocidad y pérdidas de carga
- Circuitos en paralelo y equilibrado
- Caudal (l/h) y presión (mca)
- Marca, modelo y tamaño de bomba
- Número de bombas en circuito (Uds.)
- Potencia eléctrica (W) y % s/total
- Material y protección aislamiento exterior
- K térmica (W/m.K) y mm. de espesor del aislamiento exterior
- Material y protección aislamiento interior
- K térmica (W/m.K) y mm. de espesor del aislamiento interior

El técnico deberá revisar el correcto diseño y cálculo de la instalación (ver CC4) verificando las hipótesis datos de partida, los caudales parciales y totales, los trazados de planos y los componentes hidráulicos disponibles: válvulas de corte entrada/salida, termómetros, sistemas de purga y de vaciado, puentes manométricos, etc.

Asimismo, deberá comprobar la correcta ejecución verificando que tanto las tuberías como los accesorios soportan las condiciones extremas (máxima y mínima) de temperatura y presión, así como los soportes de componentes y tuberías. Verificará su accesibilidad para revisión y mantenimiento y las posibilidades de reparación y/o de sustitución.

5.1.12 Circuitos de consumo

Circuito	Consumo	Distribución	Recirculación
Tipo conexión (S/P/Int) IST/SEA			
Temp máx soportada por SEA (°C) y circuito hasta SEA			
Temperatura máx. IST (°C) y dispositivo que la controla			
Material de las tuberías			
Diám. máx. tubería (pulgadas o mm.)			
Velocidad y pérdida carga	CC4		
Circuitos en paralelo y equilibrado			
Material y protección aislam. exterior			
K térmica (W/m.K) y mm. aislam.ext			
Material y protección aislam. interior			
K térmica (W/m.K) y mm. aislam.int			

Figura 19: Formulario 1 - 12. Circuitos de consumo

Se definirán las características técnicas indicadas que incluye, para cada uno de los circuitos, los siguientes datos que deberán ser justificados con los cálculos complementarios CC4 que se requieran:

- Circuito de conexión IST/SEA (serie /paralelo/incorporado)
- Temperatura máxima soportada por SEA (°C) y por circuito de consumo hasta SEA
- Temperatura máxima de IST (°C) y dispositivo que la controla
- Material de las tuberías
- Diámetro máximo de tubería (pulgadas o mm.)
- Velocidad y pérdida carga tuberías que estarán desarrollado en el anexo de cálculo complementario CC4 – verificar límites de velocidad y pérdidas de carga
- Circuitos en paralelo y equilibrado
- Material y protección aislamiento exterior
- K térmica (W/m.K) y mm. de espesor del aislamiento exterior
- Material y protección aislamiento interior
- K térmica (W/m.K) y mm. de espesor del aislamiento interior

En el caso de que exista circuito de recirculación, se comprobarán las características de la bomba de recirculación, su correcto conexionado al SEA y su control de funcionamiento. Se evaluarán las pérdidas térmicas ya que si son significativas habría que adoptar medidas correctoras

El técnico deberá revisar el correcto diseño y cálculo de la instalación (ver CC4) verificando las hipótesis datos de partida, los caudales parciales y totales, los trazados de planos y los componentes hidráulicos disponibles: válvulas de corte entrada/salida, termómetros, sistemas de purga y de vaciado, puentes manométricos, etc.

Asimismo, deberá comprobar la correcta ejecución verificando que tanto las tuberías como los accesorios soportan las condiciones extremas (máxima y mínima) de temperatura y presión, así como los soportes de componentes y tuberías. Verificará su accesibilidad para revisión y mantenimiento y las posibilidades de reparación y/o de sustitución.

5.1.13 Sistema de expansión

Circuito	Primario		Carga/Descarga		Consumo	
Presión máx y mín trabajo sistema expansión (bar)						
Volumen total circuito (litros) y coef expansión térmica						
Volumen de reserva y volumen vapor (litros)						
Coefficiente de presiones y volumen total calculado						
Marca, modelo y volumen unitario vaso. Pres máxima						
Número de vasos y volumen total (litros)	CC5					
Presión nominal y de precarga expansión (bar)						

Figura 20: Formulario 1 - 13. Sistema de expansión

Se comprobarán las condiciones técnicas de diseño, cálculo y dimensionado del sistema de expansión y se definirán las características técnicas de los sistemas de expansión instalados en cada circuito. En visita a la instalación se verificarán las hipótesis de cálculo y la correcta ejecución:

Datos de partida y dimensionado

- Presión de tarado de válvula de seguridad (bar)
- Presión máx. trabajo del sistema expansión (bar)
- Presión mín. trabajo del sistema expansión (bar)
- Volumen total del circuito (litros)
- Coeficiente de expansión térmica
- Volumen de dilatación (litros)
- Volumen de reserva (litros)
- Volumen de vapor (litros)
- Volumen útil del sistema de expansión (litros)
- Coeficiente de presiones
- Volumen total calculado (litros)

Equipo expansión seleccionado:

- Marca, modelo, y volumen unitario vaso. Pres máxima
- Número de vasos seleccionados (uds.)
- Volumen unitario nominal del vaso seleccionado (litros)
- Volumen total del sistema de expansión (litros)

- Presión nominal del vaso de expansión (bar)
- Presión de precarga del gas sistema de expansión (bar)
- Tipo de membrana y temperatura máxima que soporta

5.1.14 Sistema de medida

Medidas presión				Presión del circuito primario	
Medidas temp.				Sistema de control	
Medidas caudal				Circulación de fluidos	
Medidas energía				Transferencia calor y temperaturas	
Medida radiación				Medidas de energía y rendimiento	
Configuración		Procedimientos	Visual	Electrom. Monitori.	Plan vigilancia

Figura 21: Formulario 1 - 14. Sistema de medida

Se definirán las características técnicas indicadas del sistema de medida que incluye, por un lado, los sensores que se disponen en la instalación diferenciando el tipo (se hará la referencia a sensores cuando sean medidas integrables en un sistema de control, monitorización, etc.) y la cantidad:

- **Medidas de presión:** indicando en los planos su situación, definir si son manómetros, manómetros diferenciales o sondas de presión y definir la escala de trabajo.
- **Medidas de temperatura:** indicando en los planos su situación definir si son termómetros bimetálicos, termómetros digitales, o sondas de temperatura y definir el rango de medida
- **Medidas de caudal:** rotámetros, válvulas de equilibrado, o caudalímetros de turbina, como contador totalizador de caudal o contador con emisor de impulsos
- **Medidas de energía térmica:** contador de calorías o contador con integrador y conexión a sistema
- **Medidas de radiación:** pueden ser células fotovoltaicas calibradas o piranómetros

Si existieran dudas del correcto funcionamiento el técnico planteará un procedimiento para contrastar y validar las medidas de los distintos elementos de medida.

Por otro lado, hay que revisar las actuaciones que se pueden realizar con dichos elementos y si están adaptadas a un plan de vigilancia de la instalación existente que incluya:

- **Presión del circuito primario:** manómetro para control visual o presostato para control automático de la presión mínima del circuito
- **Sistema de control:** control visual o automático (por tiempos de actuación) del funcionamiento del diferencial de temperaturas entre el campo de captación y la acumulación o de los sistemas de protección de temperaturas extremas.
- **Circulación de fluidos:** medidas directas con rotámetro o caudalímetro, tanto interno como de consumo, o medidas indirectas por diferencia de temperaturas o presiones
- **Transferencia de calor y temperaturas de funcionamiento:** las medidas de la temperatura del acumulador y el salto entre salida de captador y acumulador aportan información de la

ganancia de calor, pero las medidas nocturnas de temperatura en circuito de intercambiador o de captadores informan de la existencia de pérdidas térmicas del acumulador.

- **Medidas de la energía y del rendimiento:** además de la energía solar térmica aportada se deberían controlar los consumos y las temperaturas de preparación y distribución.

Por último, se revisará la configuración del sistema de medida (GTEST-6.5) y los contenidos del plan de vigilancia (GTEST-9.4) así como los procedimientos de aplicación (observación simple, electromecánico o de monitorización continua).

Toda esta información deberá ser contrastada en la visita técnica revisando las características de sensores, las actuaciones que se realizan y los contenidos del plan de vigilancia.

En relación con el plan de vigilancia, se trata de determinar si la instalación ha tenido un plan de vigilancia bien definido y llevado a cabo correctamente. De esta forma se podrá determinar el nivel de atención que ha tenido la instalación.

Básicamente se trata de revisar que el sistema de medidas disponible es suficiente y que tenga asociado un plan de vigilancia. Los componentes del sistema de medida que se podrán utilizar en el plan de vigilancia habrán sido definidos en la revisión de proyecto y la visita técnica de acuerdo con los contenidos del apartado 14 de la MD. A los efectos del plan de vigilancia, el técnico deberá decidir sobre la necesidad de mantener, ampliar o reformar el actual sistema de medida. Normalmente, se debe tender a invertir en sistemas de medida porque se puede aumentar la vigilancia que es la forma de asegurar mayor fiabilidad ya que supervisa el funcionamiento continuo de la instalación.

A los efectos del sistema de medidas disponibles y en base al que se puede plantear como objetivo tras la rehabilitación se definirán los sensores que deben sustituirse, los que deben aportarse como nuevos y el equipamiento que se debe implementar incluido en el proyecto de rehabilitación.

5.1.15 Sistema eléctrico y de control

Marca/modelo	<input type="text"/>	Tipo control bomba primario	<input type="text"/>	Control incluye protección	<input type="text"/>
Funcionamiento AUT/MAN	<input type="text"/>	Valor consigna dif. temp.	<input type="text"/>	Limita tmáx acumulador (°C)	<input type="text"/>
Posición sondas en esquema	<input type="text"/>	Tipo control car/des/sec	<input type="text"/>	Limita tmáx en primario (°C)	<input type="text"/>
Señalización visible	<input type="text"/>	Valor consigna dif. temp.	<input type="text"/>	Limita tmín en primario (°C)	<input type="text"/>
Estrategia de control	<input type="text"/>	Otro control y actuación	<input type="text"/>	Otro control y actuación	<input type="text"/>

Figura 22: Formulario 1 - 15. Sistema eléctrico y de control

Se definirán las características indicadas del sistema de control que incluye:

Marca/modelo del sistema control. Se indicará marca y modelo del sistema de control y se extraerá la información de las máximas prestaciones que admite y si están todas utilizadas en la instalación. A ser posible se identificarán sus capacidades, protocolos de comunicación, número de entradas y salidas, relés libres, etc. La identificación de las capacidades del sistema de control permitirá posteriormente identificar in situ las posibilidades de mejora en su programación y la posibilidad física de añadir más sensores si fuera necesario.

Funcionamiento AUT/MAN. Indicar si existe la opción de actuación automático o manual ya que permite realizar diversos tipos de pruebas de calentamiento y circulación de fluidos

Posición de sondas de temperatura en esquema. Revisar la correcta situación de las sondas en esquema y coincidencia con la posición real en la visita técnica. Esta revisión permitirá al técnico especialista ir preparado para proponer una reubicación de las mismas, en caso necesario, in situ y tratar de localizar posibles emplazamientos para ello (vainas disponibles, tramos rectos y accesibles de tubería para ubicarlas, etc.)

Señalización visible. Indicar si el cuadro o la centralita dispone de señalización visible de alimentación eléctrica, de paro o funcionamiento, de actuación de alarmas, etc. Por ejemplo, parada por avería de bombas, etc.)

Estrategia de control. Definir la estrategia de funcionamiento del sistema de control destinadas a maximizar el calentamiento si están todas las funciones incorporadas, si son regulables o modificables, etc. Si la documentación no define dicha estrategia, al menos, conociendo las posibilidades de la centralita, se podría diseñar una adecuada estrategia en función de los elementos de medición de campo, algo que habría que verificar in situ que es posible.

Tipo de control bomba primario. Señalar el tipo de control para funcionamiento de la bomba del circuito primario si de tipo diferencial, umbral de radiación, mixto, etc. y si es diferencial indicar la temperatura fría de referencia (acumulador solar, ambiente o entrada a captadores). Comprobar si las bombas disponen de variadores de frecuencia y determinar, junto con el conocimiento de los sensores y tipo de control, si es posible aprovechar esta circunstancia. Señalar si hay alternancia automática en bombas en paralelo por avería, por tiempo, etc.

Valor de consigna del diferencial de temperaturas primario. Indicar los valores de consigna utilizados: diferencial máximo, mínimo e histéresis Y si hay otras estrategias que se superpongan como de disponibilidad de radiación solar, o arranque de bombas por tiempos, etc.

Tipo control bomba car/des/sec. Señalar el tipo de control para funcionamiento de la bomba del resto de circuito si de tipo diferencial, umbral de radiación, horario, mixto, etc. y si es diferencial indicar las temperaturas de referencia caliente (de captador, entrada a intercambiador, otra) y fría (acumulador solar, ambiente o entrada a captadores). Comprobar si las bombas disponen de variadores de frecuencia y determinar, junto con el conocimiento de los sensores y tipo de control, si es posible aprovechar esta circunstancia.

Valor de consigna del diferencial de temperaturas. Indicar los valores de consigna utilizados: diferencial máximo, mínimo e histéresis.

Otro control y actuación. Indicar si existen otras funciones del sistema de regulación y control y cómo se realizan para actuación: sondas de presión o presostatos, válvulas solenoides antirretorno, válvulas de tres vías, instalaciones de caudal variable, etc.

Control incluye protección. Definir la estrategia de funcionamiento del sistema de control destinadas a maximizar el calentamiento si están todas las funciones incorporadas, si son regulables o modificables, etc.

Limitación de temperatura máxima en acumulador (°C). Indicar la disponibilidad, incluido en el sistema de control o independiente, del limitador de la temperatura máxima del acumulador y las posibilidades de manipulación o si es un valor tarado. Indicar las posibilidades de poder superar la temperatura de consigna determinada para alcanzar la temperatura de preparación hasta alcanzar la máxima del acumulador para absorber la posible producción solo cuando exista válvula termostática a su salida, o en su defecto, verificar in situ si es posible incorporarla para aprovechar esta circunstancia.

Limitaciones de temperatura máxima en circuito primario (°C). Indicar la disponibilidad, incluido en el sistema de control o independiente, del limitador de la temperatura máxima del acumulador y las posibilidades de manipulación o si es un valor tarado. Es necesario determinar in situ que limitaciones hay que imponer al sistema de control a este respecto en la gestión del control si existen materiales o equipos en el circuito primario que restrinjan la temperatura máxima.

Limita temperatura mínima en primario (°C). Indicar la disponibilidad, incluido en el sistema de control o independiente, del limitador de la temperatura máxima del acumulador y las posibilidades de manipulación o si es un valor tarado.

Otro control y actuación. Indicar si existen otras funciones para protección de la instalación y cómo se realiza para actuación: sistemas de disipación de calor, sistema de llenado, presostato de presión mínima, etc.

5.1.16 Sistema de energía auxiliar

Tipo de energía auxiliar	úm/Pot generador calor (kW)	Condic. funcionamiento
SEA Individual/Centralizado	Núm/Pot interc. SEA (kW)	Cuadro/temporizador
SEA instantáneo	Núm/Vol depósitos SEA (l.)	Control temp. prepar. (°C)
SEA con acumulación	Producción térmica (kWh)	Control temp. distrib (°C)
SEA en acumulador solar	Consumo energía final	Válvula mezcladora

Figura 23: Formulario 1 - 16. Sistema de energía auxiliar

En cada caso particular se deberá decidir si se estudia el sistema de energía auxiliar (SEA) exclusivamente para que su diseño o funcionamiento no afecte al de la instalación solar o viceversa o, por el contrario, se realiza una intervención integral incorporando el SEA en la propuesta de rehabilitación. En cualquier caso, se definirán las características indicadas del sistema de energía auxiliar que incluye:

Tipo de energía auxiliar. Indicar el tipo de energía que se utiliza para el calentamiento auxiliar: electricidad (efecto joule o bomba de calor), gas natural, GLP, gasóleo, biomasa, etc. cuya continuidad de uso deberá evaluarse en base a los resultados de prestaciones previstos.

Identificar las características del equipo de generación auxiliar (modulante, estándar, etc.) para poder determinar in situ posibilidades de mejora (instalación de sondas de temperatura en el exterior, etc.)

En función del tipo de energía utilizada y los datos estimados de consumo de ACS, determinar el coste aproximado energético y las posibilidades de ahorro.

SEA Individual/Centralizado. Definir si existe un único SEA centralizado para la instalación solar o si el SEA es individual para cada usuario y si es del mismo tipo. Principalmente en instalaciones antiguas los usuarios pueden ir cambiando su SEA con diferentes criterios y cada caso hay que tenerlo en consideración para el proceso de rehabilitación ya que puede ser necesario incorporar un sistema de distribución de ACS para alimentar a los SEA individuales.

SEA instantáneo. Indicar los sistemas de producción instantánea (calentador de gas, eléctrico, caldera mixta, caldera e intercambiador, etc.)

SEA con acumulación. Indicar los sistemas con acumulación (termo eléctrico, caldera y acumulador, etc.)

SEA en acumulador solar. Indicar características globales del acumulador solar y del SEA incorporado (tipo, posición, etc.) analizando el cumplimiento de GTEST-6.2.4

Núm./Pot. generadores calor (kW). Definir número y potencias de los generadores de calor

Núm./Pot. intercambiador auxiliar (kW). Definir número y potencias de los intercambiadores de calor para la producción de ACS. Serán valores diferentes a los del generador de calor en sistemas mixtos de calefacción y ACS. Tratar de determinar si dicha potencia de intercambio es suficiente y no minora las prestaciones del sistema auxiliar. Una correcta propuesta de rehabilitación tiene que suponer también una optimización del sistema auxiliar.

Núm./Pot. intercambiador solar-auxiliar. Definir número y potencias de los intercambiadores de calor de precalentamiento de ACS si estos existieran (por ejemplo, en distribución o circuitos secundarios cerrados) y determinar si la potencia de intercambio es suficiente y no minora las prestaciones del sistema solar.

Núm./Vol. acumulador auxiliar (litros). Definir número y volumen de los acumuladores de ACS del sistema de energía auxiliar cuando existan.

Producción térmica (kWh). Definir si se puede medir la producción de energía térmica en un determinado periodo de tiempo (día, semana, mes o año). La medida puede realizarse en circuito primario o secundario del SEA o de consumo total lo que modifica el tratamiento que se le debe dar para hacer el balance energético de la instalación solar y auxiliar para producción de ACS (GTEST-7.1.3)

Consumo energía final (kWh). Si se dispone de la medida del consumo en unidades de energía final (kWh eléctricos, Nm³ de gas natural, kg. de GLP, kg. biomasa, etc.) en los mismos periodos de tiempo permitirá conocer el rendimiento del generador auxiliar.

Condiciones de funcionamiento. Se deben indicar las condiciones de funcionamiento del SEA tanto en la forma de conexionado con la parte solar como en las capacidades de suministro de diferentes demandas que haya podido tener

Identificar las estrategias de control y las posibilidades de comunicación entre sistemas para posteriormente in situ valorar la necesidad y posibilidades de mejorar las estrategias de control entre ambos sistemas para optimizar el aporte energético.

Cuadro/temporizador. Se definirán las posibilidades de controlar el funcionamiento del SEA con opciones del tipo MAN/AUT o temporizadores para programar periodos de funcionamiento.

Control temperatura de preparación (°C). Se debe indicar la capacidad de regulación de la temperatura de preparación entre los valores máximos necesarios para tratamiento térmico frente a legionelosis y valores mínimos compatibles con la capacidad de producción requerida, así como las pruebas realizadas para reducir el valor mínimo. Este aspecto es crítico para optimizar el funcionamiento del sistema en su conjunto, especialmente en los casos en los que el sistema solar y auxiliar pudieran compartir acumulación.

Control temperatura de distribución (°C). De la misma forma se debe indicar la capacidad de regulación de la temperatura de distribución entre los valores máximos necesarios para tratamiento térmico frente a legionelosis y valores mínimos compatible con el nivel de confort requerido, así como las pruebas realizadas para reducir el valor mínimo.

Válvula mezcladora. Definir el sistema de limitación y regulación de temperatura de salida de acumulación solar y de distribución a consumo e indicar, marca, modelo y características si se trata de una válvula mezcladora.

Control bomba de recirculación y válvulas de desvío en su caso: Es importante identificar la estrategia de control definida para bomba de recirculación y para la conmutación de válvulas de desvío del caudal de recirculación en el caso de existir estas. Tener en cuenta un adecuado funcionamiento de la bomba de circulación y de las posibilidades existentes para conectar su caudal de recirculación por lo que es importante verificar in situ las posibilidades existentes para mejorar este control.

5.1.17 Especificaciones de componentes

Valores límites	TMÁX-PRI		TMÁX-SEC		PMÁX-PRI		PMÁX-SEC		EXT/FLU
		SI/NO		SI/NO		SI/NO		SI/NO	SI/NO
Captador solar									
Acumulador solar									
Intercambiador de calor									
Bomba primario									
Bomba secundario									
Bomba ...									
Fluido de trabajo									
Tubería primario									
Tubería material plástico									
Aislamiento tuberías									
Vaso de expansión									
Válvula de corte									
Válvula de equilibrado									
Válvula de retención									
Válvula de seguridad									
Válvula mezcladora									
Sensores sistema medida									
Sensores sistema control									
Circuito de consumo									
Sistema energía auxiliar									

Figura 24: Formulario 1 - 17. Especificaciones de componentes

Se debe recopilar las fichas con las características técnicas de todos los componentes para verificar son adecuados al circuito y posición asignada en los circuitos. En la visita técnica se deberá comprobar que los componentes y materiales existentes se corresponden con los previstos en la documentación disponible o bien dejar constancia de las posibles diferencias. En el caso que no se disponga de información previa se deberá generar una documentación equivalente. El técnico deberá realizar la identificación de todos ellos, comprobando todas sus características, analizando su estado actual y describiendo posibles fallos, deterioros o señales de envejecimiento.

Desviaciones entre lo indicado en la documentación y lo realmente ejecutado puede tener muchas implicaciones en cuanto a la definición de sistemas de control, etc. pudiendo llegar incluso a ser necesario tener que rectificar parte de la instalación.

Para la comprobación de componentes y materiales se dispondrá de la siguiente información:

- Temperaturas y presiones máximas los diferentes circuitos que están referidas al tramo más desfavorable si hay varios. Esta información se extrae del apartado 6 de la MD.
- Fichas técnicas de características de todos los componentes (marca, modelo y tamaño) o condiciones extremas que soportan que se podrá obtener de la placa de características o de cualquier otra información disponible.

En el encabezado del formulario figuran las condiciones extremas que deben soportar los componentes y materiales que se instalen en los diferentes circuitos. Para los diferentes componentes de la instalación que se relacionan habrá que completar:

- Temperatura máxima que soporta como componente del circuito primario
- Marca, modelo o referencia del componente o simplemente indicar validez de uso

- Temperatura máxima que soporta como componente del circuito secundario
- Marca, modelo o referencia del componente o simplemente indicar validez de uso
- Presión máxima que soporta como componente del circuito primario
- Marca, modelo o referencia del componente o simplemente indicar validez de uso
- Presión máxima que soporta como componente del circuito secundario
- Marca, modelo o referencia del componente o simplemente indicar validez de uso

Se incluye ejemplo parcialmente cumplimentado del formulario del que se pueden realizar las siguientes observaciones:

- Se puede considerar una única temperatura límite aplicable a todo el circuito o varios valores aplicables por tramos. Por ejemplo, se pueden utilizar hasta 3 temperaturas extremas aplicables por tramos del circuito primario (GTEST-4.1.2).
- Una situación similar ocurre con las presiones límites y se puede utilizar un único valor para todo el circuito sin diferencias significativas o varios valores cuando, por ejemplo, un circuito tiene componentes instalados en diferentes alturas o las condiciones de sobrepresión de la bomba pueden generar diferencias significativas aguas abajo y arriba de la bomba.
- También hay que prestar especial atención a los intercambiadores que están sujetos a las condiciones de los dos circuitos que separa.
- A veces puede ocurrir que se pretende utilizar un mismo componente en varios circuitos, pero tiene que cumplir las condiciones más desfavorables.

Aunque el control de la revisión de que los materiales soportan las condiciones exteriores se realizarán en la revisión de la ejecución, el cuadro anterior se podrá utilizar para verificar si cada componente seleccionado está diseñado y capacitado para soportar condiciones exteriores y contacto con el fluido o con el agua caliente sanitaria según el circuito que corresponda. Dicho análisis puede ayudar al técnico especialista a centrar su atención en la visita en determinados detalles que pueden ser críticos para el buen funcionamiento de la instalación. Como, por ejemplo, el estado de determinadas tuberías en circuitos que se hayan utilizado materiales inapropiados.

En relación con los requisitos para soportar condiciones exteriores, estar en contacto con el fluido o estar en contacto con el agua caliente sanitaria, aunque no estén específicamente establecidos, en base a la experiencia y referencias que existan, se deberán comprobar las características de los componentes para resistir las diferentes condiciones con el paso del tiempo. Por ejemplo, son fallos y defectos habituales que se deben controlar:

- condiciones exteriores: protección y acabado del aislamiento de tuberías y acumuladores, materiales plásticos en valvulería, material eléctrico con protección IP no adecuada, etc.
- contacto con el fluido: materiales de tuberías, válvulas, racores y juntas incompatibles con el fluido anticongelante (por ejemplo, evitar absorbedores y tuberías de aluminio), etc.
- contacto con el agua caliente: materiales oxidables, mezclas de materiales disimilares, etc.

5.1.18 Esquemas y planos

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | Emplazamiento edificio, captadores y sala técnica. Orientación, obstáculos y sombras | |
| 2 | Distribución de captadores (distancias entre ellos, baterías y zonas de acceso) | |
| 3 | Distribución sala técnica y situación acumulación, intercambio, bombas, expansión y control | |
| 4 | Trazado de circuitos hidráulicos, diseño y situación componentes (v corte, seguridad, purga, ...) | |
| 5 | Complementos hidráulicos: sistema de sistemas de llenado, purga y vaciado. Sistema medida | |
| 6 | Sistema de energía auxiliar. Integración y conexión con restantes instalaciones del edificio | |
| 7 | Esquema de funcionamiento completo. Diagrama o esquema de principio | |
| 8 | Esquema eléctrico y de control. Detalles de posición de sondas y elementos de campo | |
| 9 | Diseño estructura y sujeción de captadores y acumuladores. Soportes y detalles constructivos | |

Figura 25: Formulario 1 - 18. Esquemas y planos

Después de recopilar los esquemas y planos de forma ordenada en fase documental y comprobar de su validez durante la visita e inspección in situ se revisan todos los contenidos conforme a las siguientes comprobaciones detalladas e incluidas en la lista de chequeo F3:

1 Emplazamiento edificio, captadores y sala técnica. Orientación, obstáculos y sombras

- Localización y emplazamiento del edificio y de la instalación (captadores y sala técnica)
- Orientación de la parcela, del edificio y de los captadores. Inclinação de captadores
- Definición del entorno lejano al sur $\pm 90^\circ$. Criterios presentes o futuros
- Definición del entorno cercano al sur $\pm 90^\circ$. Alternativas a sombras del propio edificio
- Representación de obstáculos externos y datos para cálculo de sombras

2 Distribución de captadores (distancias, baterías, separaciones y zonas de acceso)

- Implantación y distribución de captadores. Espacios ocupados y libres
- Integración con otros elementos (castillete, shunts, chimeneas) y equipos clima, etc.
- Distribución y número de líneas, de baterías por línea, de captadores por batería.
- Distancias entre líneas (sombras y accesibilidad) y separaciones entre baterías
- Delimitación de zona no accesible por seguridad. Accesos para mantenimiento

3 Situación y distribución sala técnica: acumulación, intercambio, bombas y expansión

- Ubicación, número y dimensiones de acumuladores. Bocas registro y válvulas de corte
- Intercambiador y bombas: ubicación, accesos, válvulas y accesorios hidráulicos
- Sistema de expansión de cada circuito, v. seguridad, conexión y enfriamiento fluido
- Control de condiciones de montaje según manuales de fabricantes
- Distancias entre equipamientos para acceso, registro y mantenimiento

4 Circuitos hidráulicos: trazado, diseño y componentes (v corte, seguridad, purga, ...)

- Conexión interna captadores y externa de baterías (corte, seguridad, vaciado, purga)
- Conexión de grupos de baterías, organización del equilibrado y sistema empleado
- Trazados de tuberías, caudales, diámetros, y materiales de tuberías. Soportes.
- Trazados al exterior e interior. Espesores y protección de aislamientos de tuberías

- Situación y accesibilidad valvulería de corte, seguridad, vaciado y purga

5 Complementos hidráulicos: sistema de llenado, purga y vaciado. Sistema de medida

- Sistema de llenado y factibilidad proceso. No reposición directa a mezclas
- Sistemas manuales de purga. Conducción y evacuación de líquido/aire
- Tuberías de evacuación de los escapes conducidos. Detalles, visible, drenajes.
- Sistemas de medida: sondas y termómetros, manómetro
- Contadores de caudal y de energía en cerrado o consumo para monitorización

6 Sistema de energía auxiliar SEA. Integración solar con instalaciones del edificio

- Localización de equipos y recorridos desde solar hasta SEA y puntos de consumo
- Alimentación agua fría, diámetros y presión disponible. Corte y retención
- Punto de conexión de alimentación agua caliente. Diámetro y presión disponible
- Circuito de consumo, válvula mezcladora termostática y recirculación si existiera
- Conexión de los sistemas de purga, vaciados, drenajes y conducción a desagües

7 Esquema de funcionamiento completo. Diagrama y esquema de principio

- Esquema funcional y completo con configuración solar admitida
- Conexión de acumuladores, intercambiador y elementos accesorios
- Localización de sistemas de expansión y seguridad
- Situación y funcionamiento de toda la valvulería y elementos imprescindibles
- Conexión con sistema auxiliar y con consumo

8 Sistema de control y esquema eléctrico. Posición de sondas y elementos de campo

- Posición de sondas de captadores y sondas, fría y caliente, de acumuladores
- Otras sondas de temperatura: intercambiador, agua fría, SEA, etc.
- Situación cuadro de control, centralita, sondas y actuaciones
- Línea de alimentación eléctrica, situación protecciones y trazado de líneas eléctricas
- Mandos para actuaciones eléctricas manual-paro-automático. Equipos actuados

9 Diseño de estructura y sujeción de captadores y acumuladores.

- Definición de la estructura normalizada de captadores y acumuladores
- Diseño de la estructura base e intermedia de la edificación y adaptación al edificio
- Detalles constructivos de estructuras, etc.
- Canalización de agua de lluvia y de escapes de fluidos de la instalación
- Definición de obra civil y de albañilerías complementarias, soportes de tuberías , etc.

El análisis de los esquemas y planos debe de servir como herramienta para comprobar in situ que la instalación ejecutada coincide con el proyecto y sus documentos. Junto con esta revisión se estudiarán las posibles mejoras en todo el diseño tanto funcional como descriptivo.

5.1.19 Cálculos complementarios

CC1. Estudio sombras	Obstáculos lejanos		Obstác. cercanos		Pérdidas sombra	
CC2. Prestaciones energéticas	Método		Aporte unitario		Rendimiento	
CC3. Intercambiadores	Potencia		Caudales y temp		Pérdida de carga	
CC4. Circuitos hidráulicos	Diámetros		Velocidad		Pérdida de carga	
CC5. Sistemas de expansión	Hipótesis		Presiones		Tamaño	
CC6. Justificación estructural	Diseño		Cálculos		Detalles	

Figura 26: Formulario 1 - 19. Cálculos complementarios

En cálculos complementarias se recoge y organiza la documentación que justifica los diferentes cálculos disponibles procedentes de la recopilación de información. Se completará con la revisión por parte del técnico de los problemas y fallos que se detecten, así como las soluciones propuestas para su subsanación:

CC1. Estudio sombras. Pueden ser necesarios para justificar que no existen problemas de sombras o, si existen, que son inferiores al 10%. Indicar si están documentados los obstáculos lejanos, los cercanos y el cálculo de pérdidas por sombras.

CC2. Prestaciones energéticas. Se deben adjuntar los cálculos que justifican las prestaciones energéticas indicadas. Indicar el método de cálculo utilizado y los valores que justifican el aporte solar unitaria y el rendimiento

CC3. Intercambiadores. Adjuntar el método de cálculo utilizado para seleccionar el intercambiador justificando la potencia, caudales, temperaturas y pérdida de carga

CC4. Circuitos hidráulicos. Se deben incluir los cálculos hidráulicos justificando los diámetros seleccionados junto con las velocidades del fluido y las pérdidas de carga

CC5. Sistemas de expansión. Debería incluir las hipótesis de cálculo, que se deberán verificar, las presiones de trabajo y el tamaño final definido por el número y volumen del vaso de expansión seleccionado.

CC6. Justificación estructural. Se adjuntará el diseño y cálculos justificativos de la solución estructural adoptada, así como los diseños de detalles constructivos

5.2. Revisión de la ejecución

El técnico utilizará el formulario F5 para revisar la correcta ejecución de la instalación y comprobará por un lado que lo ejecutado se corresponde con lo previsto en proyecto y, por otro lado, revisará los factores más importantes relacionados con la calidad y los acabados constructivos de la instalación ejecutada. Se han agrupado en ocho apartados que se describen a continuación:

- Proyecto estructural
- Sistemas de protección
- Fiabilidad de funcionamiento
- Pérdidas térmicas
- Condiciones exteriores

5.2.1. Proyecto estructural

1 - PROYECTO ESTRUCTURAL	Problemas detectados	NA	SI	NO	OBSERVACIONES
1	No coinciden hipótesis de cálculo				
2	Diferencias en planos y medidas				
3	Estructuras base e intermedia				
4	Estructura específica captadores				
5	Detalles de apoyo y sujeción				

Figura 27: Formulario 5 - 1. Proyecto estructural

En este apartado se recoge toda la información relacionada con el proyecto estructural de la instalación que incluye la revisión del proyecto, su implantación en el edificio y su correcta ejecución.

El proyecto estructural, junto con los cálculos que se incluyen en CC6, deben hacer referencia a las estructuras de soporte de los captadores solares y a sus respectivos anclajes o lastres que las mantienen en posición, a la estructura que soporte a los depósitos acumuladores y al resto de elementos de la instalación que lo requieran (intercambiadores, bombas, etc.).

Se debe comprobar el proyecto estructural para que, además de cumplir la normativa vigente, quede garantizada la solidez estructural de todo el conjunto y de cada uno de los componentes de la instalación

El proyecto estructural normalmente estará referido a captadores y acumuladores y para ello se deberán establecer las hipótesis y las condiciones de contorno del cálculo que deberán verificarse in situ.

Sin carácter restrictivo, las cargas más importantes que pueden afectar a la instalación son las correspondientes al peso propio de los componentes incluido el fluido contenido en ellos (especialmente importante en el caso de los depósitos, vasos de expansión), a los efectos de viento, al peso de uso debido a personas y herramientas para la instalación o el mantenimiento y, en algunos casos, a los esfuerzos producidos por las dilataciones si no se han adoptado las medidas preventivas correspondientes.

A los efectos estructurales del sistema de captación deberá diferenciarse:

- A. Estructura específica. En general, las estructuras normalizadas de captadores deben disponer de un proyecto específico que justifique su utilización para apoyo y sujeción. Se debe confirmar que los detalles del sistema de sujeción de captadores están incluidos en el manual del fabricante
- B. Estructura intermedia. Puede ser necesaria una estructura independiente que reparte las cargas o las transmite directamente a elementos resistentes.
- C. Estructura base. Se deberá comprobar la resistencia de los elementos existentes como pueden ser el propio terreno, la estructura del edificio o una cubierta que específicamente se utilice para la instalación

En algunas ocasiones debe incorporarse en el proyecto estructural el diseño de la estructura intermedia para transmitir las cargas directamente a elementos resistentes cuando se ubican en el edificio o repartir cargas para prever su apoyo en el terreno. Circunstancias que se puede dar en el caso de captadores cuando se instalan en cubiertas que no soportan mucho peso y en el caso de los acumuladores que, al concentrar un gran peso en una pequeña superficie, necesitan una losa para distribución de cargas en el terreno.

Otros componentes de la instalación, como intercambiadores, bombas, tuberías, etc. pueden requerir elementos de soporte y sujeción cuya resistencia deberá estar justificada.

En todos los casos también es necesario comprobar in situ si se disponen los sistemas necesarios para evitar que se transmitan vibraciones a través de los elementos de sujeción a la estructura del edificio que puedan causar cualquier tipo de molestia.

En cualquier caso, es necesario revisar el diseño y dimensionado de todas las estructuras que intervienen, y en caso necesario, prever el refuerzo de estructuras existentes

Se verificará que la estructura ejecutada se corresponde con la proyectada y que no existen deficiencias en los puntos de apoyo y sujeción con la estructura intermedia y la propia estructura del edificio. En el caso de que no exista proyecto estructural deberán tomarse todos los datos necesarios in situ para realizarlo y disponer de los datos necesario para su verificación.

Por tanto, se deberá revisar:

- Confirmar las hipótesis de cálculo
- Coincidencia de planos y dimensiones
- Estructura específica de captadores (dimensiones de los elementos que las componen, materiales utilizados, grado de protección al exterior, etc.)
- Estructuras base e intermedia
- Detalles de los puntos de apoyo y sujeción de las estructuras de captadores, acumuladores, etc. al propio edificio mediante apoyos o lastres o estructuras específicas.

A esos efectos, se podrán encontrar diversos tipos de soluciones que se describen como ejemplos en el capítulo 7 como son los lastres de piezas de hormigón, de piedras sobre bandejas en cubiertas invertidas, varillas roscadas sujetas con tacos químicos, etc.

5.2.2. Sistemas de protección

2 - SISTEMAS DE PROTECCIÓN		Problemas detectados	NA	SI	NO	OBSERVACIONES
1 Frente a quemaduras	1	Entrega ACS al usuario > 60 °C				
	2	Escapes, drenajes y purgas				
	3	Superficies > 80°C accesibles				
2 Altas temperaturas	4	Si se forma vapor				
	5	No se forma vapor				
	6	Drenaje automático				
	7	Circuito primario y accesorios				
	8	Del acumulador				
	9	Circuito de consumo (AF y ACS)				
	10	Prueba estancamiento y vapor				
3 Reducción temperaturas	11	Disipador dinámico				
	12	Disipador estático				
	13	Otros sistemas				
4 Antiheladas	14	% mezcla anticongelante				
	15	Verifica trazado drenaje autom.				
5 Altas presiones	16	Funciona circulac. primario				
	17	Diseño expansión				
	18	Acción combi mat plásticos				
6 Bajas presiones	19	Otros				
	20	Diseño presión mínima				
7 Protección eléctrica	21	Asegura estanqueidad				
	22	Entradas aire (purgas, segur.)				
	23	Alimentación, cuadro, líneas REBT				
	24	Protección rayos captación				
	25	Puestas a tierra componentes				

Figura 28: Formulario 5 - 2. Sistemas de protección

Se revisarán los sistemas de protección del usuario y de la propia instalación frente a los diferentes riesgos térmicos, hidráulicos y eléctricos indicados. Se tendrán en cuenta:

- **Protección frente a quemaduras (GTEST-4.6.1). Revisar las protecciones necesarias del usuario frente a:**
 - Temperaturas superiores a 60°C en la alimentación de agua caliente que normalmente se realiza mezclando el agua caliente con agua fría a través de válvulas termostáticas de 3 vías
 - Los escapes de fluidos al exterior por válvulas de seguridad, vaciados y purgas, drenajes que deben ser escapes conducidos para que afecten a personas y se analizará el recorrido su recorrido
 - Los posibles contactos de personas con superficies que puedan estar a más de 80°C como, por ejemplo, la carcasa de captadores. Para ello será necesario confinarlos en zonas solamente accesibles a personal acreditado para mantenimiento

- **Protección a alta temperatura (GTEST-4.6.1). Revisar si está previsto que la protección a altas temperaturas de la instalación, tanto en proyecto como en ejecución, se realice:**
 - Permitiendo la formación de vapor
 - Presurizando el circuito para que no se forme vapor, o
 - Utilizando la configuración de drenaje automático.

Adicionalmente revisar in situ:

 - La distribución de temperaturas máximas en el circuito primario y si todos los componentes y accesorios las soportan
 - Las salidas de fluido caliente al exterior a la temperatura máxima) y su recorrido de evacuación para proteger los materiales (impermeabilización, tuberías de PVC, etc.) así como la posible recuperación en el caso de fluidos de trabajo con anticongelante
 - La distribución temperaturas máximas en el circuito de consumo y si todos los componentes y accesorios las soportan
 - Por último, decidir si es necesario realizar la prueba de estancamiento
 - Es necesario comprobar in situ si efectivamente todos los materiales que forman parte del circuito donde se pueden alcanzar esas temperaturas son capaces de soportarlas con seguridad y sin degradarse en el tiempo. Debe prestarse especial atención a aquellos elementos que incorporen materiales plásticos (manguitos antivibratorios de bombas, membranas de vasos de expansión, manguitos electrolíticos, etc.)

- **Reducción de alta temperatura (GTEST-4.6.1). Indicar si se utiliza y si es correcta la instalación y su funcionamiento de:**
 - Disipador dinámico
 - Disipador estático
 - Drenaje automático
 - Otros sistemas (estrategias de control que permitan aumentar la temperatura de los depósitos, derivaciones a otros usos, etc.)

- **Protección anti helada (GTEST-4.6.2). Definir el riesgo de heladas es elevado o medio y el sistema de protección:**
 - Con mezcla anticongelante, medir proporción e anticongelante
 - Con drenaje automático
 - Con circulación del primario

- **Protección altas presiones (GTEST-4.2.4- 4.3-4.6.3). Indicar si:**
 - Se diseña la expansión correctamente
 - Se utilizan plásticos afectados por la acción combinada de temperatura y presión
 - Pueden existir otros problemas como los producidos por diferencia de presiones,

- **Protección bajas presiones (GTEST-4.6.3). Indicar si:**
 - Se diseña expansión para la mínima presión
 - Se asegura la estanqueidad
 - Se evitan purgadores automáticos o válvulas de seguridad descontroladas

- **Protección eléctrica. Indicar si son correctas las medidas adoptadas para**
 - Alimentación, cuadro y líneas para cumplir REBT
 - Protección frente a rayos de sistema de captación
 - Diseño de puestas a tierra de componentes

5.2.3. Fiabilidad de funcionamiento

3 - FIABILIDAD FUNCIONAMIENTO		Problemas detectados	NA	SI	NO	OBSERVACIONES
1 Estanqueidad circuitos	1	Se detecta la presencia de fugas				
	2	Fugas o goteo valv. seguridad				
	3	Fallo del sistema de llenado				
	4	Purgador aut. con válvula corte				
	5	Necesaria prueba estanqueidad				
2 Circulación de fluidos	6	Circulación de fluido				
	7	Obstrucciones y bolsas de aire				
	8	Problemas de intercambiador				
	9	Equilibrado en paralelos				
	10	Flujos baipás de válvula 3 vías				
3 Sistema de expansión	11	Comprobaciones de proyecto				
	12	Verificación hipótesis de partida				
	13	Comprobar características vaso				
	14	Temp. máx. fluido y membrana				
	15	Instalación y conexión a circuito				
	16	Necesidad de vaso tampón				
	17	Presión en frío y estabilidad				
	18	Presión de precarga lado aire				
4 Sistema de medida	19	Comprobaciones de proyecto				
	20	Medidas y sensores disponibles				
	21	Actuaciones que se realizan				
5 Sistema eléctrico y control	22	Configuración sistema disponible				
	23	Comprobaciones de proyecto				
	24	Verificar actuación diferencial				
	25	Verificar funciones protección				
	26	Instalación y sujeción de sondas				
	27	Temp. máxima sonda captación				
	28	Conexionado líneas y contactos				
	29	Trazado y protección de líneas				

Figura 29: Formulario 5 - 3. Fiabilidad de funcionamiento

Para evaluar la fiabilidad de la instalación y verificar que funcione durante todo el tiempo que exista suficiente radiación solar se considera necesario analizar los siguientes criterios esenciales:

- Estanqueidad de circuitos
- Circulación de fluidos
- Sistema de expansión

- Sistema de medida
- Sistema eléctrico y de control

En los diferentes apartados se incluye la revisión de que los contenidos de la documentación (diseño, planos y cálculos) coinciden con lo ejecutado en todo lo relacionado con la fiabilidad:

- **Estanqueidad de circuitos**

La estanqueidad de los circuitos es uno de los principales problemas y se puede realizar una primera evaluación por la información previa facilitada por el usuario o mantenedor ya que cuando existen circuitos no estancos se conoce la necesidad de llenado periódica si es manual o el arranque del dispositivo de llenado si es automático. Es una garantía de estanqueidad comprobada la ausencia de reposición de fluido. Algunas veces, también se pueden detectar fugas o manchas de humedad que delatan las pérdidas de agua o de fluido del circuito. El uso de manómetros en circuitos cerrados es fundamental para verificar de forma contrastada la pérdida de fluido. No obstante, es necesario tener en cuenta que su medida puede oscilar en función de la temperatura del fluido, por lo que la detección de fugas a través de manómetros o medidores de presión debe tener en cuenta esta circunstancia vigilando también que los sistemas de llenado no estén actuando.

La **válvula de seguridad** está prevista como última medida de protección de un circuito cerrado, pero no debería actuar nunca. Su actuación hay que relacionarla con un incorrecto funcionamiento de algún componente o del sistema de expansión del circuito. La propia válvula de seguridad puede estar defectuosa, puede empezar a gotear a presiones inferiores a la de tarado o haberse quedado abierta por alguna obstrucción en el asiento de cierre. Tanto las válvulas de seguridad como los vasos de expansión no pueden disponer de llave de corte en su tramo de conexión con el circuito.

El **sistema de llenado** puede haber fallado tanto si aumenta la presión mínima del circuito en frío por encima de la prevista como si se reduce por pérdida de fluido a través del mismo cuando, por ejemplo, funciona mal una válvula de retención. Si se detecta que la presión en frío ha aumentado puede deberse a un fallo del sistema de llenado que presuriza el circuito o a la existencia de una fuga del circuito de consumo a través del intercambiador. Los sistemas de llenado automático son totalmente desaconsejables ya que enmascaran las posibles fugas de los circuitos y pueden conllevar la provocación de inundaciones (fuga descontrolada por rotura en alguna parte del circuito) o de congelación de equipos, si se trata de circuitos cerrados expuestos a agentes ambientales como es el caso del circuito primario.

Purgadores: Uno de los principales problemas que pueden afectar a la estanqueidad y al completo llenado del circuito es la presencia de purgadores automáticos, aunque tengan válvula de corte. Deben ser sustituidos por sistemas de purga manuales que estará situados en los puntos más altos y en los posibles sifones producidos en el trazado de tuberías. Se deben vigilar los detalles constructivos de la situación del purgador para asegurar su correcto funcionamiento

Todos los circuitos cerrados deben ser estancos y puede ser necesario realizar una prueba de estanqueidad para detectar posibles fugas. Si el circuito no es estanco, se deben localizar y reparar las fugas y repetir el proceso completo de prueba de estanqueidad, llenado, purga y presurización. Si no se encuentra el lugar exacto de la fuga, se debe establecer un procedimiento metódico

actuando por sectores de la instalación cerrando las válvulas de corte disponibles y analizando cada uno de ellos. Si la fuga es pequeña y está oculta por el aislamiento, puede ser necesario presurizar el circuito para forzar la salida de mayor cantidad de fluido y buscar tramos de aislamiento húmedo o con agua siempre teniendo la precaución de que no puedan producirse inundaciones indeseadas que puedan provocar daños.

- **Circulación de fluidos**

Se debe comprobar que existe circulación de fluido en todos los circuitos y que dicha circulación se produce con el caudal previsto en proyecto verificando que la bomba es la adecuada, que se ha seleccionado la velocidad correcta. Se deberá revisar que no existan obstrucciones ni bolsas de aire en tuberías o filtros sucios y atascados. Es necesario determinar si la bomba de circulación es de caudal variable y que dicha bomba actúa de forma correcta en función del caudal que debe proporcionar. En caso contrario será necesario determinar si alguna estrategia de control está impidiendo que la bomba suministre el caudal que se precisa.

Si la comprobación de caudal no se hace con medida directa (rotámetro o caudalímetro) se puede hacer con medidas indirectas de diferencia de presiones aspiración/impulsión de bombas o por diferencia de temperaturas entrada/salida de circuito primario de un intercambiador. En horas de alta radiación:

- Si la temperatura de salida de captadores es similar a la del acumulador, o el salto de temperaturas es muy pequeño, el caudal es elevado y puede ser necesario reducirlo. Es decir, el excesivo caudal no da tiempo suficiente al fluido a calentarse a su paso por el campo de captación.
- Si la temperatura de salida de captadores es muy superior a la del acumulador, es señal de que no hay transferencia de calor y puede ser por escaso caudal, por existencia de aire, porque el intercambiador de calor esté sucio o está infradimensionado. Es necesario asegurarse de que no exista consumo a la vez que se hace la prueba, ya que una constante entrada de agua fría y descarga de agua caliente podría hacer parecer que no hay calentamiento cuando si lo hay, para ello puede ser necesario aislar el depósito del circuito de consumo con la precaución de habilitar el bypass al sistema auxiliar (y luego cerrarlo) para que el usuario tenga garantizado el suministro de ACS en todo momento.

En el caso de instalaciones con intercambiador externo, a través de las cuatro temperaturas del intercambiador, se puede comprobar que existe circulación de fluido por los saltos de temperatura en ambos circuitos, pero también se puede deducir que:

- Si todas las temperaturas son similares a la del acumulador, no hay circulación en el primario, pero sí en el secundario.
- Si las 4 son muy similares y parecidas a las de captadores, hay circulación en el primario, pero no en el secundario.
- Si las cuatro temperaturas son cercanas a las del ambiente, no hay circulación ni en el circuito primario ni en el secundario

En el caso de instalaciones con intercambiador interno, de la misma forma se puede comprobar que si todas las temperaturas son similares a la del acumulador o a la temperatura ambiente, no hay circulación en el primario

Una vez comprobado el caudal total, debe verificarse que la circulación es equilibrada y que se mantienen los mismos saltos de temperatura en todos los circuitos y que corresponden con los previstos en proyecto.

Debe verificarse que las circulaciones de fluido son correctas en el caso de circuitos que dispongan de válvulas de tres vías, o de dos vías, que pueden desviar o anular la circulación comprobando la diferencia de temperaturas por lo circuitos alternativos, que la posición de la válvula es la correcta y que esta actúa correctamente cerrando totalmente la vía por la que no deba circular caudal

- **Sistema de expansión**

Se deberán comprobar todos los datos utilizados en el proyecto (ver MD-13) para el cálculo y dimensionado del sistema de expansión incluyendo:

- A. Comprobaciones de proyecto (ver MD-13): presiones.
 - Presión de tarado de válvula de seguridad (bar)
 - Distribución en alturas de la válvula de seguridad, expansión y resto de componentes
 - Presión máx. trabajo del sistema expansión (bar)
 - Presión mín. trabajo del sistema expansión (bar)
 - Coeficiente de presiones
- B. Verificación de las hipótesis de partida: volúmenes.
 - Volumen total del circuito (litros)
 - Coeficiente de expansión térmica
 - Volumen de dilatación (litros)
 - Volumen de reserva (litros)
 - Volumen de vapor (litros)
 - Volumen útil del sistema de expansión (litros)
- C. Comprobación de características del vaso de expansión seleccionado
 - Marca, modelo y volumen unitario vaso.
 - Número de vasos
 - Volumen total (litros) y comprobación es mayor que volumen útil
 - Presión máxima que soporta (bar)
 - Presión de precarga expansión (bar)
 - Compatibilidad del tipo de membrana y las características del fluido
- D. Temperatura máxima del fluido en el punto de conexión del vaso al circuito y temperatura máxima que soporta el vaso (por el tipo de membrana)
- E. Instalación del vaso (interior o exterior) y conexión a circuito (en relación con válvula de retención y expansión del vapor desde captadores)
- F. Necesidad de vaso tampón (amortiguador de temperatura) y tuberías de conexión sin aislamiento. Verificación de la capacidad de enfriamiento.
- G. Presión en frío adaptada a la definición de proyecto y control de la estabilidad a largo plazo
- H. Presión lado aire (nitrógeno) del vaso y concordancia con datos de funcionamiento

- **Sistema de medida**

Se contrastará la información de proyecto recogida en MD-14 para el diseño del sistema que incluye:

- A. Comprobaciones de proyecto
- B. Medidas y sensores disponibles
 - Identificar las medidas y sensores disponibles en los puntos de la instalación definidos en proyecto
 - Verificar que las medidas proporcionadas por los sensores correctas contrastando con las medidas realizadas con otros elementos.
 - Comprobar la correcta localización y sujeción de las sondas
 - Verificar la existencia de caudalímetros y de sistemas de contabilización de energía en los circuitos en los que sea necesario
- C. Actuaciones que se realizan
 - Cuando el sistema de medida esté asociado al sistema de control, comprobar las actuaciones que se puedan realizar
- D. Configuración sistema disponible
 - Definir la configuración y sistema disponible conforme a los modelos definidos en GTEST-6.5
 - Identificar las capacidades de comunicación del sistema de medida, (centralita, etc.)
 - Comprobar la capacidad de adquisición de datos del sistema de medida (acumulación de datos anuales, mensuales etc. y establecer protocolos para su anotación y seguimiento con la periodicidad adecuada.

- **Sistema eléctrico y de control**

Se contrastarán los esquemas, componentes y toda la información de proyecto recogida en MD-15 que debe incluir:

- A. Comprobaciones de proyecto:
 - Del sistema eléctrico cumpliendo el REBT e incluyendo protecciones diferencial y magnetotérmica, contactores y relés, líneas y borneros
 - Del sistema de control definiendo los valores de consigna y las actuaciones que realiza
- B. Verificar la actuación de control de bombas por diferencia de temperaturas, indicando valores e histéresis o señalar si actúa por umbral de radiación
- C. Verificar la correcta actuación de las funciones de protección: Temperatura máxima del acumulador, máxima y mínima temperatura del circuito primario y presiones mínimas para protección.
- D. Revisar la instalación y sujeción de sondas (anotar la posibilidad de incorporar medidas adicionales en función de las capacidades del sistema de control, entradas, salidas, etc.)
- E. Verificar la temperatura máxima que soporta la sonda de captadores
- F. Verificar el correcto conexionado y continuidad de líneas, aprietes de bornas y contactos, etc.
- G. Trazado y protección de líneas (separación entre líneas de fuerza y cableado de medida y transmisión de datos)

5.2.4. Pérdidas térmicas

4 - PÉRDIDAS TÉRMICAS		Problemas detectados	NA	SI	NO	OBSERVACIONES
1 Por flujo inverso	1	Posición captación-acumulación				
	2	Trazados circuitos y conexiones				
	3	Diseño de sistemas antirretorno				
	4	Flujos internos en tuberías				
	5	Conexiones de entrada caliente				
	6	Entrada AF con antirretorno				
	7	Termografía				
2 Por tuberías y accesorios	8	Espesor proyecto y 0,04 W/mK				
	9	Tubería y válvulería completa				
	10	Estado de conservación				
	11	Termografía				
3 Por acumulación	12	Espesor proyecto y 0,04 W/mK				
	13	Depósito completo sin difusores				
	14	Estado de conservación				
	15	Termografía				

Figura 30: Formulario 5 - 4. Pérdidas térmicas

Se revisará la presencia de flujo inverso y las pérdidas térmicas tanto en tuberías como en acumulación. Será importante para detectar y evaluarlas disponer de una cámara termográfica o de termómetro digital (por ejemplo, sistema laser que permite medir temperatura en lugares inaccesibles). Se deberá confirmar que se corresponden con los datos de proyecto y se controlará que están correctamente ejecutados.

- **Pérdidas energéticas por flujo inverso**

La revisión de que pueda haber flujo inverso (GTEST-4.5) debe hacerse revisando varios detalles y será necesario hacer las comprobaciones de temperaturas cuando el acumulador está caliente y los captadores fríos (por la mañana o por la tarde no coincidiendo con las horas de sol). En el diseño y trazado de la instalación debe vigilarse:

- La posición relativa de captación y acumulación tanto en altura como en separación y sobre todo si el acumulador esté situado por debajo, o a la misma altura, de los captadores
- Trazados de circuitos que puedan favorecer la circulación inversa en primario o secundario, así como las formas de conectar entradas y salidas de agua caliente en el acumulador.
- Diseños correctos de los sistemas antirretorno o el uso de electroválvulas enclavadas con la bomba para evitar circulación indeseada en el sentido de circulación de las bombas.
- Detectar flujos internos en tuberías. Además de las conexiones del circuito de consumo; todas las conexiones sin aislamiento funcionan como disipadores de calor; aunque sean pequeños tramos sus efectos puede ser significativo. Si las tuberías están llenas de líquido caliente se pueden producir mayores pérdidas, ya que la circulación interna aumenta la transferencia de calor al exterior.

- E. La disposición de las conexiones de aporte de calor y aspiración de los diferentes circuitos en el acumulador
- F. Disposición correcta y componentes utilizados en el sistema antirretorno en entrada de agua fría al acumulador

- **Pérdidas energéticas en tuberías y accesorios**

Se debe verificar:

- A. Se cumplen las especificaciones de proyecto en cuanto a tipo de aislamiento utilizado, espesor, etc.
- B. La completa continuidad del aislamiento de forma que se incluyan todos los componentes y accesorios de los circuitos
- C. La situación interior o exterior, la protección del aislamiento contra la intemperie, el estado de conservación, la posible presencia de humedad, etc.

Parte de esta comprobación puede realizarse comprobando si hay pérdidas significativas de temperatura en los diferentes circuitos, por ejemplo, midiendo temperatura entre la salida del campo de captación y la entrada al intercambiador de primario. Entre la salida del acumulador auxiliar a consumo y el retorno de la recirculación, etc.

- **Pérdidas energéticas en acumulación solar**

Son de gran importancia las pérdidas térmicas del acumulador solar dado que es un componente habitualmente caliente que está perdiendo calor las 24 horas del día y todos los días. Verificar

- A. Se cumplen las especificaciones de proyecto en cuanto utiliza espesores y conductividades superiores a las exigidas (40-100 mm y 0,02-0,04 W/mK) y se considera su situación al exterior o en el interior.
- B. Debe estar completamente aislado sin ninguna parte metálica en contacto con el exterior (boca de hombre, conexiones sin aislar, etc.) y sin elementos conectados que puedan ser difusores del calor interno.
- C. La situación interior o exterior, la protección del aislamiento contra la intemperie, el estado de conservación, la posible presencia de humedad, etc.
- D. Cuantos más acumuladores se dispongan para un mismo volumen de acumulación mayor es la superficie de intercambio con el exterior y por tanto de posibles pérdidas, algo a tener en cuenta a la hora de proponer mejoras, sustitución de acumuladores, etc.

5.2.5. Condiciones exteriores

5 - CONDICIONES EXTERIORES		Problemas detectados	NA	SI	NO	OBSERVACIONES
1 Resistencia componentes	1	Prot. Captador solar				
	2	Prot. ext. Estructura soporte				
	3	Prot. ext. Acumulador				
	4	Prot. ext. Aislamiento tuberías				
	5	Prot. ext. Otros elementos				
	6	Materiales plásticos				
2 Resistencia edificio	7	Impermeabilización del edificio				
	8	Entradas de canalizaciones				
	9	Fluidos en el interior edificio				

Figura 31: Formulario 5 - 5. Condiciones exteriores

- **Resistencia de materiales y componentes**

Se realizará la verificación de que todos los componentes y materiales utilizados en el exterior tiene la protección adecuada contra los rayos UV, el agua, la corrosión, etc. Los siguientes criterios deberán considerarse:

- **Captador solar.** En principio el captador solar como elemento diseñado para exteriores solamente requiere la comprobación de su correcto estado de conservación o revisión de cualquier defecto que se detecte.
- **Estructura soporte.** Se puede producir corrosión con más facilidad por el uso de perfiles cerrados (tubos cuadrados o rectangulares) y sobre todo si tiene perforaciones que faciliten la entrada de agua al interior de los mismo. También acelera la corrosión las superficies que pueden retener agua (por ejemplo, perfiles en contacto horizontal). En este caso, la corrosión puede no ser visible a simple vista desde el exterior.
Tener en cuenta la humedad ambiente y la salinidad del entorno a la hora de identificar los mejores materiales que deben de ser parte de la estructura soporte.
- **Acumulador.** Cuando el depósito esté ubicado en el exterior, la envolvente debe ser compatible con el resto de materiales con los que esté en contacto, tendrá el espesor y las características constructivas necesarias para resistir y para evitar abolladuras. La envolvente podrá ser de chapa metálica de acero inoxidable, de aluminio anodizado o acero cincado y lacado o similar; u otro material que soporte ser instalado a la intemperie. Vigilar el corte de los bordes de una chapa galvanizada que quedan desprotegidos en las líneas de corte y deberán protegerse posteriormente, así como disponerlas en lugares sin retención de agua. Vigilar el correcto sellado de las uniones entre virolas de chapa del material de aislamiento utilizado para evitar que este pueda mojarse y por tanto aumentar las pérdidas térmicas del depósito.
- **Aislamiento de tuberías.** La protección exterior difícilmente garantiza que el agua y la humedad pueda alcanzar el aislamiento de la tubería por lo que éste debería ser de celda cerrada y/o disponer de una barrera antivapor. Asimismo, debería disponer de una protección mecánica, rígida o flexible, que se vea afectada por las condiciones exteriores ni otros elementos externos. Por ejemplo, de chapa de aluminio, o galvanizada; o tubos de materiales plásticos, etc. El uso de papel de aluminio puede ser suficiente como sistema de protección exterior siempre que esté adecuadamente resuelto el procedimiento y la durabilidad de la adherencia de las solapas.

Se considera que estos requisitos no se pueden cumplir con una protección que sólo utilice pintura y debería estar expresamente excluido en la protección del aislamiento.

- **Otros elementos.** Todos los componentes y materiales al exterior deben estar específicamente previstos para soportar condiciones exteriores. Por ejemplo, raramente un manómetro o termómetro son para exteriores. Aunque queden protegidos de la radiación directa, siempre habrá radiación indirecta y además retendrán agua que les entrará en el interior y dejarán de verse la medida. El agua y el oxígeno del aire terminará oxidándolos.
- **Materiales plásticos.** Determinados componentes (tuberías de alimentación de agua fría, partes de la valvulería, purgadores, etc.) pueden utilizar materiales plásticos que no son aptos para ser instalados directamente al exterior dado que la radiación UV puede producir el envejecimiento y deterioro acelerado. Siempre deberán tener una envolvente cerrada.
- **Protección exterior frente a animales.** En determinadas localizaciones deben tomarse precauciones especiales para proteger las partes de la instalación que puedan ser deterioradas por animales (normalmente aislamiento de tuberías o equipos dañadas por la acción de pájaros, roedores, etc.).

- **Resistencia del edificio**

En las instalaciones de energía solar térmica, siempre hay componentes al exterior del edificio por lo que su conexión con el interior del mismo puede interrumpir la continuidad de la impermeabilización de cubiertas, por ejemplo, por lo que se debe revisar que ninguna parte de la instalación afecta a la estanqueidad de los cerramientos y confirmar que no existen filtraciones de agua o de cualquier fluido hacia el interior del edificio.

- Verificar que se evita **la entrada de agua de lluvia al interior** por los puntos de sujeción de las estructuras a la construcción (cubierta, fachada, etc.) que afecten a la impermeabilización. Se debe evitar tener que evitar actuar sobre la impermeabilización, sobre todo en superficies horizontales o con escasa pendiente. A esos efectos, es preciso evitar que se produzcan retenciones en la circulación de agua por las cubiertas que puedan formar balsas que aumenten el riesgo. Por ejemplo, cuando se realizan zunchos de hormigón sobre cubierta o cuando se utilizan perfiles metálicos que retienen agua y pueden conducirla al interior. En general, si las características constructivas del edificio lo permiten, es preferible utilizar apoyos lastrados que se apoyen en las cubiertas en lugar de estructuras ancladas a las mismas teniendo en cuenta las cargas de viento a la hora de determinar el peso de dichos lastres.
- **Soluciones adecuadas para los trazados de tuberías, cables, etc.** que atraviesan paramentos. Se deben utilizar cerramientos verticales y entrar a contrapendiente para que las canalizaciones no sean las que canalicen el agua. Nunca se debe realizar en cerramientos horizontales. No confiar estanqueidad a impermeabilizantes expuestos en el exterior que pueden degradarse y perder su efectividad con el paso del tiempo.
- **Fluidos o agua de circuitos en el interior de edificios.** Deben cuidarse los elementos de la propia instalación que puedan instalarse en zonas secas del interior del edificio y dañar zonas del interior, sean accesibles o inaccesibles, componentes (depósitos y accesorios en falsos techos), escapes conducidos que se obstruyen, etc. En estos casos hay que prever, además, las posibles roturas o fallos en las conexiones.

5.2.6. Pruebas específicas

En el caso que los resultados de las revisiones realizadas no se consideren evidentes, se podrán incluir pruebas específicas que se pueden necesitar para completar el informe ya sea previamente para tener datos con el informe y antes de definir las medidas correctoras o incluidas posteriormente en las actuaciones de rehabilitación para asegurar los resultados.

Se remite al RITE (Instrucción Técnica Complementaria 2.2) y a la Guía del IDAE 009 “Puesta en marcha de instalaciones según RITE” para analizar detalladamente los procedimientos para realizar:

- Pruebas de estanqueidad de redes de tuberías de agua
- Pruebas de libre dilatación
- Prueba de estancamiento del circuito primario

Adicionalmente y sin carácter restrictivo, alguna información complementaria a dichas pruebas se puede encontrar en:

- De presión para estanqueidad GTEST-8.2.1
- De libre dilatación y de estancamiento GTEST 8.2.2
- De encendido manual GTEST 8.4.1
- De distribución de caudal con medidas de temperatura GTEST 8.4.2
- De calibración del sistema de control y los valores del sistema de limitación de la temperatura máxima del acumulador, máxima del circuito primario y protección contra heladas GTEST 8.4.3
- De funcionamiento GTEST 8.5: encendido y apagado diario, evolución diaria de temperaturas, entrega de agua caliente.

En los circuitos que admiten la formación de vapor, la prueba de funcionamiento del vaso de expansión se deberá realizar junto con la prueba de estancamiento.

5.3. Evaluación del funcionamiento

Después de verificar el correcto diseño, dimensionado y ejecución, en este apartado se establecen las actuaciones necesarias para que el técnico especialista pueda evaluar el nivel de eficiencia en el funcionamiento de la instalación.

La evaluación ideal y precisa del funcionamiento de una IST solamente podrá ser completamente verificado a posteriori cuando se disponga de un sistema de medida que haya permitido controlar y contabilizar, de forma continua y durante un largo periodo de tiempo, las prestaciones energéticas de la instalación. No obstante, para tomar decisiones relacionadas con su rehabilitación es necesario establecer un procedimiento de evaluación durante la visita que no se puede dilatar demasiado en el tiempo, que utilice soluciones viables, económicas, sencillas e inmediatas que permitan confirmar su fiabilidad y estimar las prestaciones energéticas con un nivel de precisión suficiente.

Para ello, hay que destacar la necesidad de disponer de un sistema de medidas (de temperaturas, presiones, caudales, energía suministrada, etc.) adecuado para obtener los datos que se requieran por lo que habrá que evaluar si los dispositivos existentes en la instalación (sensores, contadores, etc.) son utilizables y suficientes para realizar esta evaluación o si es necesario disponer nuevos equipos.

Naturalmente, hay que tener en cuenta las diferencias que pueden existir entre instalaciones grandes y pequeñas tanto por los dispositivos que habría que utilizar y los sistemas de medida que se pueden incorporar como por la importancia de los resultados que se puedan esperar. El técnico deberá discriminar el procedimiento a utilizar para cada tipo de instalación.

A continuación, se describen varios procedimientos para evaluación del funcionamiento de diferente complejidad y precisión que permitirá al técnico seleccionar el más adecuado y disponer de la información precisa para cada caso. Como se verá más adelante, hay procedimientos que no aportan información cuantitativa, pero sí de calidad suficiente para validar la eficiencia de funcionamiento como, por ejemplo, cuando se comprueba que los captadores trabajan a la menor temperatura posible compatible con la del acumulador.

Supuesto que se ha realizado la verificación de la fiabilidad de la instalación con la detección de problemas de funcionamiento, se proponen los siguientes procedimientos para evaluar la eficiencia de la instalación por orden de complejidad y de precisión crecientes:

- Verificación de calentamiento instantáneo
- Verificación de calentamiento diario
- Pruebas de entrega de agua caliente sanitaria
- Control de consumos de agua caliente y de energía
- Sistema de monitorización temporal o fijo

Para realizar una evaluación del sistema completo será necesario combinar las actuaciones que verifican el proceso de calentamiento del acumulador con las pruebas de entrega de agua caliente desde el acumulador a los puntos de consumo y su combinación con el funcionamiento del sistema de energía auxiliar.

Se complementarán estas actuaciones con la información adquirida en la evaluación de las pérdidas térmicas de la instalación y la verificación de caudales mencionadas anteriormente.

Se incorpora en el anexo el formulario F6 para el registro de los datos de funcionamiento que puede utilizarse para las pruebas de calentamiento instantáneo, diario y de entrega de agua caliente que se realicen; naturalmente el formulario debe adaptarse a las medidas disponibles. Para estas pruebas únicamente se requiere un termómetro digital de contacto o similar; los valores indicados en los ejemplos los tendrá que ajustar el técnico a cada zona climática, a la temporada del año de que se trate y al tipo de instalación solar.

5.3.1. Verificación del calentamiento instantáneo

La verificación del funcionamiento instantáneo es un sencillo ensayo sencillo que permite comprobar que la IST calienta el agua del acumulador con un rendimiento razonable determinado en base a las temperaturas de funcionamiento del mismo. Se trata de comprobar que, cuando el acumulador solar está frío, existe transmisión de calor desde los captadores al acumulador. El acumulador deberá de calentarse a la vez que la temperatura en el campo de captación debería de ser moderada pasados unos instantes tras su arranque inicial. Idealmente, su temperatura no debería de ser mucho mayor que la del acumulador lo que significará que lo están calentando y que el calor se está transfiriendo adecuadamente al acumulador. Aunque no es imprescindible para una prueba instantánea, conviene también tratar de evitar que se produzca consumo de ACS mientras se realizan las pruebas, ya que la constante entrada de agua fría que se produjese podría evitar que se pudiese apreciar el calentamiento del depósito.

El ensayo se debe realizar como se indica:

- Se visita la instalación en horas cercanas al mediodía solar (± 2 horas) en un día soleado y se registran el día y la hora, así como los datos meteorológicos del día: radiación global incidente (medida o estimada o al menos si está nublado o no), y temperatura ambiente.
- Se mide la temperatura del agua de la parte baja del acumulador solar asegurándose que la temperatura es del orden de la temperatura ambiente. Para ello se pueden usar termómetros analógicos, o digitales laser (permiten medidas más rápidas y precisas) o sondas de temperatura. Se debe asegurar que no se produce consumo de ACS que pueda provocar la entrada de agua fría durante la prueba aislando el depósito, como se ha mencionado anteriormente, y abrir el bypass del acumulador solar para garantizar que los usuarios sigan disponiendo de agua caliente.
- Se debe comprobar que existe circulación en los circuitos de calentamiento primario y secundario en caso de existir (ya sea por termosifón o por arranque de bomba desde el sistema de control en sistemas forzados) y que el funcionamiento es continuo. Para ello se debe evaluar el salto térmico en los diferentes circuitos, primario y secundario del intercambiador.
- Determinar la temperatura media de funcionamiento de captadores midiendo las temperaturas de entrada y salida del campo de captación.
- Verificar que el sistema de intercambio cumple adecuadamente su función comprobando que existe un importante salto de temperaturas en el primario y que la temperatura de salida del secundario es cercana a la de entrada a su primario, lo cual es un indicador de que el acumulador dispone de una adecuada eficiencia. Una temperatura de salida del primario del

intercambiador similar a la de entrada y una salida de secundario fría, es un indicador de que no se produce el necesario intercambio térmico entre ambos circuitos.

En el primer contacto con la instalación, antes de realizar ningún ensayo o prueba, y sin conocimiento contrastado acerca del consumo previo, y en relación con la temperatura del acumulador se debe verificar que:

- Si el acumulador solar está caliente es un indicador de que los captadores calientan, aunque no se tenga mayor información acerca de si el rendimiento es adecuado o no.
- Si el acumulador solar está frío, puede ser un indicador de que la IST no funcione o de que ha habido un gran consumo de agua caliente. En esta condición se puede realizar el ensayo porque si estuviera caliente habría que hacer una extracción de agua caliente para enfriar la parte inferior del acumulador.

Evaluación de resultados:

1. En base a las medidas tomadas, se puede deducir:
 - La IST calienta correctamente si la temperatura media de funcionamiento del captador es, como máximo, hasta 10-15°C superior a la temperatura del acumulador y se mide una diferencia entre las temperaturas de entrada y salida del captador inferior a 20°C si el depósito está frío (temperatura igual o próxima a la de red).
 - La IST no funciona correctamente si la temperatura de funcionamiento del captador es superior a la del acumulador en más de 20-25°C y se miden saltos de temperatura entre entrada y salida de captadores superiores a 30°C. Puede ser indicador de bajo caudal en el circuito primario. Las instalaciones de bajo caudal atienden a valores diferentes. En estos casos, se debe comprobar que el circuito secundario a la salida del intercambiador no transmite la temperatura, en caso de existir. Además, el depósito no aumenta su temperatura apreciablemente.
 - Si los saltos de temperatura son muy bajos (inferiores a 3 °C) puede indicar caudal excesivo o mal rendimiento de captación
2. Si la temperatura de funcionamiento del captador solar en relación con la del acumulador está comprendida entre 15 y 20°C y el salto de temperaturas entre entrada y salida del captador es superior a 20-30°C el diagnóstico es incierto, no se puede dar por bueno el resultado y se debe repetir la prueba o hacer un estudio más exhaustivo.
3. Si se necesita repetir la prueba, puede ser necesario enfriar el depósito solar si este se ha calentado. Se espera un mínimo de 15 minutos para repetir las medidas de temperaturas y la temperatura de referencia del acumulador deberá ser la de agua fría.

Se puede obtener Información adicional si el acumulador solar está caliente ya que se puede analizar, en función de radiación y temperatura ambiente, la temperatura que alcanzan los captadores y la capacidad de la IST de seguir calentando el acumulador.

5.3.2. Verificación de calentamiento diario

Se trata de analizar la capacidad de calentamiento de la IST después de cinco o más horas de funcionamiento diario sin que haya ninguna extracción de agua caliente del acumulador; para ello es necesario que el acumulador de la IST esté frío por la mañana, que el día sea soleado y que al final del día se pueda comprobar cuanto se ha calentado el agua del acumulador de la IST. La prueba tratará de determinar la eficiencia de la instalación en un día, para lo que preferiblemente la

temporada del año será un día de primavera o de otoño, evitando días calurosos del verano o los más fríos del invierno, ya que además del efecto de la cantidad de radiación disponible y de la temperatura ambiente se le añade el efecto del ángulo de inclinación del sol con respecto al plano de los captadores solares. Se insiste en la necesidad de ajustar los valores indicados conforme a las condiciones particulares de la instalación, del clima y del consumo.

Para la verificación del calentamiento diario se podrá realizar el siguiente ensayo:

- Se iniciará el día de ensayo, al menos, 3 horas antes del mediodía solar, con el depósito acumulador a una temperatura no superior en más de 10°C a la temperatura de agua fría. Se pueden alcanzar dichas condiciones si ha habido un fuerte consumo por la mañana.
- Se cierran todas las válvulas del circuito de consumo para que no exista posibilidad de realizar ningún consumo ni extracción y se deja que la IST caliente a lo largo del día. Si el edificio no se puede dejar sin suministro de agua caliente, habrá que habilitar un baipás a este fin. Es importante que el corte sea con una válvula general y no accesible ya que durante 6 horas no se va a controlar que cualquier persona pueda abrir algún punto de consumo del edificio.
- Al finalizar el día, por lo menos 3 horas después del mediodía solar, se realizará una extracción continua de agua caliente (desde un punto que directamente sea alimentado desde la parte alta del acumulador solar) durante 10 minutos a un caudal medio de unos 5 l/m (apertura media de un grifo) y se tomarán las medidas de temperaturas del ACS cada 2 minutos, se calculará la temperatura media (T_{mf}). Se determinará la elevación de temperaturas media conseguida a lo largo del día $DT_m = T_{mf} - T_{mi}$.
- Se comprobará que dicho salto de temperaturas es superior, al menos, a 20-30°C en invierno y a 40-50°C en verano.

5.3.3. Pruebas de suministro de agua caliente

Esta prueba debe considerarse complementaria a las dos anteriores de calentamiento del acumulador solar y pretende evaluar las características de circulación del agua de consumo desde el acumulador solar hasta los puntos donde se utilice. Por tanto, una vez verificado el correcto calentamiento de la IST, se deberá comprobar la entrega de agua caliente al consumo lo que se realizará midiendo las temperaturas del agua caliente en los diversos tramos del circuito hasta los puntos de consumo.

En función de la configuración del circuito se realizarán medidas de circulación tanto con el sistema de energía auxiliar (SEA) conectado como desconectado y con la válvula mezcladora termostática a diferentes temperaturas desde una temperatura máxima de 60°C, comprobando que la temperatura de ACS en el punto de consumo sea coherente con la regulada que debe ser el mínimo valor compatible con la garantía sanitaria y con el confort de uso.

Deben diferenciarse las instalaciones con SEA centralizado o distribuido (individual) y, en este caso, si los sistemas están conectados en serie o en paralelo:

A. Sistemas de energía auxiliar centralizado

- Verificar la circulación de agua del circuito de consumo desde el acumulador solar hasta el SEA y hasta los puntos de uso midiendo las temperaturas de agua en distintas partes del circuito.

- Comprobar el correcto funcionamiento de los circuitos alternativos y que permanecen abiertos o cerrados los diferentes recorridos según interese. Por ejemplo, los baipases para conectar acumuladores o el propio SEA, la válvula mezcladora para la distribución, la recirculación cuando puede retornar al solar o al auxiliar.
- Revisar el funcionamiento del circuito de recirculación controlando los tiempos de funcionamiento de bomba, las temperaturas de retorno y adoptar las necesarias precauciones en el caso de retorno conectados al acumulador solar.

B. Sistemas de energía auxiliar distribuido

Conexión en serie

Verificar de la misma forma indicada anteriormente el circuito de consumo desde el acumulador solar hasta el SEA y los puntos de uso midiendo las temperaturas de agua.

Conexión en paralelo

Además de todo lo anterior, comprobar que el procedimiento de conmutación para seleccionar que el agua de consumo proceda de la IST y el SEA es adecuado y sencillo.

5.3.4. Consumos de agua caliente y de energía

En aquellas instalaciones que dispongan de medidas del consumo de agua caliente (en instalaciones centralizadas) o de la energía producida por la instalación solar (sea en circuito de consumo o en circuito interno) deben recuperarse y analizarse los datos disponibles a través de los sistemas existentes para ello ya sean contadores volumétricos específicos para ACS, contadores de energía, etc. y establecer un procedimiento para registrar los nuevos datos por ser información básica para evaluar y verificar las prestaciones.

5.3.5. Sistema de monitorización

Son los sistemas que permiten el seguimiento y registro continuo de determinadas variables de funcionamiento de las instalaciones. Pueden ser sistemas que visualizan o no los datos, y que solamente realizan la adquisición de datos y los almacenan o sistemas que también incorporan funciones de control, supervisión del funcionamiento y en los que se pueden programar avisos de fallos.

Es necesario verificar la capacidad de almacenaje de datos de estos sistemas, es decir, la cantidad de datos que se almacenan y durante cuánto tiempo.

Hay que tener en cuenta que hay contadores de energía que también almacenan datos de energía, temperaturas y caudales de forma separada muy útiles para conocer y valorar mejor el funcionamiento de la instalación.

Hay que señalar que los sistemas de monitorización pueden abarcar la medida e identificación de:

- Horas de funcionamiento de bombas y otras actuaciones eléctricas
- Sensores, de temperatura o presión, para registrar su evolución durante unos días.

- Contador de caudal o de energía de consumo o de circuitos cerrados
- Conjunto de variables de funcionamiento que permite la evaluación parcial o completa (salidas digitales, entradas, alarmas generadas, etc.)

A. Sistemas fijos

En aquellas instalaciones que dispongan de un sistema de monitorización continua habrá que analizar las características del sistema (número de entradas y salidas, tipo de señales permitidas, posibilidades de programación, etc.), las medidas y el cálculo de prestaciones que realiza, así como los registros y duración de los mismos de que se dispongan. Si el sistema genera señales de alarma y control, así como proceder a su registro y evaluación para un adecuado seguimiento de las mismas.

En los casos en los que sea posible, se recomienda medir y registrar el consumo de agua caliente y los aportes de energía térmica, así como todas las variables que permitan caracterizar el funcionamiento del sistema solar y el auxiliar. Si el sistema dispone de telemonitorización, es decir, que tiene la posibilidad de ser visualizado a distancia, utilizando internet, telefonía, etc. será más sencilla su utilización para el diagnóstico sobre el funcionamiento.

En cada caso se deben definir las características de los sensores y las prestaciones técnicas que deben ofrecer los sistemas de adquisición, registro y transmisión de datos. Un adecuado seguimiento de estos sistemas además de permitir el control continuo del correcto funcionamiento, facilita que se puedan maximizar las prestaciones energéticas.

Las instalaciones con sistemas de monitorización que hayan funcionado normalmente aportarán una gran información para su evaluación y habitualmente tienen asociado un programa de vigilancia y mantenimiento por lo que difícilmente estarán fuera de funcionamiento.

B. Sistemas provisionales

En el caso de que no existan datos de funcionamiento y se consideren necesarios, se pueden utilizar sistemas de monitorización portátiles que permiten tomar datos completos del funcionamiento y evaluar las prestaciones de la instalación con una metodología suficientemente contrastada. Estas soluciones deberían utilizar procedimientos lo menos invasivos que sea posible (sensores de temperatura de contacto, medidas de caudal por ultrasonidos o insertados en carretes de tuberías, etc.).

La fiabilidad de la evaluación dependerá de la duración del tiempo de monitorización, de la frecuencia de datos, así como de las secuencias de funcionamiento por lo que se deben prever días de ensayo en diferentes condiciones que facilitarán su evaluación.

De los registros de datos disponibles se podrán derivar toda la información que se pueda necesitar relacionada con las condiciones de funcionamiento y sus prestaciones energéticas.

También puede utilizarse desde un simple registro de unas pocas temperaturas, horas de funcionamiento de bombas o caudales totales.

5.4. Revisión del mantenimiento

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	NA	SI	NO	OBSERVACIONES
Captadores solares	Conforme manual de instrucciones del fabricante				
Cristales	Condensaciones y humedad interior				
Juntas	Agrietamientos y deformaciones				
Absorbedor y carcasa	Corrosión y deformaciones				
Circuito interno	Corrosión, incrustaciones o fugas				
Acumuladores solares	Presencia de lodos en el fondo				
Protección Catódica	Comprobación desgaste ánodos de sacrificio				
Aislamiento	Protección exterior y humedad				
Intercambiador de Calor	Ensuciamiento e incrustaciones: saltos de temp.				
Circuitos hidráulicos	Fugas no reparadas y manchas de humedad				
Aislamiento	Degradación y presencia de humedad				
Bomba circuladora	Falta de estanqueidad y verificar caudales				
Purgador automático	Presencia por no haber sido sustituidos				
Purgador manual	Vaciar aire de los botellines de purga				
Sistema de llenado	Revisión periódica del funcionamiento				
Vaso de expansión	Comprobación de la presión del lado aire (gas N2)				
Válvulas de corte	Agarrotadas por no actuarlas (abrir y cerrar)				
Válvulas de seguridad	Agarrotadas por no actuarlas (abrir y cerrar)				
Válvula termostática	Capacidad regular temperaturas				
Válvula de tres vías	Control cierre de vías alternativas				
Fluido de Trabajo	Comprobar densidad y pH				
Sistema de medida	Contrastar las medida con otros dispositivos				
Contador caudal/energía	Registrar la medida y evaluar los datos				
Sistema de control	Fallos por no actuación (man./aut.) e instalación				
Termostato	Fallo en contactos				
Sondas y sensores	Contrastar temperaturas de sensores				
Sistema auxiliar	Conexionado y control de temperatura consigna				
Adicionales edificio	Relaciones con otras instalaciones				
Materiales	Compatibilidad entre ellos y con los fluidos				
Estructura	Indicios de corrosión y apriete de tornillos				
Estanqueidad	Degradación de impermeabilización al exterior				

Figura 32: Formulario 7 - Revisión de mantenimiento

Se trata de analizar si la instalación ha tenido un plan mantenimiento, si es adecuado y está bien definido y se llevado a cabo correctamente para determinar el nivel de atención que ha tenido la IST, las actuaciones que se han realizado y el resultado que estas han generado, el estado de conservación de los componentes o el grado de deterioro que puede haber sufrido durante su funcionamiento y, en definitiva, toda la información necesaria para definir las actuaciones que se puedan necesitar para su puesta a punto. Los resultados se recogerán en el formulario F7 que se puede adaptar a cada caso.

No siempre es posible diferenciar claramente, revisando el estado de una instalación, que actuaciones se corresponden con el mantenimiento y cuáles con las calidades de ejecución.

Será importante identificar los años de operación de los componentes principales, así como la periodicidad de las actuaciones de mantenimiento preventivo y correctivo con el fin de evaluar correctamente el tiempo de vida útil.

Se realizan observaciones y se describen algunos problemas que se pueden detectar en las instalaciones relacionadas con el mantenimiento:

Captadores solares. Los captadores de calidad contrastada disponen de certificación ministerial obtenida con la tramitación de ensayos de entidades reconocidas y no suelen presentar problemas externos ni requieren atención especial al ser componentes expresamente diseñados para exteriores y normalmente no requieren ningún mantenimiento más allá de la limpieza esporádica de la cubierta de vidrio. Los problemas que se pueden detectar visualmente habría que investigar si están producidos por fallos de fabricación, por instalación incorrecta o por operaciones de mantenimiento indebidas. Para ello, es importante contrastar la información disponible con la contenida en el manual del fabricante. No obstante, la vida útil prevista de los captadores solares solamente podrá apreciarse cuando no se observe ninguna evolución en su apariencia física estando sometidos a las condiciones reales y a veces extremas de funcionamiento, y habrá que adoptar precauciones cuando aparezcan algunos defectos que serían impredecibles en los ensayos rápidos realizados. Son reconocidos los siguientes:

- Síntoma de posible deterioro es la existencia de condensaciones en la parte interior de la cubierta porque indica elevada humedad interior que puede afectar al aislamiento o a iniciar la corrosión de las partes metálicas. Una situación que se debe solventar con ventanas de respiración.
- Agrietamientos y deformaciones en las juntas cubierta-carcasa o absorbedor-carcasa deben ser achacables a una deficiente adecuación de sus características a las condiciones a las que van a ser sometidas (no resisten los ciclos de temperaturas, la acción de rayos UV, etc.)
- Si pueden ser visibles desde el exterior, deben detectarse y estudiar los inicios de corrosión, así como las deformaciones del absorbedor, carcasa y elementos metálicos.
- El circuito interno del captadores es la parte más difícil de analizar y puede tener problemas de corrosión, de incrustaciones calcáreas difíciles de detectar o de fugas que habitualmente estarán relacionadas con el nivel de reposición de fluidos, las características y calidad del mismo (acidez, etc.) y del mantenimiento del circuito primario.
- Es necesario prestar atención a los puntos en los que el absorbedor asoma al exterior de la carcasa, donde las uniones deben ser estancas, aunque las terminaciones del mismo, incluidos los racores de conexión no presenten desperfectos.

Acumuladores solares. Pueden tener problemas relacionados con:

- La presencia de lodos en el fondo que deben limpiarse periódicamente ya que pueden acelerar los procesos de corrosión interna.
- El estado de la boca de hombre (tornillería, tapa, acceso a la misma, etc.) debe ser revisado porque suele ser punto frágil de la durabilidad del acumulador.
- La conservación y continuidad del recubrimiento interior del depósito de consumo es un factor esencial para alargar su vida útil y mantener la calidad sanitaria del mismo. En los depósitos de inercia debe revisarse el mantenimiento de las condiciones de la superficie interior.
- La degradación o indicios de corrosión interior depende mucho de la calidad de las aguas, de la calidad de la protección catódica y del nivel de desgaste o periodicidad de su sustitución de los ánodos de sacrificio.
- Son síntomas de correcta conservación la ausencia de humedad en el aislamiento térmico del acumulador, su completa continuidad y su resistencia a condiciones ambientales cuando dispone de una adecuada protección exterior.

Intercambiador de calor. El problema más habitual es

- El ensuciamiento interior y las incrustaciones calcáreas en el circuito secundario con aguas duras por lo que se deben programar periódicas medidas de los saltos de temperatura para controlar prestaciones y efectuar su limpieza en caso necesario.
- Los intercambiadores que disponen de aislamiento térmico requieren el mismo tratamiento de conservación y limpieza que en el resto de la instalación.

Circuitos hidráulicos. Son problemas habituales debidos a falta de mantenimiento:

- La presencia de fugas no reparadas o manchas de humedad
- La degradación del aislamiento o la presencia de humedad
- La falta de estanqueidad o modificaciones no controladas del caudal en circulación
- La presencia de purgadores automáticos no sustituidos
- El vaciado periódico del aire de los botellines de purga
- El funcionamiento correcto del sistema de llenado
- Comprobación de la presión del lado aire (gas N2) del vaso de expansión
- Válvulas de corte agarrotadas al no manipularlas (abrir y cerrar) periódicamente
- Válvulas de seguridad agarrotadas al no manipularlas (abrir y cerrar) periódicamente
- Pérdida del ajuste y a capacidad de regulación de la válvula termostática
- Falta de control del cierre de válvulas de tres vías
- Falta de prestaciones del fluido de trabajo al no comprobar densidad y pH
- Estado de manguitos electrolíticos
- Correcto funcionamiento de válvulas antirretorno.

Sistema de medida. Pueden ser fallos achacables a falta de mantenimiento:

- Errores de medida de manómetros y termómetros cuando no se realiza un contrato periódico e inspección de su estado de conservación.
- Errores de medida de contadores de caudal y energía cuando no se contrasta la medida y no se realiza una limpieza periódica de los circuitos
- La incorrecta posición de sondas y los elementos de medida si se han movido por cualquier causa, la falta de pasta térmica si es necesaria para tener buen contacto, etc.

Sistema de control. Son problemas comunes los fallos producidos por:

- La falta de actuaciones electro-mecánicas como la conmutación manual/automática, el apriete de bornas, la revisión del cableado y conexiones de las líneas, etc.
- Los contactos en las actuaciones de termostatos, relés, etc.
- Los reguladores de consignas de temperaturas y el contraste con medidas directas

Sistema de energía auxiliar. Es recomendable también integrar los mantenimientos para evitar:

- Fallos de posición de válvulas y de funcionamiento del circuito que conecta circuitos de alimentación, distribución y recirculación. Sobre todo, en el caso de circuitos que tienen recorridos alternativos (baipases, válvulas de tres vías, etc.)
- Falta de control efectivo de funcionamiento y del rendimiento de equipos si no se dispone de datos de consumos que permitan realizar el balance energético
- Fallos por falta de ajuste periódico de las temperaturas de consigna de los diferentes sistemas.

Adicionales del edificio. Deben cuidarse:

- La conservación y limpieza de las interconexiones con las otras instalaciones: abastecimiento de agua, drenaje y saneamiento, redes eléctricas, etc.
- La compatibilidad entre materiales y de componentes con fluidos y con el agua
- Los primeros indicios de corrosión y necesidades de apriete de tornillos en estructura
- Los fallos de la estanqueidad y la posible degradación de la impermeabilización exterior



6 PROPUESTAS DE ACTUACIÓN

Como resultado de las actuaciones desarrolladas el técnico especialista realizará un informe final donde se presentará el resumen del estado de la instalación, el alcance de las intervenciones a realizar, las prestaciones energéticas previstas supuesto un funcionamiento correcto después de la rehabilitación, así como el presupuesto de la rehabilitación y el coste anual del mantenimiento. Se incluirá el estudio de viabilidad económica, así como los presupuestos de actuaciones opcionales que se recomienda ejecutar.

No obstante, aunque los contenidos del informe queden definidos para cualquiera de los casos y las aplicaciones que se puedan presentar, tanto la descripción incluida en el informe a presentar como el alcance de la intervención y su presupuesto de referencia estarán supeditados a la fórmula de trabajo del técnico especialista que podrá ser, en función del tipo de empresa que lo realice:

- **Empresa instaladora y mantenedora:** se ofrece al usuario la solución completa definiendo todas las actuaciones necesarias, su coste total y los ahorros que se producen. Debe incluir el programa y los costes anuales de mantenimiento. El usuario asume el coste completo de la rehabilitación y los pagos periódicos por los mantenimientos.
- **Empresa de servicios energéticos (ESE):** ofrece los mismos servicios que la empresa instaladora pero la inversión la realiza la ESE ya que hace el desembolso inicial y cobra al usuario los importes periódicos (mensuales o trimestrales) que se hayan acordado, así como los pagos de los mantenimientos.
- **Empresa de ingeniería de proyectos:** ofrece una descripción suficiente para completar un proyecto de rehabilitación para que posteriormente el usuario pueda pedir varios presupuestos y comparar diferentes propuestas de la misma solución técnica. En este caso, sería conveniente el asesoramiento y acompañamiento de la ingeniería en la toma de decisiones y en la dirección de las obras proyectadas.

Cuando el promotor de la rehabilitación no sea el usuario, el informe final deberá contener la propuesta de solución destinada a los usuarios finales, que pueden ser uno o varios, con el fin de transmitirles las posibilidades de rehabilitación que podrían acometer por sus propios medios.

Se realizará el informe acordado con el promotor utilizando los datos específicos de la rehabilitación y complementándolo con otros resultados que se hayan establecido de común acuerdo como, por ejemplo, un fabricante puede querer incorporar información relacionada con sus productos o una administración puede estar interesada en conocer datos económicos globales para programar posibles intervenciones, o compartir información acerca de las ayudas disponibles así como de las obligaciones del usuario relacionadas con la instalación térmica, etc.

En cualquier caso, en esta guía se indica exclusivamente el contenido del informe para el usuario final del que, en cada caso particular, se podrán extraer del mismo los datos y la información que requiera el promotor de la rehabilitación si fuera diferente a aquel.

Se deberá cuidar la protección de datos y los permisos de uso cuando existan varios intervinientes.

6.1. Informe técnico final

El objetivo del informe técnico final es, por un lado, recopilar toda la información disponible acerca del estado actual de la instalación, los problemas detectados y por otro, plantear las medidas correctoras a implantar diferenciando las que sean imprescindibles, por esenciales e importantes sin las cuales la instalación no puede funcionar, y las opcionales de mejora, que no son indispensables pero que se consideran recomendables. El informe podrá incluir si así se ha convenido, otras actuaciones complementarias relacionadas con la propia instalación o el edificio y sus instalaciones.

El primer bloque del informe final de la rehabilitación debe de presentar, de forma entendible y ordenada, los resultados obtenidos de las actividades desarrolladas que se pueden agrupar de la siguiente forma:

- A. Antecedentes para conocer información previa de la instalación y el uso que haya tenido.
- B. Resultados de la revisión y comprobación de la documentación técnica existente de la instalación (sea proyecto, memoria, manuales, planos, etc.).
- C. Resultados de la visita técnica, comprobación de los datos de proyecto, y desviación en su caso, y revisión de la correcta ejecución, así como la información de las condiciones de funcionamiento.
- D. Disponibilidad y cumplimiento de programas de vigilancia y mantenimiento.
- E. Información relativa al edificio y a las instalaciones térmicas o eléctricas complementarias que puedan afectar en la rehabilitación de la IST.
- F. Propuestas encaminadas a la adecuación a la normativa vigente en la actualidad, aunque no fuera de aplicación en el momento de su diseño.

La información referida en el listado anterior recoge los resultados del análisis de la documentación y de todas las revisiones realizadas. Para su incorporación en el informe se recomienda utilizar los mismos formularios empleados en el trabajo desarrollado.

En un segundo bloque, el técnico especialista elaborará la propuesta final de intervención para rehabilitar la instalación que incluye:

- A. Selección de las **medidas correctoras** esenciales e importantes que se consideran imprescindibles para garantizar la seguridad, la fiabilidad, el rendimiento y la durabilidad de la instalación. Pueden estar diferenciadas en medidas que corrigen el diseño y dimensionado inicial y medidas que corrigen una deficiente ejecución de la instalación
- B. Resultado final de la **producción prevista tras la rehabilitación**: producción esperada, ahorro energético y económico.
- C. Plan para **seguimiento, vigilancia y mantenimiento** de la instalación y procedimiento para asegurar el cumplimiento de las prestaciones energéticas previstas
- D. Adicionalmente, el técnico podrá incorporar en el informe final otras actividades que no sean medidas imprescindibles para la rehabilitación pero que permitan ampliar el alcance y los contenidos de la intervención:

- Medidas recomendables para aumentar la fiabilidad, la eficiencia y la durabilidad
- Actuaciones complementarias que se propone incorporar a la actuación
- Mejoras en la accesibilidad, así como mejoras de la prevención de riesgos laborales (líneas de vida, etc.)
- Incorporación de sistemas de telecontrol y medida.

6.1.1. Medidas correctoras del diseño y dimensionado

Los problemas detectados relacionados con el diseño y dimensionado se habrán recopilado por el técnico especialista en el formulario F02 (Revisión de proyecto) que recoge en los 35 apartados que se describen.

Las medidas correctoras a implantar deben utilizar los criterios establecidos en la GTEST. A continuación, se establece su definición genérica para las diferentes deficiencias que se puedan detectar en el diseño y dimensionado de forma que el técnico pueda evaluar los criterios de aplicación en cada caso en particular.

	Problemas detectados	Medidas Correctoras
1	Consumos unitarios o número de unidades de consumo incorrectos	Modificar datos de consumos unitarios y número de unidades de consumo. Contrastar los resultados con los datos reales disponibles
2	Temperaturas de preparación o de distribución elevadas	Cumpliendo condiciones sanitarias, reducir los valores de consigna
3	Valores de consumo medidos disponibles	Actualizar valores de consumo en el cálculo con nuevos datos disponibles
4	Captador solar no se encuentra certificado actualmente	Verificar si el captador solar estaba certificado cuando se instaló y, en cualquier caso, comprobar si existe ensayo y datos de rendimiento
5	Instalación infradimensionada por quejas usuarios, pocas prestaciones u otras	Detectar y estudiar los criterios que se establecen para calificación de infradimensionada y definir la forma de ampliar la superficie de captación
6	Relación V/A demasiado baja	Buscar la justificación y definir si existe forma de aumentar el volumen de acumulación
7	Problemas de orientación, inclinación o sombras evidentes	Confirmar que son problemas que afectan de forma significativa a las prestaciones y corregirlos en caso afirmativo
8	Temperatura máxima del acumulador (TMA) muy baja	Si dicha consigna impide el calentamiento del acumulador, y la protección del acumulador lo permite, aumentar TMA. También se puede aumentar el volumen de acumulación solar para reducir los tiempos en los que el TMA impide el calentamiento del acumulador.
9	El sistema de energía auxiliar (SEA) o su circuito no soporta temperatura solar elevada	Si no resisten temperaturas elevadas hay que intentar cambiarlos. Alternativamente utilizar válvula mezcladora, válvula diversora o instalar un termostato limitador a la acumulación solar lo que, en cualquier caso, penalizará la eficiencia

10	Componente con presión nominal (P_{NOM}) inferior a la presión de tarado de válvula de seguridad	Cambiar componentes con P_{NOM} inferior a tarado o cambiar válvula de seguridad con presión de tarado inferior. Revisar el cálculo de presiones
11	Tipo de conexión de captadores, y número de ellos por batería y/o caudal de diseño incumple manual fabricante	Modificar el número de captadores por batería o cambiar el tipo de conexionado y adecuar el caudal de diseño al manual. O consultar el manual del fabricante para entender el criterio utilizado por si fuera necesario modificarlo
12	Caudal de instalación inferior a 40 l/hm ²	Verificar que la instalación está diseñada para bajo caudal o, en caso contrario, aumentar el caudal de funcionamiento de la instalación
13	Caudal del captador fuera del rango establecido por el fabricante	Ajustar el caudal para que cumpla las especificaciones del fabricante si está fuera del rango admisible en el manual.
14	Defectos en equilibrado, valvulería, purga, vaciado y sectorización	Equilibrar circuito, modificar trazado y conexiones si no es posible el equilibrado mediante válvulas, incluir la sectorización o la valvulería necesaria y vaciados y purga si fuera necesario
15	Desajustes volumen de acumulación solar y auxiliar	Si el volumen de acumulación y la conexión de acumuladores lo permite analizar si es factible un reajuste de volúmenes solar y auxiliar. Estudiar la posibilidad de incorporar el sistema de energía auxiliar en el acumulador solar.
16	Conexiones de acumuladores incorrectas	Cambiar las conexiones de los acumuladores si no son correctas, es decir, conexiones de entrada en parte baja, salida en parte alta, conexionado en serie paralelo, etc.
17	Tamaño del intercambiador interior insuficiente < 0,2 m ² /m ²	Ver si es factible aumentar el tamaño del intercambiador, instalar otro interacumulador o modificar la instalación pasando a intercambio externo
18	Potencia del intercambiador exterior insuficiente $P < 525 \text{ W/m}^2$	Aumentar potencia de diseño del intercambiador y recalcarlo. Ampliar tamaño o cambiar
19	Temperaturas de diseño diferentes a entrada primario ($T = 50^{\circ}\text{C}$) y salida de secundario ($T \geq 45^{\circ}\text{C}$)	Modificar las temperaturas de trabajo para las condiciones de diseño y recalcarlo. Ampliar tamaño o cambiar
20	Pérdida de carga intercambiador > 200 mbar	Revisar si afecta a la pérdida de carga del circuito y a la presión de bomba
21	Efectividad del intercambiador inferior a 0,7	Modificar las condiciones de diseño del intercambiador si es inferior a 0,7. Ampliar tamaño o cambiar
22	Dimensionado de tuberías insuficientes	Modificar tuberías, diseño de circuito o conexionado. Ajustar caudales si fuera posible
23	Velocidad o pérdida de carga fuera de rango en circuitos internos	Revisar diseño y cálculo completo de tuberías, eliminar accesorios innecesarios y evitar cambios bruscos de dirección para disminuir las pérdidas de carga

24	Características de la bomba insuficientes	Aumentar tamaño si es de características inferiores a las requeridas, utilizar bombas en paralelo, etc.
25	Potencia eléctrica de bombas demasiado grande > 2%	Revisar pérdida de carga en circuitos o reducir tamaño si es factible cambio de modelo y de potencia
26	Velocidad o pérdida de carga fuera de rango en circuitos de consumo	Revisar diseño y cálculo completo de tuberías
27	Dimensionado de tuberías insuficientes	Modificar tuberías, diseño de circuito o conexión. Ajustar caudales si fuera posible
28	Características de la bomba insuficientes	Aumentar tamaño si es de características inferiores a las requeridas
29	Componentes no cumplen condiciones de trabajo	Sustituir componentes no válidos o modificar condiciones de trabajo
30	Incorrectos datos de partida o previsiones futuras considerados en cálculos de sombras	Revisar hipótesis y cálculos completos
31	Datos o métodos de cálculos de prestaciones incorrectos	Revisar cálculos completos de prestaciones
32	Datos de partida incorrectos para cálculos de intercambiador	Rehacer cálculos y selección de intercambiador
33	Problemas en cálculos de circuitos	Revisar cálculos de circuitos
34	Incorrecto dimensionado de sistema de expansión	Revisar cálculos de sistema de expansión
35	Problemas en cálculos de estructuras	Revisar cálculos de estructuras

6.1.2. Medidas correctoras de la ejecución

Las deficiencias detectadas que están relacionadas con la ejecución se han recopilado por el técnico especialista en el formulario F05 (Revisión de la ejecución) que recoge en los apartados que se describen a continuación. Al igual que en la revisión de proyecto, las medidas correctoras relacionadas con la ejecución también utilizarán los criterios establecidos en la GTEST. A continuación, se establece su definición para las diferentes deficiencias enumeradas y el técnico podrá evaluar los criterios para aplicación en cada caso en particular.

- **Seguridad estructural**

	Problemas detectados	Medidas correctoras
1	No coinciden hipótesis de cálculo	Revisar y recalcular. Incluso si fuera necesario modificar el proyecto estructural
2	Diferencias en planos y dimensiones	Adecuar a la estructura real
3	Estructuras base e intermedia	Reformar o reforzar si no son válidas
4	Estructura específica captadores	Sustituir sistema de sujeción si afecta
5	Elementos de apoyo y sujeción	Modificar anclaje o lastrado de estructura y corregir soportes deficientes de tuberías

- Sistemas de protección

	Problemas detectados	Medidas correctoras
Frente a quemaduras	1 Entrega ACS al usuario > 60 °C	Instalar válvula termostática a la salida del depósito y regular a un valor suficiente para que la temperatura de salida en el punto de consumo no provoque quemaduras al usuario (45 – 50 °C)
	2 Escape de válvulas de seguridad, drenajes y purgas	Conducir todos los escapes, vaciados y purgas y revisar los recorridos completos para no causar daños
	3 Superficies accesibles > 80°C	Impedir el acceso a los captadores y a las zonas técnicas. Evitar en general el acceso a superficies calientes
Altas temperaturas	4 Si se forma vapor	Revisar condiciones de formación de vapor y recorridos dentro del circuito primario
	5 No se forma vapor	Revisar nivel de presurización por encima de la temperatura de estancamiento
	6 Drenaje automático	Revisar trazado completo del drenaje de las partes del circuito que discurran al exterior
	7 Circuito primario y accesorios	Sustituir componentes que no resistan
	8 Tuberías de purga, drenaje, etc.	Sustituir componentes que no resistan
	9 Circuito de consumo (AF y ACS)	Sustituir componentes que no resistan
	10 Prueba estancamiento y vapor	Realizar prueba de estancamiento completa
Reducción	11 Fallos instalación o funcionamiento del disipador dinámico	Reparar o eliminar
	12 Defectuosa instalación o funcionamiento del disipador estático	Reparar o eliminar
	13 Otros sistemas	Reparar o eliminar
Antiheladas	14 Porcentaje de mezcla anticongelante	Asegurar estanqueidad circuito, sistema llenado y control de la proporción de la mezcla
	15 Verifica funcionamiento y trazado drenaje automático	Revisar correcta actuación, trazado completo del drenaje, longitud, pendientes, inexistencia de sifones, etc.
	16 Función de activación de la circulación en primario	Activar función si es zona riesgo medio y probar funcionamiento enfriando sonda con hielo
Altas presiones	17 Diseño expansión	Revisar hipótesis y ejecución expansión
	18 Acción combinada de presión y temperaturas máximas sobre los materiales plásticos	Verificar que los materiales utilizados cumplen con las condiciones de funcionamiento y sustituir materiales si no los soportan
	19 Otros	Revisar presiones negativas en acumuladores (válvula antivacío) y presiones diferenciales en intercambiadores (prueba estanqueidad)

Bajas presiones	20	Diseño expansión a mínima presión	Revisar presiones mínimas de la expansión lado circuito y lado aire
	21	Asegura estanqueidad	Revisar entradas salidas y realizar prueba de estanqueidad
	22	Entradas aire (purgas, seguridad)	Eliminar purgadores automáticos y válvulas de seguridad innecesarias distribuidas por el campo de captadores. Sustituir por purgas manuales e incorporar válvulas de corte manuales para anular actuación de válvulas de seguridad innecesarias. El campo generador debe de disponer tan solo de las válvulas de seguridad necesarias en función de su sectorización.
Eléctrica	23	Alimentación, cuadro y líneas REBT	Revisar o modificar instalación en caso necesario. Revisar grado de protección eléctrica de componentes
	24	Protección rayos captación	Revisar protección instalación
	25	Puestas a tierra componentes	Comprobar puesta a tierra instalación

- **Fiabilidad**

	Problemas detectados	Medidas correctoras	
Estanqueidad de circuitos	1	Se detecta la presencia de fugas	Reparación de fugas y hacer prueba de estanqueidad
	2	Fugas o goteo válvulas de seguridad	Ver las causas. Limpiar asiento o sustituir o anular si no es la principal
	3	Fallo del sistema de llenado	Regular presiones en el caso de existir presostatos y comprobar funcionamiento
	4	Purgador automático con válvula de corte	Eliminar sistemas automáticos y sustituirlos por purgas manuales
	5	Necesidad de prueba estanqueidad	Decidir si es necesaria la prueba antes o después de presentar la propuesta
Circulación de fluidos	6	Caudal total de los circuitos	Si se comprueba caudal inferior a proyecto, buscar la causa y corregir
	7	Obstrucciones y bolsas de aire	Eliminar sifones invertidos
	8	Problemas de intercambiador	Revisar pérdidas de carga en ambos circuitos o medir saltos térmicos
	9	Equilibrado circuitos en paralelo	Cambiar sistema de equilibrado con medidas de caudal y control de temperatura.
	10	Flujos baipás de válvula 3 vías	Sustituir válvula si no cierra la vía que corresponda e incorporar medida de temperatura para vigilar correcta actuación de la válvula
S	11	Comprobaciones de proyecto	Revisar datos de diseño y cálculo

	12	Verificación hipótesis de partida	Comprobar la máxima altura manométrica, volúmenes y presiones máximas y de válvula de seguridad
	13	Comprobación características vaso	Verificar placa de características del vaso
	14	Temperatura máxima de la membrana	Comprobar recorridos del fluido caliente hasta la membrana del vaso y proponer soluciones para evitar su posible contacto (vasos amortiguadores de temperatura, etc.)
	15	Instalación y conexión a circuito	Verificar conexión
	16	Necesidad de vaso tampón	Instalar en caso necesario para evitar daños en el vaso de expansión por temperatura.
	17	Presión en frío y estabilidad	Comprobaciones periódicas de la presión en frío. Posibilidad de automatizar medidas
	18	Presión de precarga lado aire	Verificar valores de proyecto e incluir comprobaciones periódicas en mantenimiento
	Sistema de medida	19	Medidas y sensores disponibles
20		Validez de los datos	Contrastar los datos medidos con otros sistemas de medida (termómetros laser, señales del sistema de control, aparatos de medida en campo, etc.)
21		Actuaciones que se realizan	Comprobar están incorporadas en plan de medidas de vigilancia y acciones
22		Configuración y sistema disponible de medida	Definir si es suficiente el sistema completo del que se dispone o hay que ampliarlo (añadir sondas, contadores, etc.)
Sistema eléctrico y control	23	Comprobaciones de proyecto	Comprobar esquema eléctrico, dimensionado conductores, pérdidas por longitud de cableado, y protecciones
	24	Verificar actuación diferencial	Comprobar temperaturas de parada y marcha del control diferencial
	25	Verificar funciones de protección	Revisar y contrastar las funciones de protección del control
	26	Instalación y sujeción de sondas	Revisar la correcta instalación y sujeción de las sondas en su vaina
	27	Temperatura máxima sonda captación	Comprobar soporta temperaturas de estancamiento incluso el cableado
	28	Conexión líneas y contactos	Verificar dimensionado de líneas, equilibrado de fases, bornas de unión, aprietes, etc.
	29	Trazado y protección de líneas	Comprobación trazados y protecciones

- **Pérdidas térmicas**

Problemas detectados

Medidas correctoras

Flujo inverso	1	Posiciones captación-acumulación	Adoptar precauciones especiales siempre que los captadores estén al mismo nivel o por encima de acumulación
	2	Trazados de circuitos y conexiones	Comprobar si los circuitos pueden favorecer el flujo inverso
	3	Diseño de sistemas antirretorno	Verificar correcta actuación de retenciones o instalar electroválvula enclavada
	4	Flujos internos en tuberías	Revisar posibles circulaciones internas
	5	Conexiones de entrada caliente	Evitar disposición de entradas de fluidos calientes que permitan la salida natural
	6	Entrada AF con antirretorno	Verificar la disponibilidad y actuación de antirretorno en entrada de agua fría
	7	Termografía	Realizar termografía completa en horas de acumulador caliente y captación fría
Tubería y accesorios	8	Espesores y conductividad de proyecto	Verificar espesor y características térmicas
	9	Tubería y valvulería aislada completa	Revisar continuidad del aislamiento en componentes, accesorios, etc.
	10	Estado de conservación	Comprobar ausencia de humedad
	11	Termografía	Realizar termografía con circuitos con fluidos calientes
Acumulación	12	Espesores y conductividad de proyecto	Verificar espesor y características térmicas
	13	Depósito completamente aislado y sin difusores	Revisar continuidad completa del aislamiento, sin difusores, etc.
	14	Estado de conservación	Comprobar ausencia de humedad
	15	Termografía	Realizar termografía con acumulador caliente y circuitos conectados fríos

- **Condiciones exteriores**

	Problemas detectados	Medidas correctoras	
Instalación	1	Protección captador solar	Contactos entre carcasa y estructura. Racores de conexión con tuberías
	2	Protección estructura soporte	Vigilar retenciones de agua. Contactos de materiales diferentes
	3	Protección acumulador	Materiales de protección contra agentes externos (golpes, animales, etc.) y atmosféricos.
	4	Protección aislamiento tuberías	Materiales de protección contra agentes externos (golpes, animales, etc.) y atmosféricos.
	5	Protección otros elementos	Revisar protecciones
	6	Materiales plásticos	Sustituir o proteger materiales plásticos expuestos a la radiación solar

Edificio	7	Impermeabilización del edificio	Garantizar continuidad de la impermeabilización del edificio
	8	Entradas de canalizaciones (tuberías, cables, etc.)	Hacer sifón invertido y en contrapendiente para evitar entrada de agua
	9	Fluidos en el interior edificio	Evitar fluidos en interior seco de edificios y disponer salas húmedas a esos efectos, desagües, impermeabilización, pendientes, etc.

6.1.3. Producción prevista tras la rehabilitación

Junto con las medidas correctoras previstas se debe realizar una previsión de la producción energética y se debe definir un procedimiento, con los dispositivos necesarios, para controlar que la instalación funciona de forma correcta y aporta la cantidad de energía prevista. A esos efectos, debería promoverse que la instalación disponga de un sistema de monitorización, preferiblemente de telemonitorización, que controle continuamente las prestaciones energéticas de la instalación.

Las prestaciones previstas para la rehabilitación propuesta se habrán obtenido de los cálculos realizados que se han detallado en el apartado 5.2.5 de esta guía

Para controlar que la instalación funciona correctamente y aporta la energía prevista, es importante destacar, en primer lugar, que no siempre es necesario un sistema complejo y costoso para controlar un aporte energético que, relacionado con su valor económico, se promueve el criterio de emplear recursos proporcionales a los ahorros que se controlan.

6.1.4. Plan de seguimiento, vigilancia y mantenimiento

Se adoptarán las medidas de la GTSET- 9 que establece los criterios para seguir, vigilar y mantener la IST. Se pueden destacar del resumen del capítulo, los diferentes niveles del plan de vigilancia:

- A. Observación de parámetros de funcionamiento.
- B. Sistema electromecánico con avisos
- C. Sistema de monitorización continua

Los principales indicadores del plan de vigilancia:

- Presión del circuito primario
- Sistema de control
- Circulación de fluidos
- Transferencia de calor y temperaturas de funcionamiento
- Medidas de la energía y del rendimiento

Los procedimientos para detección de problemas:

- Verificaciones previas
- Presurización de circuitos
- Sistema de control
- Circulación de fluido

- Temperaturas de funcionamiento

Del plan de mantenimiento preventivo se resalta la necesidad de que sea adaptado a cada caso particular en base al proyecto de rehabilitación que se establezca

6.2. Propuesta de intervención y presupuesto

El alcance de la intervención define para cada una de las unidades de obra su descripción concreta y específica, así como los conceptos que intervienen en el presupuesto incluyendo nuevos suministros, reparación de componentes, traslados (transporte y elevación) al lugar de instalación, así como la mano de obra que se emplea en cada una de las actuaciones y el desmontaje, retirada y reciclaje de los componentes o equipos que sea necesario retirar.

Aunque las diversas partidas estén detalladas por su alcance y definición, el presupuesto global debe ser un presupuesto cerrado y global aplicando el criterio de que se programa su ejecución completa y que, salvo indicación contraria, no se aplicarán mediciones y precios unitarios a lo que finalmente se ejecute.

Aunque sea muy recomendable contabilizar unidades de obra y sus precios unitarios, se deberán explicar claramente las razones y los riesgos que se introducen en las posibles variaciones del presupuesto global para que este pueda ser ofertado por diferentes empresas en las mismas condiciones y ser comparables entre sí.

Para aquellas unidades que se consideren complementarias, o de mejora y opcionales, el presupuesto debe estar detallado y desglosado para que el usuario pueda seleccionar de acuerdo con el proveedor las que considere más adecuadas. La recomendación general, no obstante, es que el técnico preseleccione y ordene las mismas en orden de importancia para no confundir al usuario.

Además de los contenidos anteriormente referidos, el presupuesto debería incluir:

- Las pruebas complementarias que se consideren necesarias para una mejor identificación de posibles defectos que hayan podido quedar ocultos en la visita de revisión y que requerirán de actuaciones específicas para su determinación (pruebas de estanqueidad, presión, verificación de caudales, etc.).
- La definición de los componentes y materiales que se deban sustituir, los que pueden reparar, y aquellos que se pueden ser reutilizados.
- Descripción de los elementos complementarios al proyecto de rehabilitación que se entienda puede beneficiar la intervención (sistemas de medida redundantes, telecontrol, etc.)
- Posibilidades de acceso a subvenciones, financiación, etc.
- Recomendaciones sobre el sistema convencional, especialmente aquellos puntos que puedan suponer una mejora de las prestaciones de la IST

6.3. Viabilidad técnica y económica

La **viabilidad técnica** deberá resumir el resultado de la intervención propuesta destacando la información relacionada con:

- La fiabilidad de la intervención y las posibles incertidumbres acerca de su funcionamiento futuro
- Los aportes de energía solar térmica y los consumos de energía auxiliar
- El sistema de control de prestaciones
- El programa de vigilancia y mantenimiento
- Las previsiones de durabilidad de la instalación

Desde el punto de vista de las prestaciones energéticas, además de los resultados incluidos en la MD será necesario presentar el resumen anual que incluya los valores anuales, integrados de valores mensuales o diarios, correspondientes a:

- Consumo de agua caliente (litros o m³)
- Demanda energética (kWh)
- Aportación solar (kWh)
- Fracción solar (%)

La **viabilidad económica** de la rehabilitación presentará el resumen de los costes de las intervenciones y los ahorros que se producen incluyendo:

- Coste total de la rehabilitación (€): Calculado en base al presupuesto descrito en el apartado 6.2
- Importe total de las ayudas públicas (€): Si existiera incentivo directo a la inversión, se estima el importe de las ayudas públicas aplicables, definiendo administración y programa a los que correspondan
- Coste neto de la rehabilitación (€): calculado por diferencia de las anteriores
- Rendimiento medio estacional del sistema de energía auxiliar (%): para la comparación en energía térmica se debe transformar la energía final considerando un rendimiento de transformación de la energía auxiliar. Este rendimiento es normalmente desconocido y se debería incluir en los sistemas de monitorización las medidas necesarias para determinarlo ya que es un elemento clave a la hora de determinar el ahorro en energía auxiliar que produce la instalación solar.
- Coste de la energía auxiliar (€/kWh): Determinado en base al coste de compra de la energía auxiliar de que se trate.
- Valor de la energía anual ahorrada (€/año): Se determina a partir del aporte solar anual y el coste de la energía auxiliar
- Coste anual de mantenimiento (€/año): Definido en el presupuesto del apartado anterior
- Ahorro anual neto (€/año): Se determina por diferencia entre el valor de la energía anual ahorrada y los costes de mantenimiento
- Plazo de amortización simple (años): determinado por el retorno del coste Plazo de amortización simple (años)
- Coste de la energía solar (€/kWh): Es el parámetro fundamental para comparar diferentes tecnologías energéticas, en este caso solar y auxiliar, y su cálculo se define a continuación.

El coste equivalente de la energía solar térmica (abreviado en inglés, LCoH, Levelized Cost of Heat) se determina por la fórmula:

$$LCoH = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

En base al tiempo de vida útil previsto (n años) de la instalación en el numerador se recogen todos los costes de construir y operar la instalación energética y el denominador representa la producción de energía en el mismo periodo. Por tanto, se incluyen:

- I_t los gastos de inversión de cada año, incluso los de financiación
- M_t los costes de operación y mantenimiento de cada año (recambios, impuestos, etc.).
- E_t la cantidad de energía producida cada año

El parámetro r es la tasa de descuento y representa la transformación a un valor presente de un pago futuro y técnicamente es el rendimiento del capital para un inversionista en un escenario de ausencia de riesgos.

Es importante disponer del LCoH de las distintas fuentes de energía que es la mejor forma de comparar diferentes tecnologías de producción energética.

En el caso de que operación se quiera financiar, se deberá definir:

- Pago contado (€)
- Importe a financiar (€)
- Interés nominal (%)
- Plazo del préstamo (meses)
- Cuota mensual a pagar (€)

Habría que adaptar el estudio de viabilidad económica en función del procedimiento de aplicación de las ayudas públicas estén destinadas a reducir el coste de la inversión inicial, el valor anual de la energía ahorrada o los costes financieros de un posible préstamo.

En la información económica al usuario debe definirse cada uno de los conceptos anteriores y, en los casos que sean necesarios, la forma de determinarlos. Se deberán diferenciar, en los costes y ahorros anteriores, si se trata de usuarios que sean sujetos finales del IVA para los que el IVA no sea deducible.

7 EJEMPLOS Y CASOS PRÁCTICOS

Siguiendo el orden y numeración del capítulo 5, se relacionan algunos ejemplos y casos prácticos tanto de deficiencias detectadas en instalaciones solares térmicas que requieren rehabilitación como de soluciones técnicas apropiadas para incorporarlas en un proyecto de rehabilitación y que se recomienda sean adoptadas como mejora de la tecnología.

El técnico especialista podrá diferenciar claramente ambas situaciones ya que entre los casos que se presentan a continuación se pueden encontrar ejemplos que se consideran técnicamente correctos, bien ejecutados y que se deben promover como soluciones adecuadas, factibles y positivas, que se deben implantar, pero también hay otros ejemplos que son incorrectos, mal ejecutados, defectuosos y ejemplo de lo que no se debe hacer y son casos que requieren siempre modificación; también se presentan otras situaciones intermedias en los que las medidas a adoptar dependerán de cada situación particular y no tiene que ser obvia la decisión a priori de si hay que tomar precauciones especiales.

Se hace hincapié en la aplicabilidad de los ejemplos descritos a la rehabilitación señalando y comentando en cada caso lo que se considera correcto e incorrecto, ya sea procedente del diseño, cálculo, dimensionado, ejecución o mantenimiento de la instalación, para que el técnico pueda definir las soluciones que debe adoptar en un proyecto de rehabilitación. No obstante, los ejemplos presentados son casos habituales y se pueden extraer conclusiones de aplicación generalizada, pero no pretenden ser un desarrollo completo de la casuística para lo que se remite de nuevo a la GTEST.

Como podrá comprobarse a lo largo del capítulo, gran parte de los problemas de funcionamiento se detectan a través de los datos adquiridos a través de sistemas de monitorización por lo que se insiste en la necesidad de disponer de dichas herramientas para realizar un adecuado diagnóstico del funcionamiento de instalaciones.

7.1. Revisión del proyecto

En lo que sigue, por mantener la numeración de los 19 apartados que componen la memoria de diseño, se conservan todos los títulos de la misma, aunque algunos solamente contengan algún comentario, pero sin ejemplo o caso práctico

7.1.1. Introducción y datos generales

Deben incluirse todos los datos que se recogen cuando el usuario plantea el estudio de su caso a la entidad que promueve, coordina o ejecuta el proceso de rehabilitación y debe incluir toda la información disponible.

7.1.2. Configuraciones básicas

En principio, todas las configuraciones y los criterios de clasificación expuestos en el apartado 5.1.2 permiten pensar que aquellas instalaciones que respondan a dichas configuraciones son instalaciones fiables y eficientes que solamente requieren un correcto diseño y ejecución. Como ya se indicó, las únicas excepciones son las referidas al circuito primario abierto y al drenaje al exterior que se puede encontrar en algunos pequeños sistemas domésticos.

Las IST en edificios multivivienda son las que pueden presentar diferentes casuísticas que se han analizado en GTEST-2.5. Aquí solamente se insiste en algunos conceptos y criterios aplicables en las rehabilitaciones como, por ejemplo, que las mejores configuraciones son los sistemas centralizados (ver GTEST-2.5.6). Las soluciones **más sencillas y sobre los que más experiencia existe, son los completamente centralizados (solar y auxiliar)** que si se diseñan y ejecutan adecuadamente son también las más eficientes.

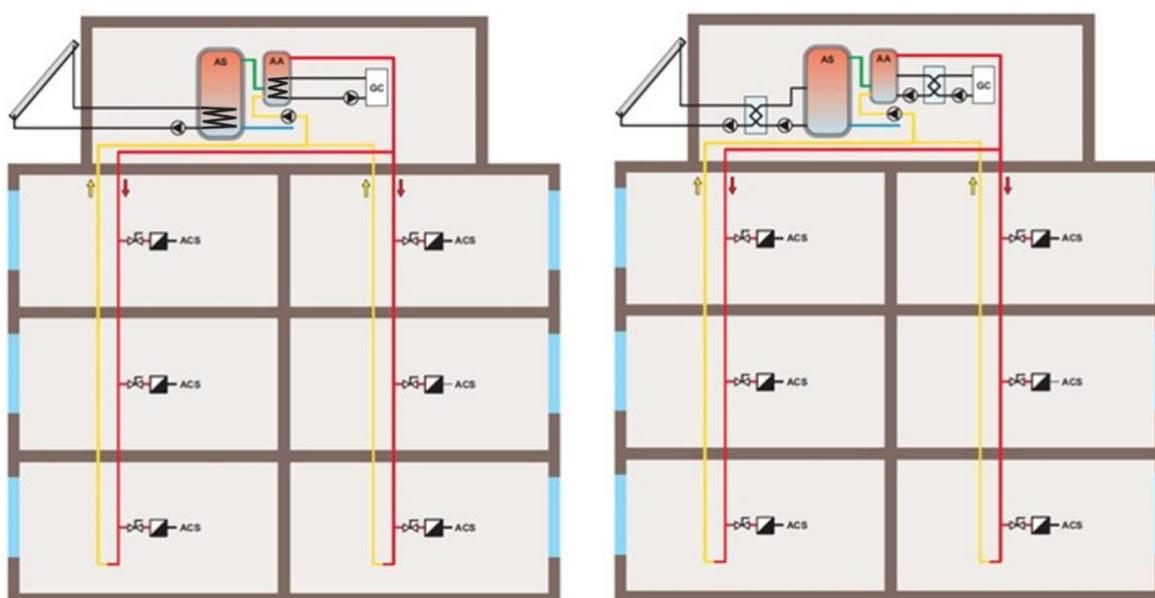


Figura 33: Instalación solar y auxiliar centralizadas con intercambiadores internos (Izq.) o externos (Der.)

No obstante, puede existir un deficiente funcionamiento y excesivo gasto de operación del sistema de ACS que se deriven de alguno de los problemas habituales en cualquier instalación solar, o por un bajo rendimiento del sistema auxiliar o, lo que es muy habitual en estos casos, por un aislamiento de los largos circuitos mal diseñado o ejecutado (falta de espesor, existencia de puentes térmicos o deficiente acabado).

Los efectos que produce una instalación con una adecuada configuración, pero mal ejecutada, son unos gastos comunes producidos por los costes de mantenimiento y de explotación que no se ven compensados por el ahorro que debería de producir la instalación. Sin un adecuado asesoramiento, la comunidad puede considerar la instalación solar y el consumo de forma centralizada es ineficiente y puede llegar a decidir que la mejor solución es desmantelar la instalación solar y que

cada vivienda disponga de su propio sistema de ACS para no tener ningún gasto colectivo y por el mejor control del gasto de forma individual, aunque para ello tengan que prescindir del potencial ahorro que se derivaría de rehabilitar la instalación solar.

Sin embargo, la solución más adecuada es mantener la inversión que ya está realizada y continuar con su explotación reparando la instalación y poniéndola a funcionar nuevamente manteniendo la configuración centralizada tanto para la instalación solar como para la auxiliar. No obstante, si el usuario optara por disponer de una **producción de ACS individual, ésta es compatible con una producción centralizada de energía solar** que podría abastecer a la misma a través de un circuito de distribución.

La rehabilitación de la instalación solar centralizada y la ejecución de su sistema de distribución hasta los sistemas auxiliares de producción de ACS se pueden acometer con relativa facilidad si se conocen las correcciones a implantar y la forma de funcionamiento de una instalación centralizada.

Por otro lado, en los últimos 20 años, se han desarrollado **nuevas configuraciones y esquemas de instalaciones centralizadas** a los que se debe prestar especial atención ya que no se dispone de tanta experiencia de funcionamiento y al no haberse aplicado medidas de control de calidad ni procedimientos de vigilancia, se han introducido riesgos adicionales que, en algunos casos, no han conseguido que las instalaciones funcionaran de forma correcta lo que ha generado más inconvenientes que beneficios. Además de las configuraciones más conocidas, como son las denominadas de acumulación distribuida o intercambio distribuido, como ejemplos más representativos de estos nuevos esquemas, que plantean dudas en su diseño y funcionamiento, se destacan las dos configuraciones que se describen a continuación.

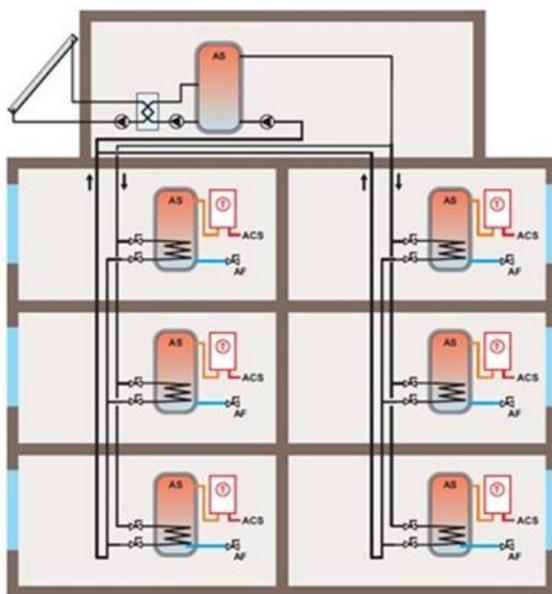


Figura 35: Instalación solar con doble acumulación. Auxiliar individual externo

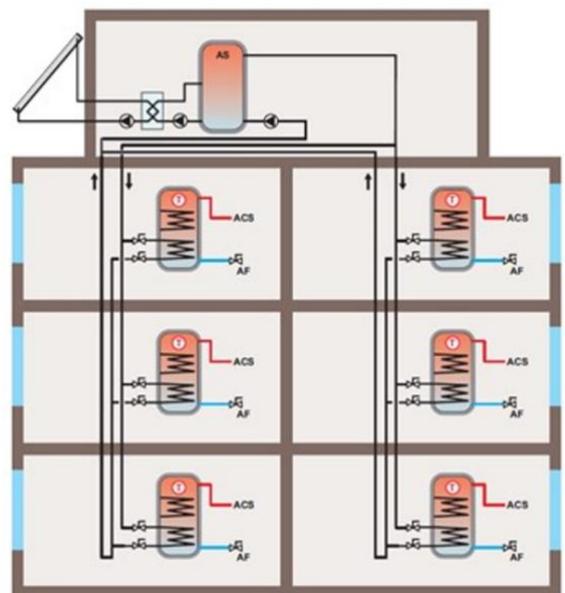


Figura 34: Instalación solar con acumulación centralizada. Auxiliar incorporado en final

Los sistemas de doble acumulación solar (Figura 34 y ver apartado 2.5.5 de la GTEST) que surgen por la necesidad de reducir el espacio ocupado en las viviendas por los acumuladores individuales y distribuidos que pueden ser de 150-300 litros para pasarlos a volúmenes de 50-150 litros. Esta solución se admite formalmente y se hace incorporando una parte de la acumulación solar de forma centralizada pero técnicamente introduce la ineficiencia de que el circuito de distribución ya no funciona solamente durante las horas de sol, como en el caso de acumulación distribuida, sino que puede funcionar durante todo el día de forma que se produce un significativo aumento de las pérdidas térmicas. En este tipo de sistemas no es evidente la forma de controlar el funcionamiento de la instalación porque es necesario tener en cuenta el control individual de cada sistema auxiliar, del paso a la energía solar a cada depósito, del equilibrado del circuito de distribución, etc.

Las instalaciones con **sistema auxiliar incorporado en un acumulador final** (Figura 35) que no tiene el carácter de acumulador solar ya que hasta ahora no estaban permitido y tiene el tratamiento de acumulador auxiliar cuando se justifica que el centralizado tiene la relación de volumen solar mínimo exigido por la normativa. El problema que se suele producir en esta configuración es que normalmente los acumuladores distribuidos son de pequeño tamaño y la transferencia de energía se realiza a través de un intercambiador. Como ese acumulador se encuentra habitualmente a la temperatura de preparación (del orden de 60°C) para garantizar la disponibilidad continua del ACS es difícil que la energía solar pueda aportar una cantidad de energía significativa, ya que solo podría aportar energía cuando hubiese consumo y se enfriara el acumulador auxiliar. La instalación solar podría aportar energía por encima de la temperatura de acumulación en algunos casos, pero esto podría provocar problemas de otra índole por alcanzar temperaturas cercanas a las máximas de los elementos de la instalación y provocar quemaduras. Es necesario verificar en estos casos el correcto conexionado de las diferentes aportaciones, solar y auxiliar, que posibilidades existen de regular al mínimo el termostato del depósito, etc. para maximizar el aprovechamiento solar. En cada caso particular, el técnico especialista debe estudiar las posibilidades de rehabilitación adaptando estos esquemas a soluciones más fiables y eficientes.

El objetivo de todos estos esquemas centralizados es **reducir al mínimo los costes comunes**, pero deben dejar evidencia de los importantes ahorros que se producen a nivel individual. A esos efectos, es evidente la necesidad de que la tecnología solar térmica siga innovando y evolucionando para introducir mejoras que aumenten la fiabilidad y la eficiencia de las instalaciones lo que se desarrollará en paralelo con la incorporación de **sistemas continuos de telemonitorización**. Asimismo, otras nuevas posibilidades surgen para todas las configuraciones utilizadas ya que en la actualidad pueden utilizar **la energía auxiliar incorporada en el acumulador solar** que es una solución que puede ser muy eficiente si está bien diseñada y ejecutada.

7.1.3. Parámetros de uso y climáticos

En los proyectos de nueva edificación, como no se dispone de datos de ocupación ni del consumo de agua caliente, el cálculo de la demanda de las instalaciones se realiza con unos valores normalizados. Inicialmente se establecieron con la norma UNE 94002:2005 que posteriormente fueron adaptados en la HE4 del CTE y hasta la actualidad en la que forman parte del anexo F del

CTE. Estos valores establecen unos valores mínimos de diseño y permiten comparar soluciones sobre una misma base lo que simplifica la toma de decisiones.

Hasta ahora no se dispone de otras referencias para los datos de partida y se siguen utilizando los datos de consumo como referencia, pero ya hay instalaciones que disponen de sistemas de medición del consumo de agua caliente que deben permitir contrastar los datos utilizados en proyecto con datos reales. Sobre este punto, el técnico especialista deberá ser consciente de las dos siguientes cuestiones:

1. La realidad contrastada en la práctica sobre el **consumo de ACS es que nunca es constante**, sino que puede ser muy variable y puede pasar desde un consumo nulo (por ejemplo, si los usuarios se van de vacaciones, o si el comportamiento de los usuarios varía) a consumos muy elevados en los que la instalación solar aportará lo que pueda y el sistema de energía auxiliar se encargará de complementarla. Conceptualmente la IST se dimensiona para el edificio y debe estar diseñada para soportar las condiciones extremas con las que se pueda encontrar y también las futuras y no solo las circunstanciales. Analizando los consumos diarios (Figura 36), se comprende que todas las instalaciones solares tienen que estar preparadas para no tener consumo (diseño frente estancamiento y temperaturas elevadas) y consumos muy elevados (condición de consumo punta para diseño del sistema de energía auxiliar).

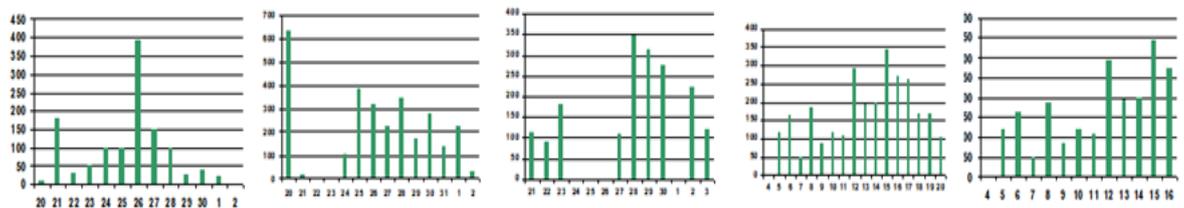


Figura 36: Distribución diaria de los consumos de agua caliente en 5 viviendas unifamiliares

2. Durante su vida útil **el usuario debe intentar sacar el máximo aprovechamiento posible a la instalación solar**, teniendo en cuenta que durante el periodo de vida estimado de una instalación, (superior a 40 años) el número de usuarios, sus hábitos, y por tanto, los consumos de agua caliente, pueden ser muy variables. Por ejemplo (Figura 37), puede considerarse caso habitual el de una vivienda que empieza con dos personas (100 l/día) que puede llegar a tener hasta 6 (300 l/día) y vuelve a descender.



Figura 37: Ejemplo de evolución de ocupación y consumo de ACS en una vivienda a lo largo de 40 años

Como criterio general, no es lógico modificar el tamaño de la instalación solar con el paso del tiempo por lo que es necesario establecer un consumo adecuado que responda a la situación más probable a largo plazo, aunque no hay que descartar, en algunas ocasiones, las posibilidades de ampliación que permiten las instalaciones solares.

En el caso de viviendas unifamiliares, determinar de forma precisa el consumo es complejo, dado que una misma vivienda puede estar ocupada por un número muy diferente de personas que además pueden tener hábitos de consumo muy distintos (pareja, familias, usos compartidos, etc.). Por ejemplo, una instalación unifamiliar puede dimensionarse con 1, 2 o 3 captadores solares proporcionando resultados re rendimiento y fracción solar muy diferentes (Figura 38). Aunque los consumos puedan ser muy distintos y estos dependan del tamaño de la vivienda, para una vivienda media en el clima medio nacional todas las instalaciones solares tendrían una contribución solar y un rendimiento bastante buenos si fueran similares en su dimensionado con captadores que totalicen unos $4,0 \pm 0,5 \text{ m}^2$.

Captadores	Superficie (m2)	Fracción solar (%)	Rendimiento (%)
1	2	60	60
2	4	70	40
3	6	80	20





Figura 38: Posibles dimensionado del sistema de captación de viviendas unifamiliares

El consumo es un parámetro fundamental necesario para el correcto funcionamiento de las instalaciones. La casuística anteriormente referida tiene una menor afectación en el caso de las instalaciones centralizadas ya que, aunque a nivel de vivienda, los perfiles puedan ser muy diferentes, la agregación de los consumos de todas las viviendas del edificio, teniendo en cuenta la simultaneidad de sus usos, hace que el consumo raramente pueda ser nulo, que los valores máximos sean amortiguados y por tanto, hacen que el aprovechamiento de las instalaciones centralizadas sea mejor que la equivalente de las instalaciones individuales.

En la Figura 39 se incluyen los gráficos que representan los consumos individuales, valores medios de un periodo de tres semanas, de las 31 viviendas (izquierda) de un edificio del que también se dispone el consumo total centralizado de agua caliente (derecha). Puede observarse que, a pesar de la gran diferencia entre consumos individuales por vivienda, el consumo de manera centralizada a lo largo de todos los días es bastante estable y se sitúa en unos 2.500 ± 500 litros/día lo que suponen desviaciones sobre el valor medio de solamente el 20%. La agregación de estos consumos representa una gran ventaja para garantizar las prestaciones a largo plazo de las instalaciones y suele conllevar el dimensionado de instalaciones de tamaño moderado. En este caso, además, hay 7 viviendas que no tienen consumo y el aporte de energía solar no es desaprovechado sino utilizado

por el resto. En una vivienda unifamiliar, sin embargo, la desocupación de la misma supondría el desaprovechamiento de la energía generada por la instalación solar.

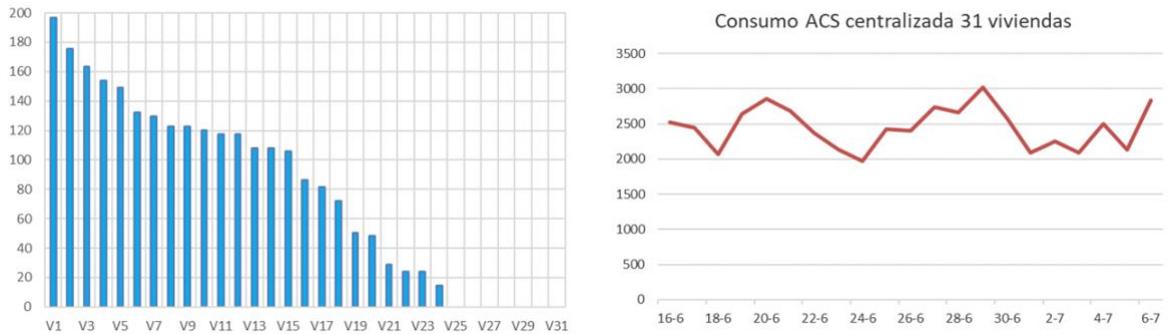


Figura 39: (Izq.) Distribución de los consumos medios diarios de 31 viviendas del edificio
(Der) Consumo diario de la instalación centralizada del edificio para las 31 viviendas

En el caso de que las instalaciones en proceso de rehabilitación dispongan de mayor información de ocupantes o incluso si se dispone de datos de consumo medidos, se podrán utilizar dichos datos para el cálculo de prestaciones porque será una situación cercana a la realidad actual, aunque como se ha visto anteriormente, ésta también podrá evolucionar en el futuro, es decir, que no tendría sentido tomar decisiones acerca del dimensionado de una instalación solar en un edificio que se encuentre parcialmente y circunstancialmente desocupado, ya que esa situación puede cambiar en el corto plazo. Además, conviene señalar que se deberían compartir o contrastar dichos datos para generar más conocimiento sobre los datos de partida hasta ahora empleados.

7.1.4. Parámetros funcionales de dimensionado básico

- Rendimiento de captadores

En el proceso de estudio previo a la rehabilitación debe analizarse el previsible rendimiento de captadores y su estado de conservación para decidir si estos se mantienen o deben sustituirse. En general, los captadores son elementos preparados para estar instalados al exterior y funcionar en condiciones extremas, hecho que se refuerza en el caso de captadores certificados que han sido sometidos a ensayo, por lo que suelen ser elementos muy fiables, y no deberían sufrir deterioro. Además, en general suelen ser los elementos más costosos, por lo que su recuperación debe ser prioritaria.

No obstante, cuando sea necesario sustituirlos, inicialmente no se debe descartar ninguna tecnología de captadores teniendo en cuenta que las prestaciones energéticas de una instalación son el resultado de combinar el rendimiento con potencia (área) de la instalación siendo válidas, para conseguir un mismo objetivo, las opciones de utilizar pocos captadores muy eficientes o más captadores menos eficientes.

- **Caudal de ensayo**

Es importante conocer el dato para utilizarlo en el diseño porque puede afectar al rendimiento de la instalación completa, se debe recordar que, salvo que esté justificado (disminuir pérdidas de carga, caudal disponible de bombas limitado, etc.), no se deben utilizar valores del caudal del captador muy diferentes al caudal de ensayo (normalmente dentro de un rango de $\pm 50\%$).

- **Dimensionado del campo de captadores**

Aunque los dos factores fundamentales de dimensionado son la superficie de captadores y la función de rendimiento de los mismos, también deben analizarse el resto de parámetros que intervienen en los cálculos como son el volumen de acumulación, los caudales en operación y, sobre todo, en los casos de edificios multivivienda, las pérdidas térmicas de los circuitos.

El objetivo global de la instalación solar es que, para una determinada demanda neta de energía, el consumo de energía convencional sea el menor posible y lo que se pretende, si se comparan distintas soluciones, es minimizar el gasto energético. Para caracterizar globalmente el funcionamiento de una instalación solar, uno de los parámetros más significativos y utilizado es la fracción solar (FS), definida como la parte de la demanda no cubierta con energía convencional.

En general, el dimensionado es un proceso de cálculo iterativo para determinar la mejor opción como combinación de rendimiento y cantidad de captadores para que la contribución solar y la reducción del rendimiento que inevitablemente se produce al aumentar la fracción solar estén optimizados. En la Figura 40 se representa la variación de la contribución solar con el tamaño de la instalación solar para diferentes tipos de captadores (izq.) y la variación de la fracción solar (azul) y el rendimiento (rojo) de la instalación solar en función de la superficie de captación.

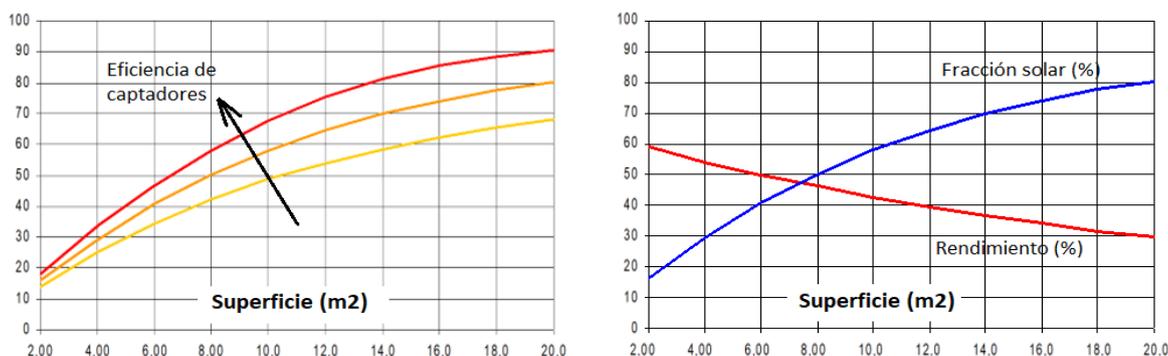


Figura 40: (Izq.) Evolución de la fracción solar con la superficie de captación para diferentes tipos de captadores (Der) Evolución de la fracción solar y el rendimiento con la superficie de captación

En los gráficos se aprecia como el aumento de la superficie solar supone un incremento de la fracción solar, pero a su vez, también supone una disminución de su rendimiento, por lo que el incremento de la fracción solar no es lineal.

Es necesario insistir en separar claramente los criterios de dimensionado de los problemas que se pueden alcanzar en algunas instalaciones que muchas veces se achacan a un posible sobredimensionado, cuando se sabe que los problemas de estancamiento y de elevadas

temperaturas siempre deben estar previstos en el diseño de la instalación y, si están bien resueltos, no debería afectar ni a la resistencia ni a la durabilidad de ningún componente de la instalación.

- **Orientación e inclinación de captadores**

Otros factores que influyen en las prestaciones porque afectan a la disminución de la energía incidente son la orientación e inclinación de captadores y sus rangos de variación admisibles para facilitar la integración arquitectónica. En general, no suelen ser problemas habituales, aunque siempre haya que adoptar precauciones para controlar su incidencia en las prestaciones.

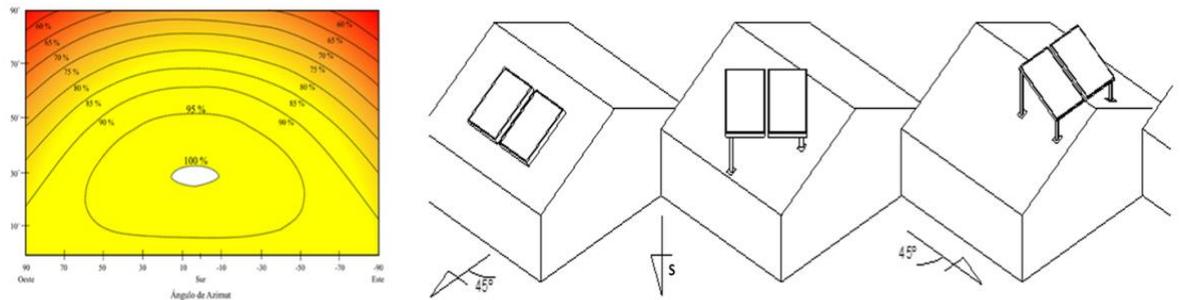


Figura 41: (Izq.) Disminución de la radiación global incidente en una superficie inclinada para diferentes ángulos de azimut y de elevación (Der.) Ejemplos de integración y desviación

Sombras

La pérdida de radiación incidente por sombras puede surgir, con el paso del tiempo, cuando no se ha considerado el crecimiento de los árboles o que terrenos originalmente vacíos situadas al Sur de la instalación puedan ser ocupados posteriormente con edificios altos que proyecten sombras sobre los captadores.



Figura 42: Instalaciones solares afectadas por sombras producidas por el crecimiento de árboles

7.1.5. Resultados del cálculo de prestaciones energéticas

Cuando una IST funciona correctamente pero no alcanza las prestaciones energéticas previstas ni la contribución solar requerida, suele ser debido a un infradimensionado del campo de captación que, a su vez, suele proceder del uso de procedimientos de cálculo no adecuados o utilizados fuera

del alcance de aplicación. Éste fue un problema que se empezó a solucionar, en España, cuando se desarrolló la herramienta CHEQ4 para comprobar que las instalaciones solares ejecutadas bajo el ámbito del CTE cumplían con la contribución solar exigida en la sección HE4 que requería tener en cuenta no solo la demanda energética correspondiente al consumo de ACS, sino también las pérdidas térmicas de las instalaciones.

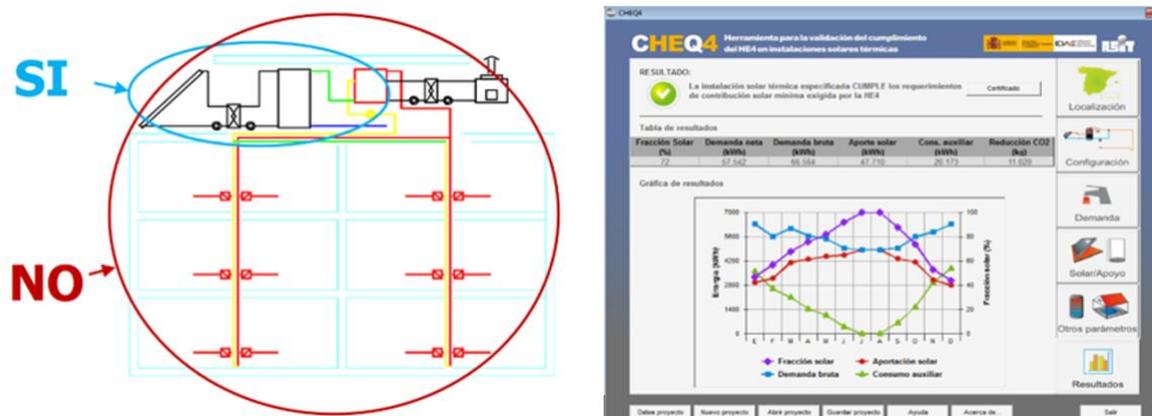


Figura 43: (Izq.) Representación gráfica de la validez del programa de cálculo f-Chart (Der.) Pantalla de resultados del programa CHEQ4

Como ya se ha indicado, aunque los factores fundamentales de dimensionado sean el rendimiento y la superficie de captadores, el método de cálculo también debería incorporar otros factores y, sobre todo en los casos de edificios multivivienda, las pérdidas térmicas de los circuitos. Si se analiza el cálculo de prestaciones energéticas de una instalación de un edificio multivivienda con el f-Chart y con el CHEQ4, resulta que:

- El f-Chart sería aplicable a la parte centralizada de la instalación, pero su aplicación a la instalación completa requiere el cálculo independiente de las pérdidas térmicas de los circuitos de distribución.
- CHEQ4 permite ser utilizado en otras configuraciones diferentes a la centralizada y tiene en cuenta las pérdidas de los acumuladores y de los diferentes circuitos introducidos, teniendo que introducir datos de circuitos, caudales y diámetros de tuberías con los niveles de aislamiento, etc.

El ejemplo anterior no quita validez al uso del f-Chart como herramienta de cálculo incluso fuera del rango de los parámetros para los que inicialmente se diseñó, y puede ser una buena herramienta de contraste que puede ser complementada, pero el caso de los edificios multivivienda si es ejemplo evidente de cómo se debe aplicar junto con el cálculo de pérdidas.

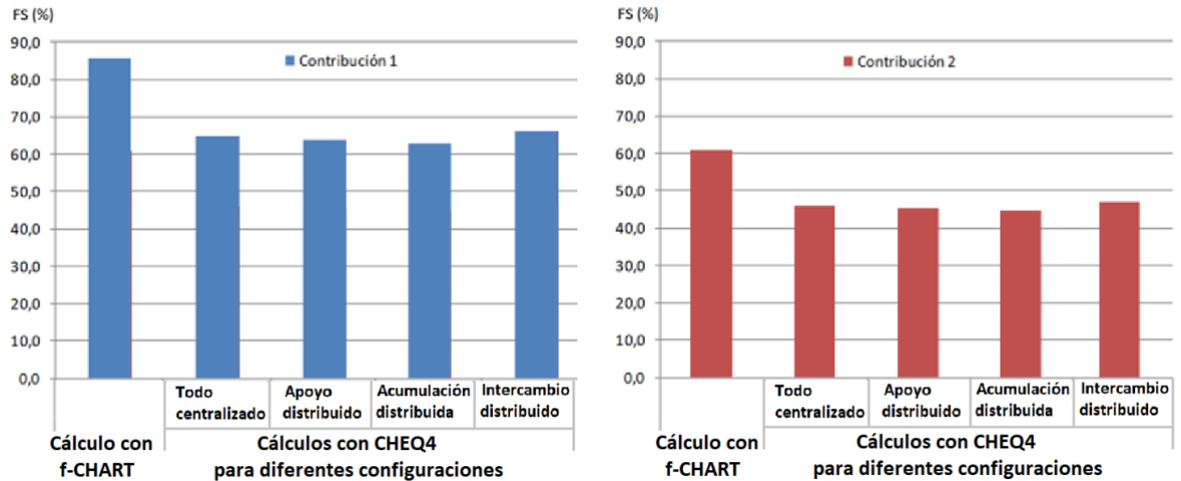


Figura 44: Comparación de resultados de cálculo del f-Chart con cálculos del CHEQ4

En el gráfico de la Figura 44 se pueden comparar los cálculos realizados para alcanzar una contribución solar del 60% adoptando como referencia métodos detallados o el método f-Chart. Se puede observar las diferencias en el caso de contribución solar 1 ya que, si las diferentes configuraciones de una misma instalación tienen una contribución solar superior al 60%, el resultado del cálculo con el f-Chart proporciona una fracción solar muy elevada (en este ejemplo, del orden del 85%). Por el contrario, si el cálculo de la contribución solar 2 se realiza con el f-Chart, sin considerar pérdidas térmicas, y se ajusta al 60%, los cálculos de prestaciones para las diversas configuraciones dan como resultados valores de fracción solar muy bajos (en el ejemplo, entre el 43 y 47%).

7.1.6. Condiciones de trabajo

Uno de los problemas más habituales de las instalaciones solares térmicas es la falta de definición de las condiciones de trabajo de los diferentes circuitos, sobre todo del circuito primario que requiere establecer tanto las condiciones nominales como las condiciones extremas.

Esta información es fundamental en el diseño, pero, sobre todo, para el cálculo del sistema de expansión y para seleccionar las calidades de los materiales que se utilizan en cada parte del circuito.

En la Figura 45 se indican los valores correspondientes al agua, que también existen para cualquier fluido o mezcla, de la temperatura de evaporación en función de la presión relativa o manométrica (diferencia con la atmosférica). De manera aproximada, para recordar los órdenes de magnitud, y sin considerar por simplificar la influencia de la altura sobre el nivel del mar, ocurre que cuando la presión es cero (circuito abierto a la atmósfera) el agua hierve a 100°C. Pero en un circuito cerrado, cuando la presión en frío es 1 kg/cm², y el agua se calienta, aumenta la presión del circuito, y puede ocurrir:

- si el sistema de expansión es grande la presión del circuito aumenta poco (por ejemplo, hasta 1 o 2 kg/cm²) y el agua puede hervir a 120°C o 130 °C, ya que el vaso de expansión absorbe adecuadamente la dilatación en volumen que experimenta el fluido.
- si el sistema de expansión es más pequeño la presión del circuito puede aumentar mucho (por ejemplo, hasta 3 o 4 kg/cm²) y el agua puede hervir a 140°C o 150 °C. Algo que puede aumentar la posibilidad de apertura de las válvulas de seguridad.

P(kg/cm ²)	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,5	2,0
T (°C)	99,1	101,7	106,5	110,7	114,5	118,0	119,6	126,8	132,9
P(kg/cm ²)	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
T (°C)	138,2	142,9	147,5	152,1	154,8	158,1	161,2	164,2	166,9

Figura 45: Temperaturas (°C) de evaporación del agua en función de la presión relativa (kg/cm²)

De los datos anteriores, se debe deducir la importancia de la correcta selección de las condiciones de trabajo y el dimensionado de la expansión que se realiza a partir de ellos. En relación con los cálculos de proyecto y como es fundamental asegurar la estanqueidad del circuito primario es necesario tener en consideración:

- Definición de las presiones mínima y máxima del circuito
- Dimensionado y selección del sistema de expansión
- Mantenimiento de las presiones dentro del margen definido
- Correcta instalación del sistema de expansión

Todos los ejemplos relacionados con los riesgos y las protecciones del apartado 6 de la memoria de diseño (MD), se han agrupado en el apartado posterior 7.2.2 ya que en ocasiones se derivan de un mal proyecto y otras de una defectuosa instalación. En cualquier caso, es de gran importancia y debe considerarse uno de los apartados que debe ser analizado con más detalle y en profundidad para resolver correctamente las rehabilitaciones.

7.1.7. Fluido de trabajo

- **Fluidos de trabajo**

El fluido de trabajo del circuito primario puede ser directamente el agua de la red o mezcla de ésta con fluido anticongelante para evitar la congelación de todo el circuito que discurra por el exterior en el caso de existir riesgo de heladas. Para determinar la proporción adecuada debe conocerse la temperatura mínima de la localización de la instalación teniendo en cuenta un margen adicional sobre la temperatura mínima histórica, pero considerando que una proporción excesiva de anticongelante perjudica al funcionamiento de la instalación al disminuir la capacidad de transferencia de calor del fluido.

- **Características del agua**

Salvo casos excepcionales se puede utilizar directamente agua de la red sin ningún tipo de tratamiento que pueda hacer que se comporte de manera más agresiva. Siempre habrá que vigilar que el circuito sea estanco para que no exista excesiva reposición de agua y únicamente habrá que vigilar el estado del circuito en el caso de agua muy dura por las incrustaciones que se puedan producir.

- **Anticongelante**

Es necesario vigilar la calidad del anticongelante utilizado, comprobar que soporta las condiciones extremas y que no se haya degradado, ni modificado las proporciones por haber sido rellenado el circuito con agua. Asimismo, es necesario vigilar que no se produzca la acidificación del fluido que puede corroer tuberías, bombas y accesorios hidráulicos, así como producir lodos, obstrucciones que pueden producir la consecuente reducción del caudal.

Para comprobar si el anticongelante se ha degradado se tomará una muestra del fluido y utilizando un refractómetro se deberá medir la proporción de anticongelante. Con un medidor de pH sobre una muestra de fluido se puede comprobar la acidificación del fluido. Si el pH es mayor de 7 se debería revisar el estado de conservación interior del circuito, así como limpiar y renovar todo el fluido

- **Sistemas de llenado y presurización de circuitos**

Se realizan las siguientes consideraciones sobre los sistemas llenado y presurización del circuito primario:

- Cuando se utiliza agua de red como fluido de trabajo para mantener lleno y presurizado el circuito primario se puede utilizar un sistema de llenado automático cuyo regulador de presión, mantiene la presión del circuito. Debe adoptarse la precaución de que el sistema normalmente esté cerrado o desconectado ya que, si el circuito tuviera una fuga, se repondría directamente con agua de red pudiendo provocar vertidos continuos al exterior o la dilución del anticongelante y, en cualquiera de los casos, no se tendría información de la misma. Una excesiva reposición de agua de red, en función de la calidad de ésta, puede producir que el circuito vaya degradándose bien por incrustaciones calcáreas o por aumento de la corrosión debido al continuo aporte de oxígeno presente en ésta.
- El alimentador y regulador de presión con agua de red es un sistema que se utiliza con relativa frecuencia porque simplifica las visitas del mantenedor en caso de fugas, pero no es aconsejable utilizarlo cuando el fluido de trabajo del circuito primario es una mezcla anticongelante dado que se pierde el control de las proporciones de la mezcla además de los restantes efectos de incrustaciones calcáreas o posible aumento de la corrosión si existe una excesiva reposición de agua.
- Cuando se utiliza una mezcla anticongelante se debe preparar la mezcla previamente en un depósito para después bombearla llenando y presurizando el circuito. El sistema de bombeo y presurización puede ser manual o automático



Figura 46: (Izq.) Circuito con alimentación automática de agua de red - (Cen.) Bombas manuales de llenado y presurización (Der.) Sistema de llenado constituido por depósito y grupo de presión

7.1.8. Sistemas de captación

El conexionado en serie o paralelo de los captadores y de las baterías de captadores es una solución de compromiso entre las pérdidas de carga del circuito y las pérdidas térmicas de los trazados de tuberías por lo que el técnico deberá de estudiar cada caso particular y adoptar la solución óptima. Es necesario recordar que el tipo de conexión está muy relacionado con los caudales utilizados por lo que se debe prestar especial atención en conocerlos con suficiente precisión para que el técnico adopte las medidas disponibles que considere más adecuadas.

Sobre las diferentes soluciones de equilibrado ver la GTEST-6.1.2. y comprobar en la instalación midiendo las temperaturas de salida de los diferentes circuitos.

Sobre la sectorización de la instalación se presentan en la Figura 47 los siguientes casos:

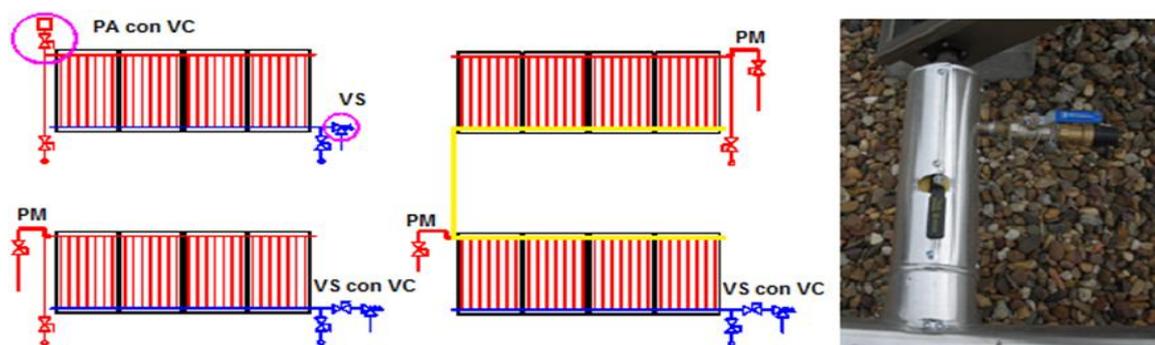


Figura 47: Ejemplos y casos de sectorización y acoplamiento de baterías de captadores

- (Izq.) Dos formas de conectar una batería de captadores en relación con el sistema de purga y la válvula de seguridad: Arriba una batería con Purgador Automático PA con Válvula de Corte VC y Válvula de Seguridad VS y abajo otra batería con Purgador Manual PM y Válvula de Seguridad VS con Válvula de Corte VC.
- (Cen.) Dos baterías conectadas en serie, sin válvula de corte entre ambas para evitar la interrupción del circuito, y sólo con una única Válvula de Seguridad VS con Válvula de Corte VC para el conjunto de 2 baterías; cada batería tendría que incorporar un Purgador Manual PM.

- (Der.) Entrada a una batería con la válvula de corte de la entrada y una Válvula de Seguridad VS con Válvula de Corte VC. Es muy importante que ésta válvula esté situada cerca de la válvula de aislamiento de la batería para su actuación simultánea.

En cualquiera de los casos se debe prever un sistema de vaciado de líquido de las baterías

7.1.9. Sistema de acumulación

Sobre los sistemas de acumulación centralizados se debe insistir en que la mejor solución es que esté compuesto por un único acumulador vertical, bien aislado e instalado en un espacio interior, aunque en la práctica se podrán encontrar soluciones muy diferentes, cuyo análisis específico por parte del técnico definirá si se puede admitir como válida o si hay que modificarla.

Para el caso de acumulación distribuida, se analizan dos ejemplos describiendo las características de las soluciones adoptadas en cada caso.



Figura 48: Dos ejemplos de conexiones de sistemas de acumulación individual nº1 (Izq.) y nº2 (Der.)

Ejemplo **sistemas de acumulación individual nº1** (Figura 48 Izq.). Se trata de un sistema de acumulación distribuida con los acumuladores situados en el interior de cada vivienda o local. Se puede observar la relativa complejidad del acoplamiento de los circuitos al acumulador individual ya que requiere que las conexiones de entrada de agua fría y salida de caliente dispongan de un juego de tres válvulas para realizar un baipás en la conexión del sistema de energía auxiliar. En este caso, además, las válvulas no son fácilmente accesibles para el usuario ya que están situadas en la pared y cerca del suelo, pero en la parte inferior y al fondo del acumulador solar. Al no disponer válvula de tres vías termostática de mezcla se supone que la temperatura máxima del ACS del acumulador estará limitada a 60°C, algo que deberá comprobarse y posiblemente regular a menor temperatura para evitar quemaduras al usuario. También puede observarse que el desagüe conducido de la válvula de seguridad situada en la entrada de agua fría está directamente conectado con una toma de desagüe que, por ser de material plástico, seguramente no soportará la temperatura máxima del acumulador. Así mismo, se pueden observar las conexiones del circuito solar de calentamiento donde se aprecia la falta de aislamiento que contribuye a reducir el rendimiento de este circuito y a aumentar las pérdidas del acumulador dado que las conexiones actúan como disipadores de calor y a su vez pueden provocar quemaduras al usuario.

Podría ser una medida correctora alternativa, si se verifica que existe limitación de temperatura máxima del acumulador y que el acumulador es vitrificado, por lo que podrá resistir mayores temperaturas, eliminar dicha limitación a 60°C y subirla a 80 °C instalando una válvula termostática para regular la temperatura de salida. El análisis para seleccionar la mejor medida correctora deberá tener en cuenta el aumento de las temperaturas superficiales y los riesgos de contactos fortuitos, así como las temperaturas máximas alcanzadas ya que en instalaciones infradimensionadas con pérdidas térmicas elevadas en raras ocasiones se alcanzarán los 60°C.

Ejemplo **sistemas de acumulación individual nº2** (Figura 48 Der.): Es un sistema de acumulación distribuida con acumuladores situados en el exterior de la vivienda en espacio especialmente habilitado como centralización de varios acumuladores cercanos a las respectivas viviendas a las que abastecen. En este caso se puede observar la válvula termostática de tres vías en la salida a consumo y un contador de agua en la alimentación para control individual de consumo de ACS que, aunque no es normativamente necesario, facilita mucha mayor información del funcionamiento de la instalación.

7.1.10. Sistema de intercambio

En los casos de intercambiadores internos, el técnico debe disponer de la documentación y la ficha técnica del acumulador para poder comprobar si la superficie útil cumple los requisitos mínimos establecidos. Si no se dispusiera de esa información, sería necesario que el técnico realice las medidas necesarias para determinar la superficie total situada en la mitad inferior del acumulador; incluso aunque se tuviera la información de partida sería bueno validarla con las medidas.

En el caso de los intercambiadores externos, la manera de proceder es similar en cuanto a que es necesario disponer de la documentación y ficha técnica del intercambiador, pero si no se tuviera información o hubiera que contrastarla la mejor forma sería determinar las condiciones de funcionamiento, esto es, los dos caudales y las cuatro temperaturas de ambos circuitos. La tecnología de intercambiadores de placas es más compleja de entender y difícil de aplicar en base a las medidas físicas ya que además de la superficie de intercambio, interviene la rugosidad y el diseño de las placas, el número de pasos, etc. Sin embargo, las medidas de las temperaturas de intercambio, permiten definir si el intercambiador cumple los requisitos que se establezcan.

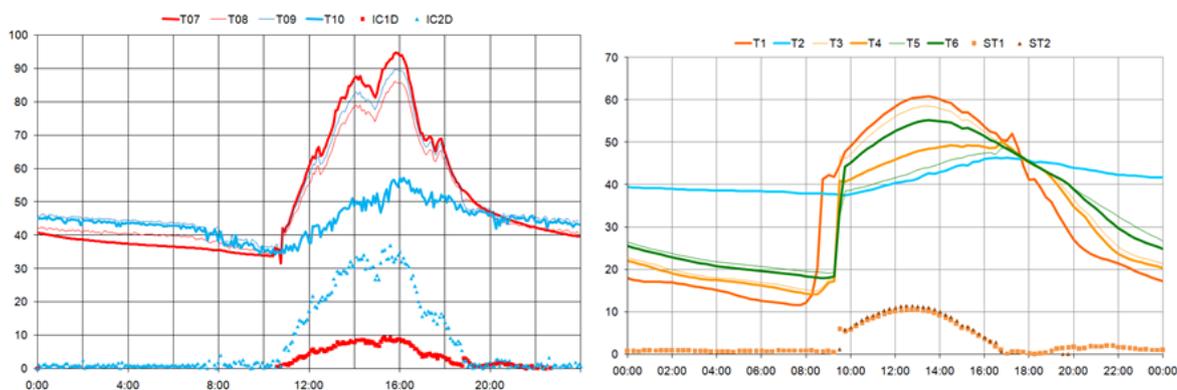


Figura 49: Ejemplos de monitorización de 24 horas de dos intercambiadores

En la Figura 49 se observan dos gráficos de la evolución, a lo largo de 24 horas, de las 4 temperaturas de un intercambiador externo y los saltos de temperatura correspondientes. A la izquierda, un mal diseño produce grandes diferencias de caudales y temperaturas entre primario y secundario; el escaso caudal del secundario hace que el salto de temperaturas sea elevado y la efectividad muy baja; no se transfiere calor y el circuito primario sube excesivamente su temperatura. A la derecha un caso de perfecta coincidencia de los saltos de temperaturas que mantiene baja la temperatura de salida de captadores.

7.1.11. Circuitos hidráulicos internos

Después de contrastar la coincidencia de proyecto e instalación ejecutada, el técnico deberá revisar los cálculos de tuberías si los hubiera o rehacerlos para el proyecto de rehabilitación.

En todos los circuitos hidráulicos, además de disponer de los programas de cálculo de diámetros, velocidad de fluidos y pérdidas de carga, hay que destacar la necesidad de **disponer de herramientas que permitan determinar las pérdidas térmicas** y tomar medidas oportunas para evitarlas o, al menos, reducirlas. Aunque hay otras posibilidades, se relacionan dos herramientas que se consideran fundamentales:

- El programa AISLAN desarrollado por ATECYR y la Universidad Politécnica de Valencia que es documento reconocido para la aplicación del RITE. Permite calcular espesores de aislamiento y el flujo de calor a través de las paredes del elemento que se está estudiando. Ver documento de referencia³

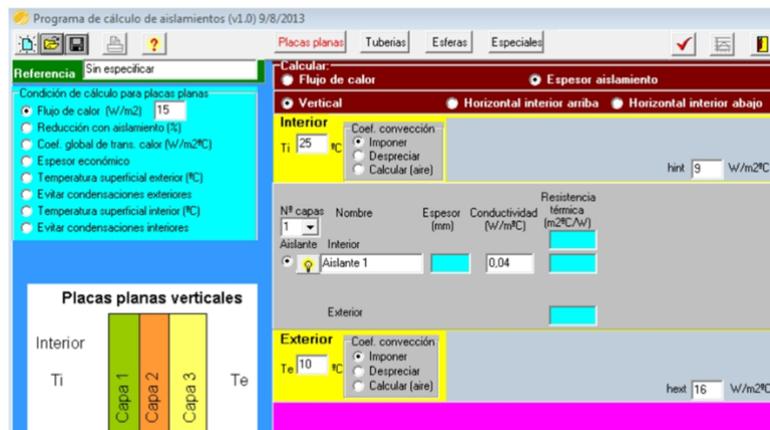


Figura 50: Pantalla del programa AISLAN

Como el programa AISLAN proporciona la potencia de pérdidas específicas de tuberías (W/m) se recomienda también utilizar el procedimiento de cálculo definido en GTEST-6.6 para complementar los cálculos anteriores y determinar las pérdidas energéticas totales de la instalación considerando, además de las longitudes completas de los circuitos, las horas de funcionamiento de cada uno de ellos.

³ Guía Técnica de diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos del IDAE

El programa AISLAN también permite calcular las pérdidas térmicas de acumuladores con aislamiento uniforme

- Las termografías de una instalación permiten ajustar mejor la evaluación de pérdidas térmicas para considerar tramos o componentes no aislados o con menos aislamiento y los elementos situados al exterior que actúan como difusores y producen mayores pérdidas de energía.



Figura 51: Ejemplos de termografías de instalaciones

7.1.12. Circuitos de consumo

Los mismos comentarios y criterios anteriores serían aplicables al resto de circuitos teniendo en cuenta que las temperaturas y los tiempos de funcionamiento son diferentes para estos circuitos de consumo.

Asimismo, hay que tener en cuenta las particularidades de estos circuitos como son la dureza del agua, mayor afectación en circuitos abiertos, mayor número de impurezas, limpieza de filtros más frecuente, posibles obstrucciones en bombas, etc.

7.1.13. Sistema de expansión

Una vez confirmados las condiciones de presión y los volúmenes de fluido en juego, el técnico revisará el dimensionado del sistema de expansión, así como el diseño y la forma de instalación del mismo. El problema más habitual del dimensionado del vaso de expansión es que normalmente es de tamaño más pequeño que el que se necesita por lo que causan el mayor problema que es la pérdida de estanqueidad del circuito ya que no evitan que salten las válvulas de seguridad y se pierda fluido del interior. También es habitual que, debido a un insuficiente mantenimiento, la presión de aire del vaso sea inadecuada y, por tanto, el vaso no realiza correctamente su función.

Se remite a la GTEST-4.6.3. para desarrollar el cálculo preciso del sistema de expansión y en caso de duda adoptar la solución de mayor tamaño.

Se debe incluir en la revisión detalles que confirmen que el sistema de expansión seleccionado es el adecuado, además del tamaño, por su presión nominal, así como por el tipo de membrana y temperatura máxima que soporta. El técnico debe definir, asimismo, la presión de precarga del gas.

7.1.14. Sistema de medida

Es habitual que los sistemas de medida sean insuficientes para poder vigilar y controlar de forma adecuada el correcto funcionamiento de las instalaciones. Normalmente no se ha prestado la debida atención, pero es un sistema cuya importancia se debe considerar a la hora de garantizar la fiabilidad por lo que, en esta guía, se le considera dentro de los parámetros esenciales. En cualquier caso, se recomienda seguir las pautas establecidas, para el diseño, en la GTEST-6.6 y, para utilizarlo en el plan de vigilancia, en la GTEST-9.4.

Aunque es evidente la necesidad de que las soluciones propuestas sean proporcionadas conforme a las características y tamaño de las instalaciones, hay que promover siempre que sea posible, el uso de sistemas completos de telemonitorización continua porque será una herramienta importante para conocer de forma evidente y objetiva el rendimiento de las instalaciones, implicar al usuario en su funcionamiento y vigilancia y mejorar la concienciación cambiar la imagen actualmente existente.

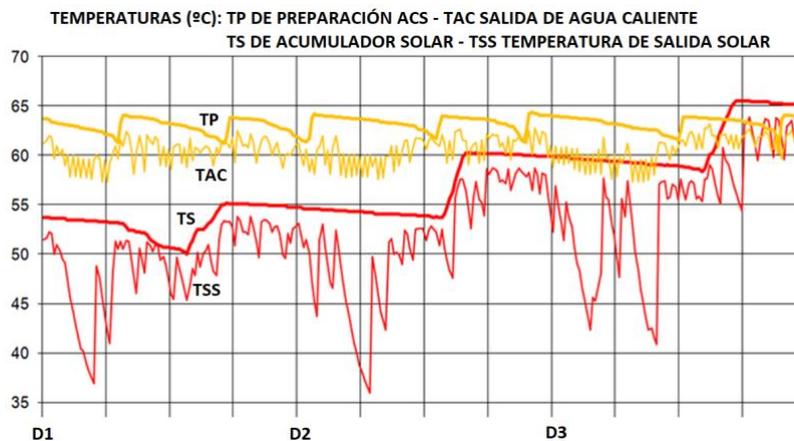


Figura 52: Ejemplo de sistema de monitorización de temperaturas: solar y auxiliar

En la Figura 52 se incluye un ejemplo de medidas de un sistema de monitorización continua que representa, durante 3 días, la evolución de las temperaturas de los acumuladores solar (rojo) y auxiliar (naranja). Pueden observarse los 3 procesos de calentamiento solar (uno diario) y, en este caso, los 7 calentamientos producidos por los arranques de caldera que mantiene la temperatura entre 62 y 64°C. También se observa la estabilidad de las temperaturas internas de los acumuladores (S7 y S9) frente a la evolución de las temperaturas medidas en las tuberías de salida (S6 y S8) que son inferiores y que, cuando no existe caudal, evolucionan a temperatura ambiente ya que están medidas en las tuberías de salida correspondientes.

Afortunadamente, ya hay nuevas soluciones con sistemas bastante desarrollados, con buenas prestaciones, más económicos y habitualmente integrados en los sistemas de control como los que se describen en el apartado siguiente.

7.1.15. Sistema eléctrico y de control

Al igual que ha ocurrido con los sistemas de medida, los sistemas de control tampoco han tenido la relevancia necesaria sobre todo estableciendo la proporción de la parte de la inversión total que corresponde al sistema de control, y relacionándola con la cantidad de energía generada. Afortunadamente la fiabilidad de la fabricación de sistemas de control es bastante buena y únicamente pueden estar afectadas por los problemas habituales de instalación que se describen en el apartado de 5.2.5 y los ejemplos de 7.2.5

En relación con el diseño y aplicación de los sistemas de control, se debe hacer referencia a los valores de consigna que se establecen para las funciones de control y de limitación de temperaturas para que sean acordes con los valores extremos establecidos en el apartado 5.1.7.

En la Figura 53 se muestra un ejemplo de un sistema de control y monitorización de la instalación de acumulación distribuida de un edificio de varias viviendas que a la vez que controla y vigila el funcionamiento de la instalación solar, dispone de sensor de presión para vigilar y proteger en caso de fugas del circuito primario y limitación de la temperatura máxima de los acumuladores. Además, registra y evalúa las prestaciones energéticas incluido el rendimiento ya que dispone de medida de la radiación solar, así como las medidas por vivienda de temperaturas, caudales y energía

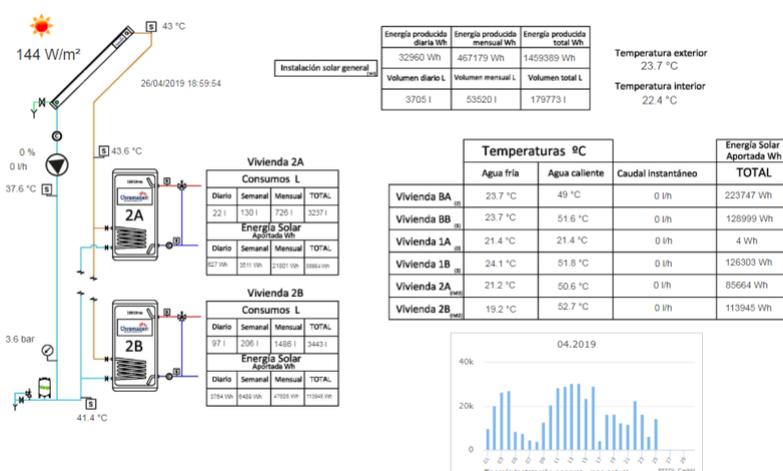


Figura 53: Ejemplo de sistema de control y monitorización de instalaciones de acumulación distribuida

7.1.16. Sistema de energía auxiliar

El técnico debe incorporar la revisión del sistema de energía auxiliar para verificar que su funcionamiento no afecta al rendimiento de la instalación solar, pero preferiblemente, debería

considerar la revisión integral considerando el tipo de energía que consume, el rendimiento de los equipos convencionales y del sistema completo.

En los sistemas de energía auxiliar centralizados se deberían revisar tanto el diseño como la ejecución e incorporarlo al proyecto de rehabilitación para garantizar que se ha intervenido en el rendimiento global y no solamente en la parte solar. La preocupación principal de los usuarios no es si la instalación solar funciona bien y con mucho rendimiento, sino que la instalación de producción de ACS supone un consumo de energía moderado o bajo en su conjunto. Al igual que ocurre con la instalación solar térmica, en muchas ocasiones, pequeñas intervenciones en la instalación auxiliar, o en su sistema de control, puede mejorar sustancialmente su funcionamiento y por tanto el ahorro producido. La integración de todas las instalaciones permite reducir el coste de los sistemas de medida y de control ya que en ocasiones es posible compartir determinados componentes, así como los gastos de vigilancia y mantenimiento porque lo lógico sería que fueran realizados por el mismo mantenedor.

En la Figura 54 se incluye ejemplo de monitorización conjunta de una instalación con funcionamiento correcto que representa la evolución, durante 21 días, de las temperaturas de salida de captadores (azul) y de los acumuladores solar (roja) y auxiliar (naranja). Ésta es la temperatura más estable (entre 60 y 65°C) y básicamente está afectada por el consumo de ACS y por el funcionamiento de la caldera auxiliar. La de acumulación solar puede ser más baja o más alta que la auxiliar y puede observarse la distinta frecuencia de arranques de caldera en función de la temperatura solar con mayor detalle en los 2 tramos señalados no hay arranques con la temperatura solar más elevada. La temperatura de captadores evoluciona diariamente entre los valores mínimo (de 20-25 °C a primera hora de la mañana) y máximo (de 70-80°C a primera hora de la tarde por encima de la alcanzada en acumulación solar); no se producen condiciones de estancamiento porque la temperatura de acumulación solar no alcanza los 80°C que provocaría el paro de la circulación en primario

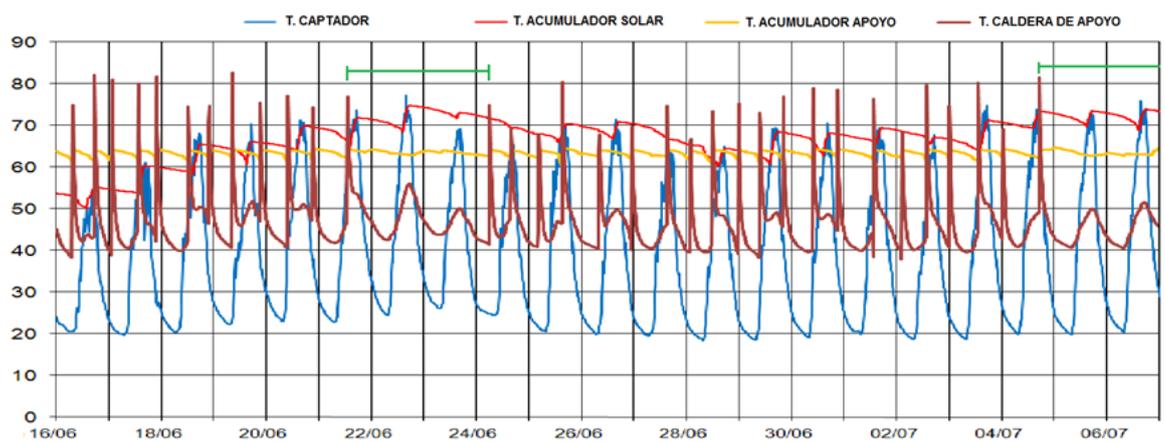


Figura 54: Ejemplo de registro de temperaturas que permite verificar un correcto funcionamiento

En el caso de los sistemas de energía auxiliar distribuidos, que se instalan con carácter individual en cada una de las viviendas, deben utilizar una forma de conexión sencilla que no sea de manipulación

compleja por parte del usuario y normalmente poco estéticas como los casos indicados en la Figura 55 que deberían evitarse.



Figura 55: Ejemplos de sistemas de manipulación compleja y antiestética que se debería evitar

7.1.17. Especificaciones de componentes

Aunque el técnico debe revisar todos los casos, en este apartado se realiza una selección de los fallos más habituales de componentes que no cumplen las especificaciones correspondientes definidas por las condiciones extremas y la compatibilidad de materiales:

- Captador solar. Si no soporta su temperatura de estancamiento y debe taparse para protegerlo de la radiación solar no debe utilizarse.
- Acumulador solar. Deben diferenciarse los acumuladores de inercia de aquellos de consumo además de por la calidad del tratamiento interior porque la temperatura máxima de trabajo no debe tener ningún límite (inercia) o tiene una limitación por la resistencia del tratamiento interior (consumo) y en relación con las presiones extremas de trabajo pueden estar definida por el proyectista (inercia) frente a las definidas por las presiones de la red de alimentación (consumo).
- Intercambiador de calor. Aplicar criterios similares a los anteriormente establecidos para los acumuladores.
- Bombas circuladoras. En algunos casos se utilizan bombas de calefacción (que soportan hasta 110 °C) que no están diseñadas para trabajar en el circuito primario de una instalación solar que, en algunos casos, puede alcanzar los 140-150°C. Es necesario recordar que el diseño del circuito primario, los sistemas de vaciado automático y la programación del sistema de control puede lograr que haya zonas que no queden expuestas a dichas temperaturas.
- Bombas de ACS. Hay que diferenciar, en cuanto a las características exigibles, las bombas del circuito secundario que deberán soportar temperaturas cercanas a los 100°C de las bombas de recirculación cuya temperatura estará definida en función de la del sistema de energía auxiliar (unos 60-70°C)
- Fluido de trabajo. Verificar que soporta la temperatura de estancamiento del primario

- Tubería circuito primario. Confirmando que queda descartado el uso de materiales plásticos, los materiales y, en particular, sus accesorios y uniones, deberán soportar las temperaturas máximas del fluido tanto en fase líquida como en fase vapor.
- Tubería material plástico. Solamente utilizables en las partes del circuito de consumo que no estén afectadas por elevadas temperaturas.
- Aislamiento tuberías. Es un defecto recurrente por lo que hay que resaltar la necesidad de verificar la resistencia a las máximas temperaturas alcanzables.
- Vaso de expansión. Destacar la problemática que se genera por la durabilidad de la membrana elástica porque, además de resistir las condiciones extremas, hay que procurar que esté sometida a los menores cambios de temperatura posibles utilizando los elementos disipadores de calor en el ramal de conexión.
- Valvulería. Todas las válvulas de la instalación (corte, llenado, vaciado, equilibrado, retención, seguridad, mezcladora, etc.) deberán soportar las condiciones extremas del lugar de instalación.
- Sensores sistema medida y de control. Destacar la importancia de que las sondas de captadores soporten la temperatura de estancamiento del primario y revisar los materiales con los que están en contacto los cables que las conectan.

7.1.18. Esquemas y planos

Los esquemas de principio no plantean habitualmente problemas derivados de la aplicación de criterios no adecuados, pero si es habitual que un posible mal funcionamiento esté relacionado con el **uso de componentes que no son necesarios**, que complican la instalación además de encarecerla y que incluso pueden llegar a afectar negativamente a su funcionamiento. Se remite al apartado de la GTEST-6.8 para tomar conciencia de este tema y aplicar criterios prácticos ventajosos. Se incluye en la Figura 56 el ejemplo de dos configuraciones iguales con dos soluciones extremas: en la parte superior, un sistema completo con todos los componentes y, en la parte inferior, otro sistema similar, pero con los componentes mínimos imprescindibles. Las imágenes del lado derecho son representativas de cada una de ellas.

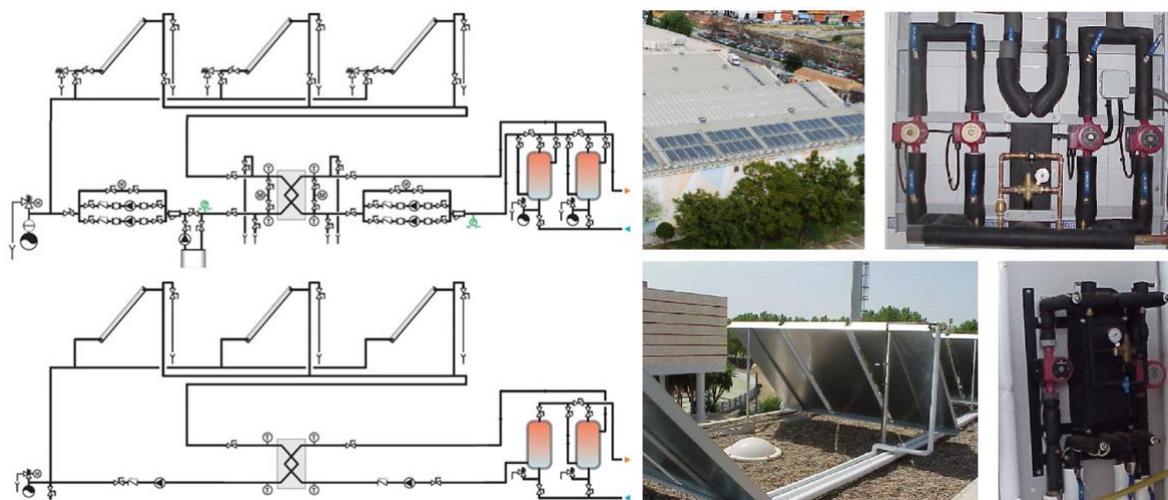


Figura 56: Ejemplos de esquemas de principio para una IST con dos soluciones extremas: completo con todos los componentes (Sup.) y muy simplificado con los mínimos componentes (Inf.)

Las dos soluciones de los esquemas anteriores pueden ser válidas si se consideran en su diseño las características de funcionamiento, operación y mantenimiento. Aunque el técnico deberá evaluar la utilización en cada caso de cualquiera de las posibilidades intermedias entre ambos extremos, se comprende fácilmente que la solución completa es aplicable a instalaciones de gran tamaño que disponen de doble bombas duplicadas en ambos circuitos y diversos ejemplos se han referido a lo largo del documento. Es más difícil imaginar en qué situaciones sería aplicable el caso más simplificado que resulta de reducir y eliminar componentes a los mínimos imprescindibles, pero siempre cumpliendo la normativa vigente.

Ejemplo de aplicación simplificada puede ser el caso (incluido en las imágenes del lado inferior derecho de la Figura 56) constituido por unas pocas baterías de pequeño tamaño donde el técnico tendría que evaluar si tiene sentido sectorizar e independizar 5 baterías de 6 m² en una cubierta poco accesible que requeriría 10 válvulas de corte y 5 válvulas de seguridad con escapes no visibles así como el caso de un grupo de transferencia de calor constituido por un intercambiador compacto de placas soldadas y una única bomba en primario y secundario cuyas válvulas de corte para aislamiento pueden reducirse perfectamente a las 4 conexiones exteriores del conjunto.

Otro problema muy generalizado son **los trazados no equilibrados** si no están bien resueltos a nivel de proyecto ya que posteriormente son difícilmente corregibles durante la ejecución. Sucede principalmente en los circuitos en paralelo de baterías de captadores, pero también ocurre en los casos en los que exista más de un acumulador y se conecten en paralelo. La selección de la alternativa más adecuada entre circuitos invertidos, de ida o de retorno, o bien válvulas de equilibrado, manuales o automáticas, requiere estudio detallado para cada caso. También es importante disponer de sistemas de medida de caudal, o más sencillo, de temperatura para verificar que el correcto equilibrado.

7.1.19. Cálculos complementarios

Se han establecido en apartados anteriores la necesidad de que todos los procedimientos de cálculo que se utilicen en los proyectos de rehabilitación sean rigurosos en los diferentes ámbitos reseñados: sombras, prestaciones energéticas, intercambiador, circuitos, expansión y estructura.

No obstante, el técnico especialista en el primer contacto con la instalación, puede tener la necesidad de disponer de órdenes de magnitud de parámetros para lo que deberá realizar una evaluación rápida de los posibles resultados de los cálculos que estará basada en su experiencia. Los resultados que obtenga, aunque sean estimativos, le permitirá tener una idea aproximada del nivel de intervención que puede requerir la rehabilitación, así como los recursos necesarios, tanto de herramientas de trabajo como de tiempo efectivo, que deberá aplicar a estudiar con más detalle y resolver estos temas. Aunque cada técnico deberá adoptar sus órdenes de magnitud se muestran, solamente a nivel informativo, algunas recomendaciones y criterios a aplicar:

CC1. Estudio sombras. El técnico podría acreditar la ausencia de sombras en los casos evidentes seleccionando los puntos clave del campo de captadores para situarse como observador y verificando que el trazado visual de la línea de obstáculo no intercepta la trayectoria del sol más desfavorable. Si trabaja en un área geográfica limitada podrá tener la estimación de separaciones y ángulos que podrá aplicar al caso de obstáculos y distancias entre filas de captadores.

CC2. Prestaciones energéticas. Es complicado intentar simplificar los factores a vigilar que pongan de manifiesto el correcto dimensionado básico de la instalación, que estaría representada por la superficie de captación y la contribución solar. Se propone que, en base al consumo del edificio, utilizar un factor de 2 m² por cada 100 l/d de consumo pensando que el objetivo final de la rehabilitación debería ser alcanzar coberturas del orden del 80%. La instalación de partida siempre será de menor tamaño por lo que en cada caso habrá que analizar las posibilidades de ampliación.

CC3. Intercambiadores. Se considera complejo intentar estimar el correcto tamaño de un intercambiador y se considera será necesario estudiar en detalle la necesidad de ampliar su tamaño para la rehabilitación.

CC4. Circuitos hidráulicos. Se pueden estimar los caudales totales en base a un caudal unitario de 50 l/h.m² y evaluar si el diámetro mayor existente puede ser suficiente:

Diámetro ext. cobre (mm.)	18	22	28	35	42	54
Caudal primario (l/h)	400	800	1.700	3.200	5.000	10.000

CC5. Sistemas de expansión. Un orden de magnitud sería considerar 100 litros de volumen de expansión por cada 200 m² de instalación. A estos efectos, puede ser importante la visualización de los trazados de tubería relacionada con la contribución de los circuitos al volumen de vapor

CC6. Justificación estructural. El criterio estimativo estaría relacionado con estructuras de perfil delgado con pocos lastres o sujetas de forma incorrecta o insuficiente. Puede ser necesario disponer de un cuadro para estimación de pesos de lastres de hormigón por captador.

Por ejemplo, como primera estimación de órdenes de magnitud (que no deben utilizarse para descartar nada hasta que no se calcule con datos reales) si se tiene una instalación de 100 m², la primera estimación de datos sería que debe corresponder a un edificio de 5.000 l/d de consumo (entre 30 y 50 viviendas dependiendo del tamaño), que el caudal del circuito primario debería ser de unos 5.000 l/h, que la tubería general debería ser de 42 mm. de diámetro y el vaso de expansión de unos 50 litros. Se insiste es solamente una estimación y se recomienda emplear criterios.

7.2. Revisión de la ejecución

i. Proyecto estructural

Además del correcto cálculo y diseño de las estructuras soportes que se deberían haber reflejado en el proyecto es necesario revisar determinados detalles de construcción y ejecución que pueden afectar al resultado final de las mismas. Queda en manos del especialista la adopción de las medidas correctoras necesarias en los casos que sean necesarias. Aquí solamente se incluyen algunos ejemplos y casos que pueden presentarse en la práctica.

Aunque depende del tipo de cubierta y de las soluciones adoptadas las acciones exteriores que suelen ser más determinantes en el diseño de las sujeciones de la estructura con el edificio son las cargas de viento. Para soportarlas se pueden adoptar soluciones diversas siendo las más habituales las que perforan la impermeabilización y sujetan firmemente los puntos de anclaje resolviendo posteriormente la impermeabilización de las perforaciones y las que utilizan el lastrado que simplemente se apoya en elementos resistentes, pero evita las perforaciones. En estos casos es necesario revisar el correcto anclaje de la estructura al lastre como, por ejemplo, en las soluciones con **contrapesos de hormigón que no estén solidarios ni sujetos** (Figura 57) cabe el riesgo de que se puedan desplazar y dejarán de cumplir su función:



Figura 57: Ejemplos de soluciones estructurales A

Las estructuras metálicas deben estar firmemente sujetas a los dados o estructuras de hormigón (Figura 58) pero deben vigilarse posibles desplazamientos por las diferentes dilataciones térmicas:



Figura 58: Ejemplos de soluciones estructurales B

En las **cubiertas planas invertidas** (Figura 59), donde no son viables las pendientes, aislamiento e impermeabilización por el recubrimiento de grava, son buenas soluciones las estructuras metálicas con bandejas que se rellenan con la grava (izquierda) pero que requieren estudio de las cargas necesarias. Otras veces se utilizan estructuras prefabricadas con perfiles metálicos, que se apoyan en puntos distribuidos y lastrados, que generan una estructura portante en si misma (derecha):



Figura 59: Ejemplos de soluciones estructurales C

Cuando en las soluciones estructurales se opta por **perforar la impermeabilización y sujetarlas directamente a la estructura del edificio**, es importante garantizar la reparación de la impermeabilización como por ejemplo (Figura 60) utilizando bota-aguas (izquierda) o sujetando en paramentos verticales, pero sin romper la impermeabilización (derecha):



Figura 60: Ejemplos de soluciones estructurales D

En todos los casos es importante que los sistemas de apoyo permitan alinear correctamente estructuras y captadores para evitar que las conexiones entre ellos estén forzadas y se pueden mantener las pendientes necesarias para proceder a su vaciado, etc.

La **intervención del técnico especialista será imprescindible para modificar o evitar que se produzcan situaciones como las que se muestran en los ejemplos (Figura 61)** donde resulta evidente que las estructuras soportes de equipos y captadores mostradas deberían ser evitadas por los riesgos a terceros que introduce:



Figura 61: Ejemplos de soluciones estructurales E

Debe evitarse la sujeción de captadores por **procedimientos no establecidos por el fabricante** (Figura 62), especialmente cuando se usan elementos no adecuados que pueden no ser suficientes para la sujeción efectiva frente al viento, nieve, etc. o introducir otros efectos no previstos.

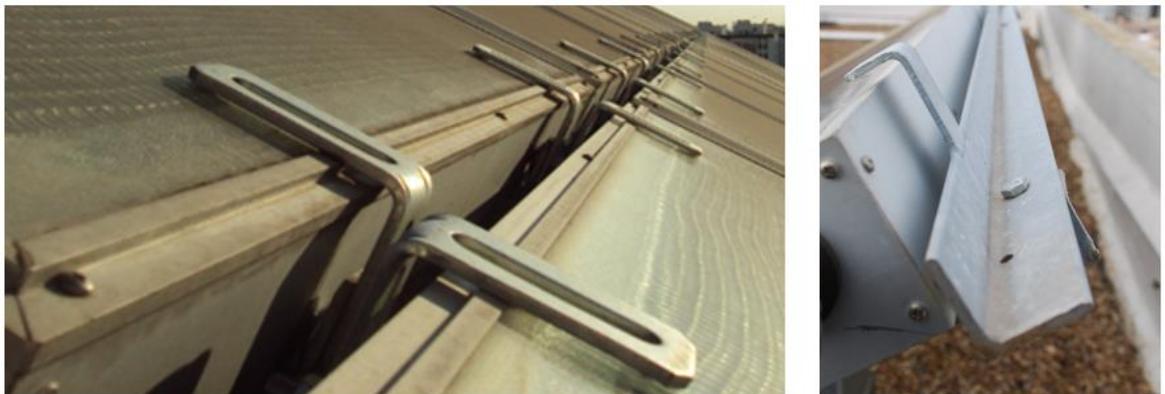


Figura 62: Ejemplos de soluciones estructurales F

Otro punto estructural a revisar es **el apoyo de los acumuladores** por la elevada concentración de peso. Puede requerir (Figura 63) una estructura que descargue directamente en elementos estructurales del edificio (izquierda) o una estructura tipo losa de hormigón que distribuya la carga sobre el terreno.



Figura 63: Ejemplos de soluciones estructurales G

Por último, prever la necesidad de **corregir, modificar o mejorar anclajes de tuberías** y evitar que se puedan romper los soportes o descolgar las tuberías.

ii. Sistemas de protección

• Protección frente a quemaduras

En el caso de sistemas termosifón siempre debe existir una válvula termostática (**Error! Reference source not found.**izq.) porque, dado que estos sistemas no disponen de un sistema de control que evite el aporte solar al acumulador, la temperatura de salida podrá ser superior a 60°C. En el caso de sistemas forzados (Figura 64 der.), donde es posible gestionar la aportación solar al acumulador, si no hay válvula termostática comprobar que la temperatura máxima del acumulador es de 60°C aunque, si el acumulador la soporta, puede interesar subir la limitación e instalar una válvula termostática.



Figura 64: Ejemplos de válvulas mezcladoras termostáticas

Ejemplos de válvula de seguridad con escapes si y no conducido (Figura 65). Todos los desagües de vaciados, drenajes o sistemas de purga deben estar conducidos, especialmente los de las válvulas de seguridad que pueden actuar sin previo aviso y provocar quemaduras o daños materiales.

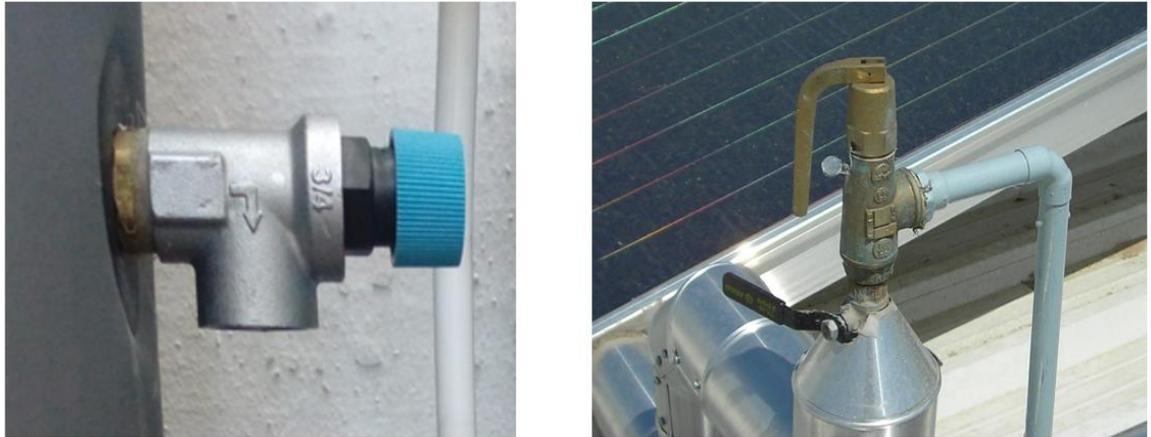


Figura 65: Ejemplos de válvulas de seguridad conducida (der.) y no conducida (izq.)

Ejemplo de captadores (Figura 66) instalados en zonas técnica accesibles solamente para mantenimiento dejando otras zonas de la cubierta accesible y disponible para otros usos como para tender ropa, etc.



Figura 66: Ejemplos de captadores instalados en zonas técnicas

- **Protección frente altas temperaturas**

La inadecuada resistencia del aislamiento térmico a las elevadas temperaturas es el fallo más habitual en el uso de un material que no soporte (Figura 67) las temperaturas extremas de la tubería ya que termina derriéndose y desaparece. Otras veces pierde sus propiedades aislantes cuando se eliminan las celdas cerradas de aire por excesiva temperatura.



Figura 67: Ejemplos de aislamientos que no soportan altas temperaturas

Hay una gran diferencia de resistencia a las altas temperaturas del circuito primario de los aislamientos de celda cerrada (caucho microporoso, poliestireno, etc.) con respecto a la de los aislamientos de fibra de vidrio. Estos últimos requieren la protección completa para que no absorban agua ya que con la humedad pierden sus propiedades aislantes. Es necesario utilizar una barrera antihumedad o capa impermeable con materiales que cumplan esa función como en la tubería con dos coquillas de fibra de vidrio y capa impermeable realizada con venda y emulsión asfáltica de la Figura 68 derecha; una vez instalada en obra el acabado final es mediante chapa de aluminio. La mejor solución y terminación al exterior para protección del aislamiento.



Figura 68: Ejemplos de coquillas para aislamiento térmico

- **Reducción de altas temperaturas**

Puede encontrarse el uso de disipadores, sean estáticos o dinámicos, que se deberían evitar si se diseña una instalación que soporta sus temperaturas máximas. En caso de utilizarlos (Figura 69), realizar una correcta instalación no aislando las tuberías ya que deberían colaborar en la disipación, siempre ubicadas en zonas técnicas para evitar quemaduras, vigilar su funcionamiento y la correcta

actuación de la apartamentada de control y maniobra ya que cuando las válvulas de 3 vías quedan abiertas, parte del caudal principal pasa por el circuito de disipación y puede estar continuamente enfriando el calentamiento solar.



Figura 69: Ejemplos de aerotermos instalados para disipar calor

El tapado de captadores (

Figura 70) no es la mejor forma de protección contra elevadas temperaturas porque, además de ser antiestéticos, no son sistemas fácilmente automatizables y plantean dudas sobre la calidad de



la instalación.

Figura 70: Ejemplos de tapado de captadores

- **Protección antiheladas**

Los sistemas habitualmente utilizados y más seguros son los sistemas de protección pasiva, es decir, que la seguridad y protección de la instalación no dependa de elementos activos externos. Una protección adecuada es el uso de una mezcla anticongelante en el circuito primario que únicamente requiere un circuito estanco para que no exista reposición de agua que disminuya la proporción de glicol teniendo en cuenta, además, que sea un propilenglicol que soporte las temperaturas máximas del circuito primario. Los sistemas de drenaje automático también son sistemas de protección pasiva.

En zonas con riesgo bajo de heladas, se pueden utilizar sistemas con circulación del primario. En la Figura 71 se presenta un ejemplo de la evolución, durante 24 horas, de las temperaturas de la instalación y se observa que el sistema de protección contra heladas actúa dos veces durante la noche. La actuación se realiza cuando la temperatura de captadores llega a +3°C y se para al poco tiempo porque en seguida llega a +5°C. En este caso se arrancan tanto las bombas de primario como las de secundario lo que se suele hacer en caso de circuitos primarios con escasa cantidad de fluido.

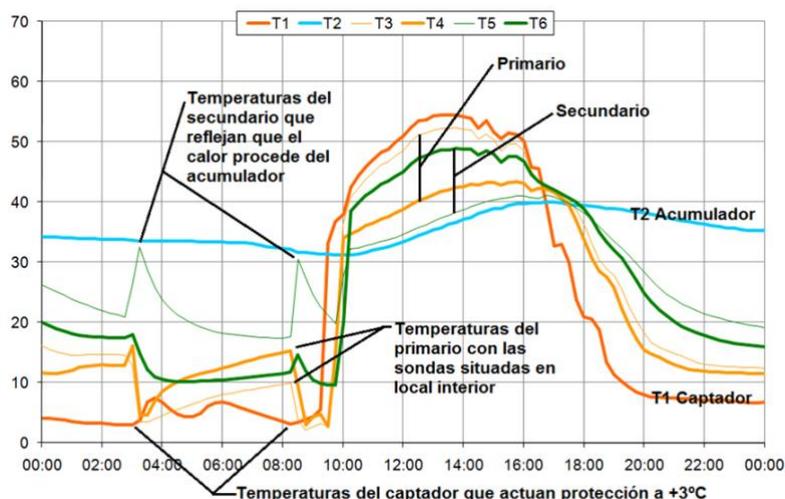


Figura 71: Ejemplo de protección antiheladas por circulación del primario

Se pueden encontrar algunos casos que utilizan sistemas de protección con una resistencia eléctrica sumergida en la parte inferior del captador (Figura 72) pero la escasa fiabilidad del sistema de control (termostato) puede hacer el sistema permanezca continuamente conectado.

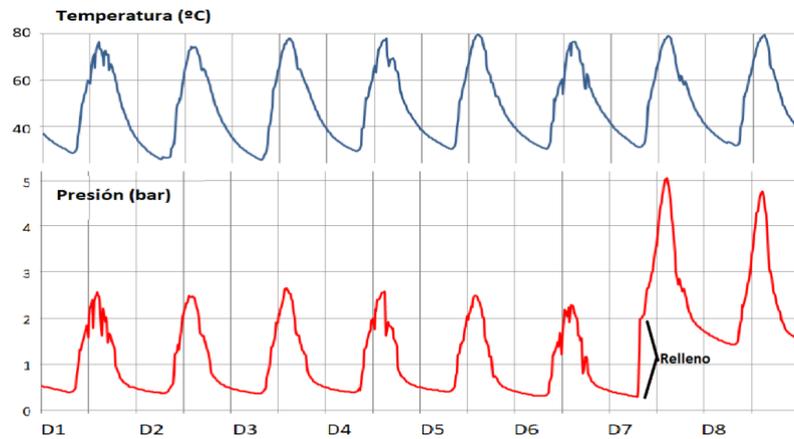


Figura 72: Ejemplo de protección antiheladas mediante resistencia en captador

- **Protección altas presiones**

La protección frente altas presiones de un circuito siempre la realiza una válvula de seguridad que evita se alcance una presión superior a la de su tarado o regulación. La apertura de una válvula de seguridad debe considerarse un fallo de la instalación y hace necesario revisar el correcto dimensionado del sistema de expansión. El efecto secundario de esta situación, ya comentado, es que hay que rellenar el fluido que se haya perdido verificar la proporción de anticongelante, purgar y presurizar.

correcto el diseño y



dimensionado del vaso de expansión, es importante la vigilancia de las presiones de funcionamiento que interesa hacerla cuando la temperatura del fluido es fría (por ejemplo, por la mañana a una hora temprana).

Figura 73: Evolución de temperatura y presión del ejemplo descrito

La Figura 73 presenta la evolución de la presión en un circuito primario durante 8 días seguidos: los primeros días la presión evoluciona cíclica y diariamente entre 0,5 y 2,5 con las temperaturas medias del circuito variando entre 30 y 80°C. El día D7 a las 7:30 de la mañana, posible hora de entrada del servicio de mantenimiento y correcta para revisión de la presión mínima, hay una ligera bajada de presión que se compensa con un relleno de fluido y presurización que deja la presión mínima a 2 bar. Durante ese día y los siguientes la presión máxima alcanza unos 5 bar de presión; lo cual, con toda probabilidad hace que salten las válvulas y se pierda fluido porque ese mismo día

la presión en frío ya baja hasta 1,5. Aunque una presión mínima elevada pudiera a priori suponer una mayor tranquilidad para el servicio de mantenimiento, realmente representa el riesgo de que los vasos de expansión no se hayan previsto para absorber toda la dilatación desde esa presión mínima. Lo mismo puede ocurrir si se utilizan sistemas de llenado poco fiables como, por ejemplo, cuando la histéresis del presostato es poco precisa.

Las altas presiones junto altas temperaturas normalmente afectan a los materiales plásticos que pueden deteriorarse (Figura 74) por los efectos combinados de ambos factores:

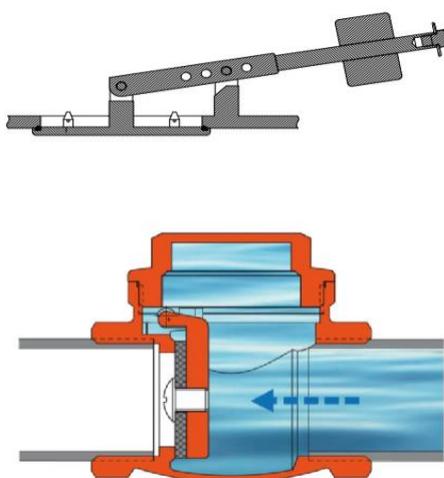


Figura 74: Ejemplos de roturas por efectos combinados por elevada presión (izq.), mezcla de presión y temperatura (cen.) y por elevada temperatura (der.)

- **Protección bajas presiones**

Se presentan algunos ejemplos de problemas por bajas presiones que afectan a las instalaciones:

- Cuando se pretende que el circuito primario sea estanco resulta que, cualquier fuga de fluido produce que baje la presión y, por debajo de la atmosférica, se produce la entrada de aire por depresión como es el caso habitual de los purgadores automáticos.
- Los acumuladores de ACS no siempre están presurizados por la red de alimentación y deben estar preparados cuando exista un corte que anule la presión. Sobre todo, si los acumuladores



están situados en una altura elevada siempre hay que utilizar válvulas antivació que evitan la implosión del acumulador cuando alguna de las columnas de fluido o de agua pierde la presión.

Figura 75: Ejemplos de válvulas antivació que evitan la implosión (Izq.) y de resultado de implosión de un acumulador de agua (Der.)

- A veces hay que adoptar precauciones especiales en los intercambiadores por las diferencias de presiones entre los dos circuitos controlando que no exista comunicación entre ellos. A estos efectos, se generarán problemas si existen fugas y, en función del sentido que tenga la diferencia de presiones, puede ocurrir que el fluido del circuito primario pase al circuito de consumo o que el agua de consumo pase al circuito primario con los efectos secundarios que se inducen en ambas situaciones

- **Protección eléctrica**

Se debe recordar la necesidad de revisar las protecciones de la instalación eléctrica, conforme al REBT, que debe incluir una puesta a tierra de todas las partes metálicas de captadores y estructuras para evitar la tensión que se pueda alcanzar en ellos por cualquier problema que puede dañar equipos de la instalación o personas que entren en contacto

También se puede hacer referencia a un ejemplo muy repetido de falsa protección eléctrica de algunos elementos electromecánicos (bombas, válvulas, etc.) que por su nivel de protección requieren se instalen en espacios interiores pero muchas veces se adoptan soluciones (Figura 76) que incumplen la reglamentación e introducen un riesgo a la instalación y se trata de un falso tapado de componentes de forma bastante poco profesional.

En particular conviene revisar la continuidad de las tomas de tierra, la existencia de protecciones para todos los circuitos de acuerdo con las intensidades consumidas, equilibrado de circuitos trifásicos, correcto disparo de protecciones, correcto conexionado de cables en los cuadros eléctricos, etc.



Figura 76: Ejemplos de defectuosa protección frente a condiciones exteriores

7.2.3. Fiabilidad de funcionamiento

- **Estanqueidad de circuitos**

Como ya se comentó, el problema más habitual es la falta de estanqueidad de los circuitos, sobre todo el primario, por lo que es necesario evitar las situaciones que los hacen no estancos (purgadores automáticos, válvula de seguridad, racores de conexión, etc.). Además de adoptar las medidas correctoras que sean necesarias, debería hacerse una prueba de estancamiento.

La Figura 77 son ejemplos de purgadores automáticos que dejan escapar vapor, no soportan temperaturas de estancamiento, se instalan con válvulas que los anulan y que a veces se quedan abiertas y otras veces son purgadores automáticos sin válvula de corte.



Figura 77: Ejemplos de purgadores automáticos

En el caso de encontrar purgadores automáticos, la medida correctora es sustituirlos por sistemas manuales de purga. Además de más sencillos, seguros y fiables son más económicos. Para su ejecución se pueden adoptar diversas soluciones (Figura 78) como se indica:



Figura 78: Ejemplos de purgadores manuales

Los purgadores manuales instalados en circuitos estancos hay que utilizarlos solamente en la presurización y puesta en marcha de la instalación, y no periódicamente como muchas veces se pretende justificar. Se insiste, pero el circuito debe ser estanco.

No obstante, es necesario que sean fácilmente accesibles porque si son instalados en lugares inaccesibles, o de difícil acceso, y no son conducidos es probable que dejen de utilizarse. La falta de conducción de los purgadores es una evidencia de que el instalador no ha realizado ninguna purga porque es muy difícil purgar sin mojarse o quemarse. En la Figura 79 hay ejemplos de purgadores manuales difícilmente accesibles:



Figura 79: Ejemplos de purgadores manuales difícilmente accesibles

Existen buenos instaladores que ejecutan bien los purgadores manuales con válvulas accesibles para el mantenedor (Figura 80) y los escapes bien conducidos:



Figura 80: Ejemplos de purgadores manuales accesibles

Es importante evitar la actuación descontrolada y sin que pueda ser visualizada de las válvulas de seguridad existentes en los grupos de campos de captadores. La medida de disponer una válvula de corte en los grupos que se puedan sectorizar es una buena opción (Figura 81) aunque se debe explicar claramente la operación a realizar en caso de utilizarla.



Figura 81: Ejemplos de uso de válvulas de seguridad en la sectorización



- **Circulación de fluidos**

Además de las posibles deficiencias en el diseño y dimensionado de circuitos por diámetros pequeños, por bombas insuficientes, equilibrado, etc. los problemas más habituales pueden ser producidos por falta de caudal (producido por la excesiva pérdida de carga derivada del uso de diámetros de demasiado pequeños), por bombas averiadas o atascadas, por equilibrado hidráulico incorrecto, por flujos indeseados en baipases de puentes manométricos abiertos o por circuitos con bolsas de aire que reducen las secciones eficaces, o por circuitos alternativos mal diseñados o ejecutados (con válvulas de tres vías para disipadores, intercambiadores, etc.). En la **Error! Reference source not found.** se puede ver el ejemplo de una interconexión entre captadores con liras de dilatación situadas de forma que fácilmente puede retener aire y de esa forma reducir o eliminar el caudal y romper el equilibrado. En algunos casos es necesario prever purgadores de aire, pero en éste, el problema se soluciona disponiendo horizontalmente los dilatadores.

Figura 82: Ejemplos de sifones invertidos. A la Izq. Necesario para librar un pretil con purgadores manuales Der.: Innecesarios producidos por una incorrecta instalación

Para el equilibrado de circuitos es necesario un buen diseño en fase de proyecto, pero también es imprescindible una correcta ejecución. En este caso (Figura 83), puede observarse las diferentes calidades de montaje de tuberías:



Figura 83: Ejemplos de diferentes calidades de instalación

En sistemas termosifón (Figura 84) las tuberías en trazados horizontales deben tener una ligera inclinación en el sentido de la circulación y no sifones invertidos que pueden retener aire que dificulten o impidan la circulación:



Figura 84: Ejemplos de sifones invertidos en circulación por termosifón

La Figura 85 es un ejemplo gráfico de equilibrado de una instalación con 12 baterías de captadores en paralelo y, como la monitorización dispone de las temperaturas de entrada general y salida de cada batería, pueden observarse y detectarse las diferencias de temperaturas que pueden ocurrir en cada batería y evaluar su importancia sobre el salto total de temperaturas:

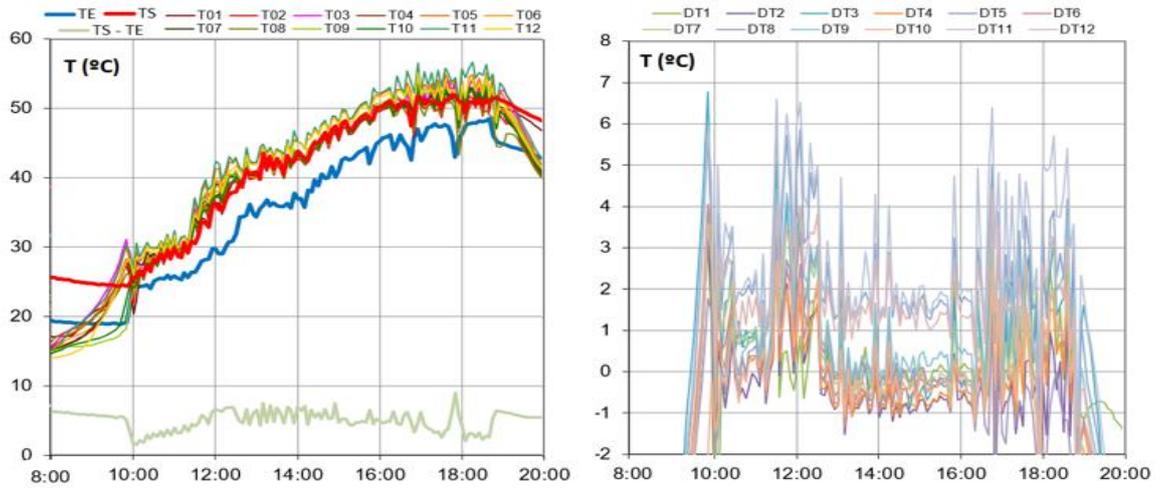


Figura 85: Ejemplos de medidas y diferencias de temperaturas de baterías conectadas en paralelo

- **Sistema de expansión**

Es importante confirmar las hipótesis consideradas en el cálculo y para ello hay que destacar que existe una gran diferencia en el dimensionado del sistema de expansión si se contabilizan los trazados de tuberías que contribuyen al volumen de vapor en función de su posición en relación con la parte inferior de captadores que debe estar definida previamente y no modificada ni decidida posteriormente. La Figura 86 incluye varios ejemplos de trazados de tuberías que discurren por encima de la parte inferior de captadores y contribuyen de forma importante al volumen de vapor:



Figura 86: Ejemplos de tuberías que aportan su volumen a la formación de vapor

Cuando los trazados de tuberías se realizan por debajo de captadores (Figura 87) se elimina el volumen de las mismas en el cálculo del volumen de vapor:



Figura 87: Ejemplos de tuberías que no aportan su volumen a la formación de vapor

Si el trazado de tuberías está bien realizado, no tiene mucho sentido modificar su posición y el técnico especialista únicamente tendrá que decidir su toma en consideración en los cálculos. En caso de dudas, siempre se deben incorporar para ir del lado de la seguridad en el cálculo de la expansión.

Para la instalación del sistema de expansión es importante definir el punto de conexión al circuito (ver esquemas de la Figura 88 y observar la posición relativa de la válvula de retención) y, además, procurar que esté alejado de captadores para que no le alcance fluido a alta temperatura que siempre procede de captadores.

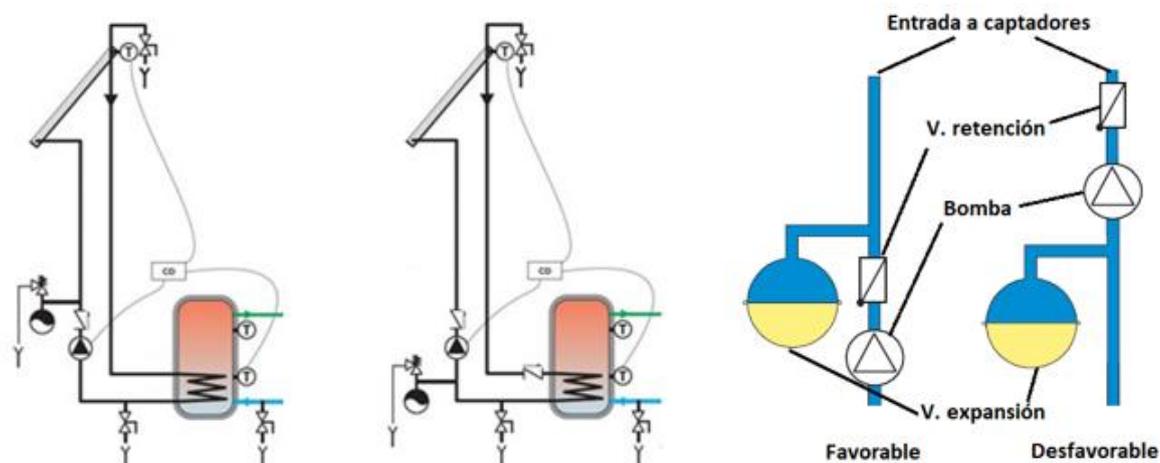


Figura 88: Puntos de conexión del vaso de expansión y detalle de situación de componentes

A partir de la conexión al circuito primario de la instalación el ramal se debe realizar sin aislamiento para que el fluido se enfríe antes de llegar al vaso de expansión y, si fuera necesario, se debe instalar un depósito tampón. Curiosamente (Figura 89) en algunas ocasiones, la tubería de conexión de la expansión está bien aislada aunque debería ser desnuda para disipar el calor.



Figura 89: Ejemplo de vasos de expansión instalados al exterior y conectados al circuito primario mediante ramal con aislamiento térmico que afecta negativamente a su durabilidad

A veces, como puede verse en la figura, se instalan los vasos de expansión al exterior, aunque no siempre están preparados para soportar las condiciones exteriores y se pueden oxidar fácilmente.

- **Sistema de medida**

Los sistemas de medida más sencillos están asociados a equipos domésticos que requieren una mínima información para saber que funcionan correctamente y las medidas correctoras que se deben adoptar en cada caso. A los efectos de sistemas domésticos:

- Si una instalación dispone de un sistema auxiliar continuamente alimentado, el usuario dispone de ACS, pero no sabe si se produce por la energía solar o la auxiliar y no sabe si la instalación solar funciona. Es necesario incorporar el sistema de medida más sencillo que puede estar constituido por un simple termómetro que permita controlar las temperaturas de operación del acumulador solar. También hay aplicaciones de móviles con sistemas de medida preparados para dar esta información.
- Si un circuito primario cerrado no es estanco, puede ser una fuente de problemas y es necesario revisarlo y modificarlo para que lo sea y, en cualquier caso, es necesario controlar su presurización. El empleo de un manómetro es la solución más habitual midiendo la presión en frío del circuito cerrado. La imagen adjunta es un ejemplo de manómetro que no sirve a esos efectos porque mide la presión de red y, además, no está preparado para exteriores y está situado en una zona difícilmente accesible.



Figura 91: Ejemplo de termómetro digital



Figura 90: Ejemplo de manómetro instalado

Del termómetro y manómetro utilizable para pequeños equipos domésticos, el sistema de medida se debe ir complementando a medida que aumenta el tamaño y las características de diseño que lo requieren. Como ya se indicó, los sistemas de medida más completos pueden permitir, además de la visualización continua del estado de funcionamiento y de las principales magnitudes de trabajo, la monitorización continua de todas ellas e incluso el aviso de fallos si sus valores se salen fuera del rango que se haya establecido. Para eso ya sería necesario disponer de sistemas automáticos de vigilancia como, por ejemplo, se observa en el gráfico adjunto si el sistema avisa del cambio en la temperatura de acumulación solar.

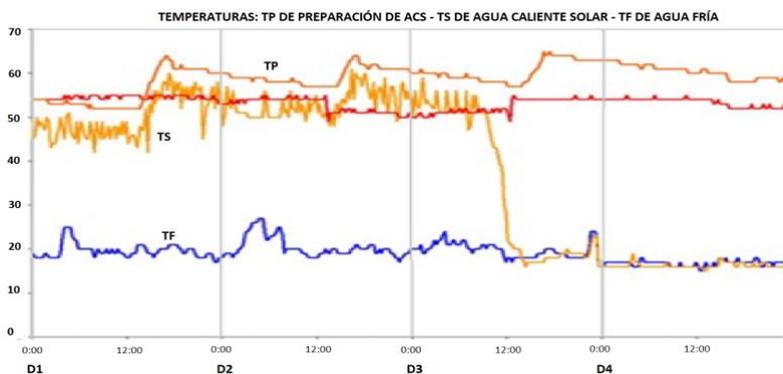


Figura 92: Ejemplo de fallo de instalación detectado por la monitorización

• **Sistema eléctrico y de control**

El sistema eléctrico y de control, además de incluir el sistema de medida por monitorización continua, deben diseñarse de forma que sea el elemento fundamental que aporte fiabilidad completa a la instalación solar térmica. Aunque dependerá de la configuración de cada caso en particular, en general sería necesario que, como mínimo, mida y registre:

- Temperaturas de acumulación
- Temperaturas, de entrada y salida, de captadores, de intercambiadores y de consumo
- Presión de trabajo del circuito primario
- Caudal total de los circuitos primario
- Radiación solar global y temperaturas ambiente
- Estado de funcionamiento de bombas y otras posibles actuaciones

EL diseño de los sistemas debe disponer, como mínimo

- Cuadro eléctrico con todos los componentes
- Protección diferencial y magnetotérmica general y protecciones de todas las salidas
- Contactores y relés para actuaciones eléctricas
- Alimentación al sistema de control y al de monitorización
- Conexión a redes de comunicación e internet



Figura 93: Ejemplos de cuadros eléctricos completos incluido sistema de control y de monitorización

7.2.4. Pérdidas térmicas

- **Pérdidas energéticas por flujo inverso.**

La mejor manera de controlar que en una instalación no hay flujo inverso es observando las temperaturas de toda la instalación cuando el acumulador está caliente y el resto frío lo que puede ser por la tarde/noche o temprano por la mañana.

La Figura 94 es un ejemplo de instalación monitorizada que refleja la distribución de temperaturas y se puede comprobar que existe flujo inverso por circulación nocturna. La temperatura de salida de captadores TS se ha mantenido toda la noche a unos 50°C y la única fuente de calor es el acumulador representada por TACU que se mantiene toda la noche a unos 60°C, pero bajando. La de entrada a captadores TE está a unos 40 °C a medianoche y evoluciona hacia la temperatura ambiente TA a lo largo de la noche. Se puede comprobar con el resto de datos que no hay nada funcionando y que hay circulación natural desde acumuladores que se van enfriando. Se trata de una instalación de gran tamaño con intercambiador externo por lo que se puede analizar el funcionamiento del intercambiador con bajo caudal. La solución más sencilla en este caso sería introducir una electroválvula que interrumpa la circulación cuando no funcione la bomba de circulación

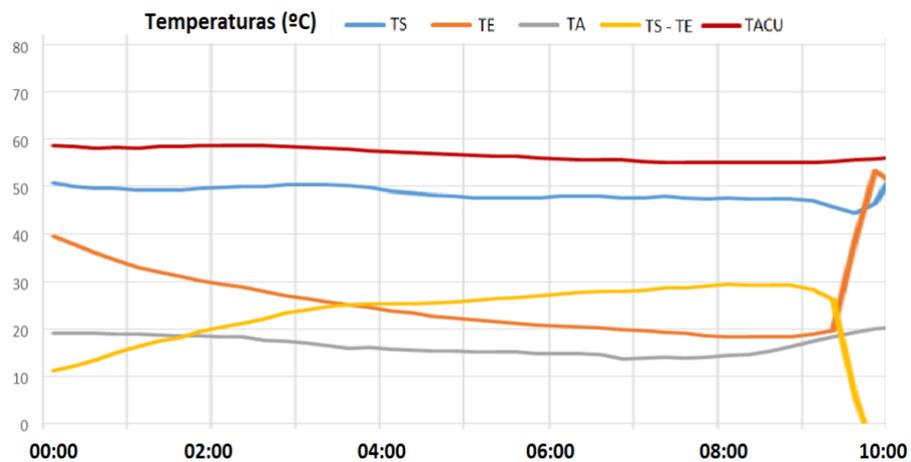


Figura 94: Ejemplo de circulación inversa por temperaturas nocturna en captadores

- **Pérdidas energéticas en tuberías y accesorios**

Las pérdidas térmicas más importante son las que se observan a simple vista cuando se ven tuberías y accesorios sin aislamiento térmico. La no continuidad del aislamiento (Figura 95) es un grave problema que afecta al rendimiento de las instalaciones. Hay veces en que, sin analizar las consecuencias, el instalador evita el aislamiento de codos y de la valvulería porque es más complicado y costoso como, por ejemplo, en las conexiones entre captadores. Otras veces no existe dirección de obra o no interviene en estos temas. Todos estos fallos son fácilmente corregibles.



Figura 95: Ejemplos de tramos de tuberías sin aislamiento

Otras veces (Figura 96), se encuentra una ejecución defectuosa o la presencia de cortes longitudinales sin pegar que al no cerrar adecuadamente actúan como disipadores.



Figura 96: Ejemplos de aislamiento térmico mal instalado

En resumen, cualquier tramo sin aislar es una gran pérdida de calor perjudicando el rendimiento global de la instalación. La simple observación de partes metálicas de los circuitos o que no se ve nada metálico porque está todo bien aislado permite realizar una primera evaluación (Figura 97).



Figura 97: Ejemplo de accesorios de instalaciones aislados (izq.) y sin aislamiento térmico (der.)

Pérdidas energéticas en acumulador

Los depósitos de agua caliente con sus conexiones sin aislar y, sobre todo, si están instalados al exterior, son los menos eficientes. La solución siempre es dar continuidad al aislamiento, que sea completo y que no tenga ninguna parte metálica visible desde el exterior como la Figura 98 en la que se observan las bocas de registro, conexiones y difusores tapadas con aislamiento.



Figura 98: Ejemplo de acumuladores con aislamiento reformado y completo

7.2.5. Condiciones exteriores

Se examinan algunos ejemplos de las situaciones que pueden surgir en los que el técnico especialista aplicará sus criterios para intervenir en los casos que se presenten sobre la protección de la instalación a las condiciones exteriores.

- **Protección de los componentes de la instalación**

En la Figura 99 se observan ejemplos de acumuladores y otros componentes instalados al exterior con acabados de materiales plásticos de escasa durabilidad que terminarán degradándose:



Figura 99: Ejemplos de defectuosa protección de acumuladores y componentes

En la Figura 100 se observan ejemplos de acumuladores instalados al exterior con acabados en chapa de aluminio de máxima durabilidad y de buena calidad cuyo único control de mantenimiento debe ser la eventual presencia de humedad en el aislamiento:



Figura 100. Ejemplos de correcta protección exterior de acumuladores y tuberías

En la Figura 101 se incluyen ejemplos de acabados del aislamiento térmico de mala calidad y componentes con materiales plásticos instalados al exterior:



Figura 101: Ejemplo de mala calidad de la protección y deterioro del aislamiento

Es necesario cambiar las soluciones de protección de los acabados exteriores de los aislamientos utilizando materiales adecuados (Figura 102):

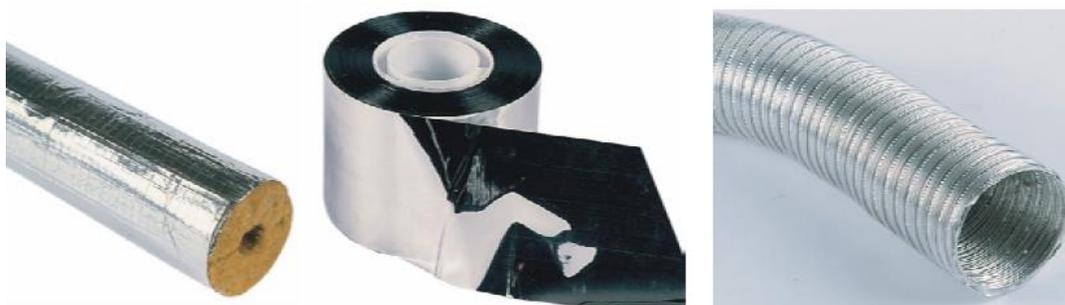


Figura 102: Ejemplos de materiales para protección exterior del aislamiento térmico

Como posibles soluciones para protección de los componentes y elementos de la instalación cuando no existan espacios cerrados y se deban instalar al exterior es la utilización de cuadros o armarios cerrados para exteriores (Figura 103) o, alternativamente, utilizar cubiertas de tamaño adecuado para proteger de cualquier incidencia del agua y del sol.

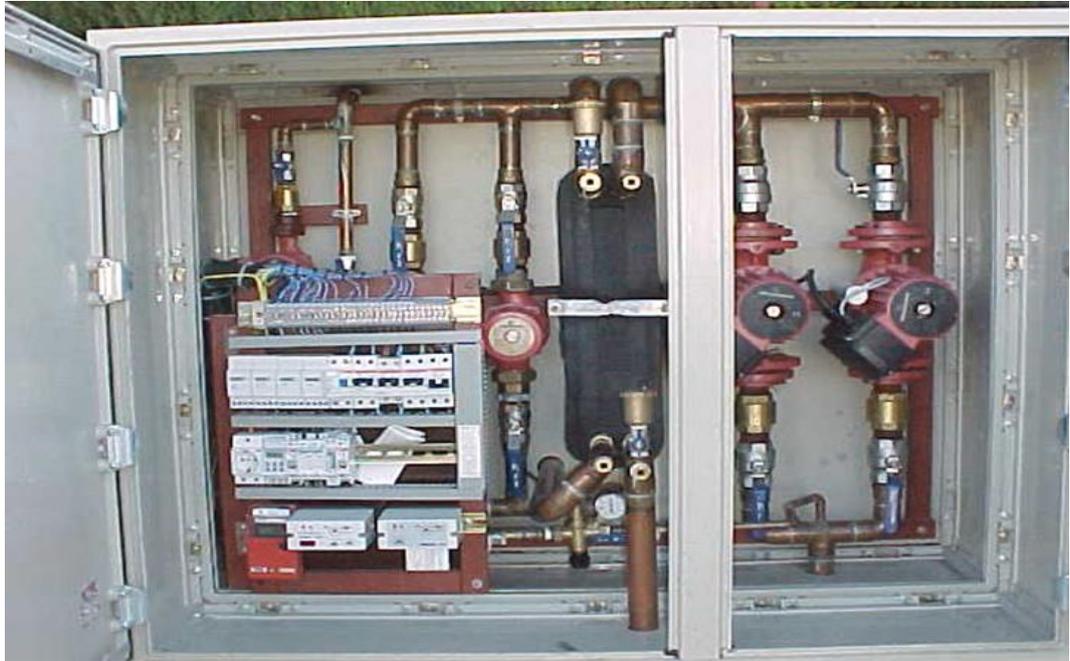


Figura 103: Ejemplo de un sistema de protección de componentes para su instalación al exterior

- **Protección del edificio a condiciones exteriores**

Es necesario revisar las interconexiones de la instalación con los cerramientos del edificio para mantener la estanqueidad del mismo. Algunos puntos de encuentro más habituales:

- Sistemas de anclaje y sujeción de la estructura soporte
- Pasos de tuberías a través de cerramientos: nunca en cerramiento horizontales y en los verticales realizar un sifón invertido en el exterior y entrar en contrapendiente para evitar cualquier tipo de entrada de agua desde el exterior.
- En el caso de trabajar con fluidos en el interior del edificio siempre prever su localización en zonas húmedas que dispongan de una salida para evacuación de fluidos
- Considerar la evacuación de las condensaciones de agua que se producen en captadores y estructuras por el punto de rocío en horas tempranas de las mañanas, así como el arrastre del agua de lluvia.

7.3. Evaluación del funcionamiento

Como ya se ha indicado a lo largo del documento la mejor evaluación del funcionamiento de una IST se realiza mediante un sistema continuo de monitorización fijo. Los sistemas que no dispongan de él serán difícilmente evaluables y el técnico especialista tendrá que decidir sobre las prestaciones de la instalación en función de su experiencia, de los datos obtenidos o de la posible instalación de un sistema de monitorización portátil.

Algunos ejemplos de monitorización de instalaciones solares pueden encontrarse en el documento de ATECYR⁴.

En cualquier caso, lo que si pasa a ser una evidencia es la necesidad de disponer de un adecuado sistema de vigilancia y control de prestaciones de la instalación rehabilitada. Por un lado, no se puede volver a cometer el error de que el resultado de una rehabilitación sea una instalación con prestaciones inciertas por lo que en una rehabilitación se requiere un compromiso de prestaciones que debe ser continuamente observado. Y para ello siempre será necesario disponer de un sistema de monitorización adecuado. Aunque la inversión en supervisión deba estar justificada y ser adecuada a la instalación correspondiente, hay que ser consciente de que siempre será un coste fácilmente justificable si asegura la evaluación continua que antes de la rehabilitación no se hizo.

No obstante, en el estudio previo a la rehabilitación, el técnico especialista tendrá que decidir, en base a alguno de los procedimientos del apartado 5.3, el seleccionado para evaluación de las condiciones de funcionamiento.

En cualquier caso, para evaluar el proceso de calentamiento la forma más fiable posible sería realizar la medida instantánea del rendimiento y para ello sería necesario medir los siguientes parámetros:

- Radiación solar global y temperatura ambiente
- Temperatura de entrada y salida de captadores
- Caudal del circuito primario
- Energía térmica aportada por el circuito primario

Con esos datos se puede determinar el rendimiento instantáneo del proceso de calentamiento en el circuito primario. Este procedimiento puede ser una evaluación de un instante determinado o pueden integrarse los datos obtenidos para un periodo determinado.

7.4. Revisión del mantenimiento

Se hace referencia a diversos ejemplos y experiencias de mantenimiento para su toma en consideración por el técnico especialista.

• Costes de inversión frente a costes de mantenimiento

En muchas ocasiones los problemas y costes de mantenimiento son producidos por un incorrecto proyecto o una insuficiente inversión por lo que no siempre se debe imputar a falta de mantenimiento los errores y deficiencias en el diseño de las instalaciones. Es un caso muy habitual el uso de sistemas de protección exterior del aislamiento con pinturas que debe renovarse todos los años. Ya se ha reflejado esta situación a lo largo del documento y destacar que, como normalmente son operaciones complejas y costosas, casi siempre dejan de hacerse y, naturalmente, conducen al deterioro, y muchas veces colapso, del aislamiento de la instalación.

⁴ Fundamentos de energía solar para ACS y climatización. Buenas prácticas. ATECYR 2015

- **Limpieza de captadores**

Sobre la limpieza de la cubierta de captadores para aumentar la eficiencia de la captación se remite a la información de la GTEST que, en resumen, recoge el criterio de no realizar limpiezas de cubierta con demasiada continuidad a no ser que sea expresamente necesario. La Figura 104 muestra los ensayos de captadores solares con y sin suciedad en la cubierta que justifica que la diferencia de rendimientos (inferior al 2%) no es significativa.



Figura 104: Comparación de ensayos de captadores solares con y sin suciedad en la cubierta

- **Incrustaciones calcáreas**

Precaución especial deberán adoptarse en los casos de aguas muy duras ya que producen depósitos calcáreos en la parte más caliente del circuito de agua sanitaria, esto es, en los circuitos secundarios de los intercambiadores, en la resistencia eléctrica de sistemas de energía auxiliar (Figura 105), etc.



Figura 105. Ejemplos de incrustaciones calcáreas en resistencias eléctricas sumergibles

- **Corrosión y compatibilidad de materiales**

Existen ejemplos del desgaste de los ánodos de sacrificio del depósito y de los problemas derivados por la falta de sustitución de los ánodos de magnesio. Por otro lado, observar que se evita la corrosión cuando existen manguitos electrolíticos en los circuitos de materiales no compatibles.

- **Durabilidad de las instalaciones**

El técnico debe realizar las previsiones de lo que pueden durar las instalaciones a los efectos de decidir lo que se puede invertir en rehabilitarlas y en mantenerlas. A esos efectos, la experiencia real que existe en España de estas instalaciones es que, aunque algunas duran unos pocos años y casi siempre por un mal diseño, hay algunas instalaciones realizadas en los años 80 que siguen en funcionamiento por lo que está demostrado que pueden durar más de 40 años. Normalmente el captador solar es el componente que da menos problemas porque expresamente está diseñado para condiciones exteriores. Si está bien instalado puede pensarse que el exterior del captador se trata de un componente de la edificación similar a la carpintería metálica de ventanas y si internamente dispone de un circuito cerrado y estanco realizado en cobre se puede pensar es una instalación “para toda la vida” por lo que se podría pensar que las instalaciones solares pueden durar lo mismo que el edificio, ya sean 75 o 100 años, pero todavía no se ha podido comprobar.

La Figura 106 contiene ejemplos de cinco instalaciones del mismo tipo que parten de un mismo proyecto que se construyeron en Huelva hace unos 40 años que han evolucionado en función del criterio de la propiedad y del mantenimiento que hayan tenido de en las diferentes soluciones: (1) se mantienen, (2) se reforman los proyectos iniciales, (3) se sustituyen parcial o (4) totalmente los captadores o (5) se desmantelan las instalaciones completas.



Figura 106: Ejemplos de diferentes durabilidad de cinco instalaciones colectivas

ANEXO: FORMULARIOS

F1 - MEMORIA DE DISEÑO

1 - DATOS GENERALES

Fecha	<input type="text"/>	Téc.	<input type="text"/>	Grupo	<input type="text"/>	Nº Expte.	<input type="text"/>
	PROMOTOR		USUARIO		LOCALIZACION		
Nombre	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Direc.	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Localid.	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Tel	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Correo	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Persona	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
	CONSTRUCTOR		INSTALADOR		MANTENEDOR		
Nombre	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Direc.	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Localid.	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Tel	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Correo	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Persona	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		

2 - CONFIGURACIÓN BÁSICA

Tipo instalación	<input type="text"/>	onex. primario con atmósfera	<input type="text"/>
Circulación	<input type="text"/>	Fluido y drenaje del circuito	<input type="text"/>
Intercambiador	<input type="text"/>	Sistema de energía auxiliar	<input type="text"/>
Individ. o colectivo	<input type="text"/>	Calentamiento de piscina	<input type="text"/>

3 - PARÁMETROS DE USO Y CLIMÁTICOS

Uso	<input type="text"/>	Nº unidades uso	<input type="text"/>	Consumo un. (l/d)	<input type="text"/>	Temperatura referencia (°C)	<input type="text"/>
Temperatura de uso (°C)	<input type="text"/>	Temp. distribución (°C)	<input type="text"/>	Temp. preparación (°C)	<input type="text"/>		
Consumo tot. (l/d)	<input type="text"/>	Estacionalidad	<input type="text"/>	Datos climáticos	<input type="text"/>	Datos agua fría	<input type="text"/>

4 - PARÁMETROS DE DIMENSIONADO BÁSICO

Nº Homol.	Coef a0	Coef a1	Coef a2	Tipo	Marca	Modelo	Núm. (u)	Unitario	Total
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	A. captación (m ²)	<input type="text"/>				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	V. acumulación (l.)	<input type="text"/>				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Orientac.	Inclinac.	<input type="text"/>	Pérdidas sombras	<input type="text"/>	<input type="text"/>

5 - CÁLCULO DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS

Método de cálculo usado	<input type="text" value="CC2"/>	Aporte solar (kWh/m ²)	<input type="text"/>	Rendimiento anual (%)	<input type="text"/>					
ND	TAF	RAD	TAM	OCU	CMED	DE	PT	CE	AS	FS
días	°C	MJ/m ² .d	°C	%	l/d	kWh	kWh	kWh	kWh	%
ENE	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FEB	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
MAR	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ABR	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
MAY	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
JUN	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
JUL	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
AGO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
SEP	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
OCT	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
NOV	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
DIC	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
MED/TOT	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

11 - CIRCUITOS HIDRAULICOS INTERNOS

Circuito		Primario	Carga	Descarga	Secundario
Material de las tuberías					
Diám. máx. tubería (pulgadas o mm.)					
Velocidad y pérdida carga	CC4				
Circuitos en paralelo y equilibrado					
Caudal (l/h) y presión (mca) total					
Marca, modelo y tamaño de bomba					
Número de bombas en circuito (uds.)					
Potencia eléctrica (W) y % s/total					
Material y protección aislam. exterior					
K térmica (W/m.K) y mm. aislam.ext					
Material y protección aislam. interior					
K térmica (W/m.K) y mm. aislam.int					

12 - CIRCUITOS DE CONSUMO

Circuito		Consumo	Distribución	Recirculación
Tipo conexión (S/P/Int) IST/SEA				
Temp máx soportada por SEA (°C) y circuito hasta SEA				
Temperatura máx. IST (°C) y dispositivo que la controla				
Material de las tuberías				
Diám. máx. tubería (pulgadas o mm.)				
Velocidad y pérdida carga	CC4			
Circuitos en paralelo y equilibrado				
Material y protección aislam. exterior				
K térmica (W/m.K) y mm. aislam.ext				
Material y protección aislam. interior				
K térmica (W/m.K) y mm. aislam.int				

13 - SISTEMA DE EXPANSIÓN

Circuito		Primario	Carga/Descarga	Consumo
Presión máx y mín trabajo sistema expansión (bar)				
Volumen total circuito (litros) y coef expansión térmica				
Volumen de reserva y volumen vapor (litros)				
Coefficiente de presiones y volumen total calculado				
Marca, modelo y volumen unitario vaso. Pres máxima				
Número de vasos y volumen total (litros)	CC5			
Presión nominal y de precarga expansión (bar)				

14 - SISTEMA DE MEDIDA

Medidas presión			Presión del circuito primario	
Medidas temp.			Sistema de control	
Medidas caudal			Circulación de fluidos	
Medidas energía			Transferencia calor y temperaturas	
Medida radiación			Medidas de energía y rendimiento	
Configuración		Procedimientos		Plan vigilancia

15 - SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

Marca/modelo		Tipo control bomba primario		Control incluye protección	
Funcionamiento AUT/MAN		Valor consigna dif. temp.		Limita tmáx acumulador (°C)	
Posición sondas en esquema		Tipo control car/des/sec		Limita tmáx en primario (°C)	
Señalización visible		Valor consigna dif. temp.		Limita tmín en primario (°C)	
Estrategia de control		Otro control y actuación		Otro control y actuación	

16 - SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR

Tipo de energía auxiliar	<input type="text"/>	Núm/Pot generador calor (kW)	<input type="text"/>	Condic. funcionamiento	<input type="text"/>
SEA Individual/Centralizado	<input type="text"/>	Núm/Pot interc. SEA (kW)	<input type="text"/>	Cuadro/temporizador	<input type="text"/>
SEA instantáneo	<input type="text"/>	Núm/Vol depósitos SEA (l.)	<input type="text"/>	Control temp. prepar. (°C)	<input type="text"/>
SEA con acumulación	<input type="text"/>	Producción térmica (kWh)	<input type="text"/>	Control temp. distrib (°C)	<input type="text"/>
SEA en acumulador solar	<input type="text"/>	Consumo energía final	<input type="text"/>	Válvula mezcladora	<input type="text"/>

17 - ESPECIFICACIONES DE COMPONENTES

Valores límites	TMÁX-PRI		TMÁX-SEC		PMÁX-PRI		PMÁX-SEC		EXT/FLU
		SI/NO		SI/NO		SI/NO		SI/NO	SI/NO
Captador solar									
Acumulador solar									
Intercambiador de calor									
Bomba primario									
Bomba secundario									
Bomba ...									
Fluido de trabajo									
Tubería primario									
Tubería material plástico									
Aislamiento tuberías									
Vaso de expansión									
Válvula de corte									
Válvula de equilibrado									
Válvula de retención									
Válvula de seguridad									
Válvula mezcladora									
Sensores sistema medida									
Sensores sistema control									
Circuito de consumo									
Sistema energía auxiliar									

18 - ESQUEMAS Y PLANOS

	SI/NO
1 Emplazamiento edificio, captadores y sala técnica. Orientación, obstáculos y sombras	<input type="text"/>
2 Distribución de captadores (distancias entre ellos, baterías y zonas de acceso)	<input type="text"/>
3 Distribución sala técnica y situación acumulación, intercambio, bombas, expansión y control	<input type="text"/>
4 Trazado de circuitos hidráulicos, diseño y situación componentes (v corte, seguridad, purga, ...)	<input type="text"/>
5 Complementos hidráulicos: sistema de sistemas de llenado, purga y vaciado. Sistema medida	<input type="text"/>
6 Sistema de energía auxiliar. Integración y conexión con restantes instalaciones del edificio	<input type="text"/>
7 Esquema de funcionamiento completo. Diagrama o esquema de principio	<input type="text"/>
8 Esquema eléctrico y de control. Detalles de posición de sondas y elementos de campo	<input type="text"/>
9 Diseño estructura y sujeción de captadores y acumuladores. Soportes y detalles constructivos	<input type="text"/>

19 - CÁLCULOS COMPLEMENTARIOS

CC1. Estudio sombras	Obstáculos lejanos	<input type="text"/>	Obstác. cercanos	<input type="text"/>	Pérdidas sombra	<input type="text"/>
CC2. Prestaciones energéticas	Método	<input type="text"/>	Aporte unitario	<input type="text"/>	Rendimiento	<input type="text"/>
CC3. Intercambiadores	Potencia	<input type="text"/>	Caudales y temp	<input type="text"/>	Pérdida de carga	<input type="text"/>
CC4. Circuitos hidráulicos	Diámetros	<input type="text"/>	Velocidad	<input type="text"/>	Pérdida de carga	<input type="text"/>
CC5. Sistemas de expansión	Hipótesis	<input type="text"/>	Presiones	<input type="text"/>	Tamaño	<input type="text"/>
CC6. Justificación estructural	Diseño	<input type="text"/>	Cálculos	<input type="text"/>	Detalles	<input type="text"/>

F2 – REVISIÓN DE LA MEMORIA DE DISEÑO

3 - PARÁMETROS DE USO Y CLIMÁTICOS

Uso	<input type="text"/>	Nº unidades uso	<input type="text"/>	Consumo un. (l/d)	<input type="text"/>	Temperatura referencia (°C)	<input type="text"/>	1
Temperatura de uso (°C)	<input type="text"/>	Temp. distribución (°C)	<input type="text"/>	Temp. preparación (°C)	<input type="text"/>			2
Consumo tot. (l/d)	<input type="text"/>	Estacionalidad	<input type="text"/>	Datos climáticos	<input type="text"/>	Datos agua fría	<input type="text"/>	3
Nº Homol.	<input type="text"/>	Coef a0	<input type="text"/>	Coef a1	<input type="text"/>	Coef a2	<input type="text"/>	4
				A. captación (m ²)	<input type="text"/>			5
				V. acumulación (l.)	<input type="text"/>			6
				Orientac.	<input type="text"/>	Inclinac.	<input type="text"/>	7

6 - CONDICIONES DE TRABAJO

Temp. máx. acumulación (°C)	<input type="text"/>	TMAX	<input type="text"/>	8				
Temp. máx. apoyo (°C)	<input type="text"/>	TMIN	<input type="text"/>	9				
Presión tarado VS (bar)	<input type="text"/>	PNOM	<input type="text"/>	10				

8 - SISTEMA DE CAPTACION

Caudal total circuito primario (l/h)	<input type="text"/>	Número de baterías por grupo	<input type="text"/>	11
Caudal específico instalación (l/h.m ²)	<input type="text"/>	Número de grupos de baterías de captadores	<input type="text"/>	12
Caudal específico captador (l/h.m ²)	<input type="text"/>	Previsión válvulas por grupo: corte y seguridad	<input type="text"/>	13
Solución y control equilibrado	<input type="text"/>	Todas las baterías y grupos son iguales	<input type="text"/>	14

9 - SISTEMA DE ACUMULACION

Conexión de varios depósitos	<input type="text"/>	Serie con baipas	<input type="text"/>	ralelo equilibrado	<input type="text"/>	15
Tipo y material aislamiento depósito	<input type="text"/>	Espesor aislamiento depósito (mm.)	<input type="text"/>			16

10 - SISTEMA DE INTERCAMBIO

Tipo intercambiador interno	<input type="text"/>	Área útil interc. interno (m ²)	<input type="text"/>	Área útil específica (m ² /m ²)	<input type="text"/>	17
Coef. de intercambio (kW) y pot unitaria (W/m ²)	<input type="text"/>	CC3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	18
Temperatura de entrada, salida y salto primario (°C)	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	19
Calor específico (J/kg-K) y densidad primario (kg/l)	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	20
Efectividad del intercambiador	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	21

11 - CIRCUITOS HIDRAULICOS INTERNOS

Diám. máx. tubería (pulgadas o mm.)	<input type="text"/>	22				
Velocidad y pérdida carga	<input type="text"/>	CC4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	23
Marca, modelo y tamaño de bomba	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	24
Potencia eléctrica (W) y % s/total	<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	25

12 - CIRCUITOS DE CONSUMO

Material de las tuberías	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	26
Diám. máx. tubería (pulgadas o mm.)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	27
Material y protección aislam. exterior	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	28

17 - ESPECIFICACIONES DE COMPONENTES

Valores límites	<input type="text"/>	SI/NO	<input type="text"/>	29						
-----------------	----------------------	-------	----------------------	-------	----------------------	-------	----------------------	-------	----------------------	----

19 - CÁLCULOS COMPLEMENTARIOS

CC1. Estudio sombras	Obstáculos lejanos	<input type="text"/>	Obstác. cercanos	<input type="text"/>	Pérdidas sombra	<input type="text"/>	30
CC2. Prestaciones energéticas	Método	<input type="text"/>	Aporte unitario	<input type="text"/>	Rendimiento	<input type="text"/>	31
CC3. Intercambiadores	Potencia	<input type="text"/>	Caudales y temp	<input type="text"/>	Pérdida de carga	<input type="text"/>	32
CC4. Circuitos hidráulicos	Diámetros	<input type="text"/>	Velocidad	<input type="text"/>	Pérdida de carga	<input type="text"/>	33
CC5. Sistemas de expansión	Hipótesis	<input type="text"/>	Presiones	<input type="text"/>	Tamaño	<input type="text"/>	34
CC6. Justificación estructural	Diseño	<input type="text"/>	Cálculos	<input type="text"/>	Detalles	<input type="text"/>	35

F3 - COMPROBACIÓN DE ESQUEMAS Y PLANOS

CONTENIDOS DE LOS PLANOS Y ESQUEMAS	NA	SI	NO	OBSERVACIONES
1 Emplazamiento edificio, captadores y sala técnica. Orientación, obstáculos y sombras				
- Localización y emplazamiento del edificio y de la instalación (captadores y sala técnica)				
- Orientación de la parcela, del edificio y de los captadores. Inclínación de captadores				
- Definición del entorno lejano al sur $\pm 90^\circ$. Criterios presentes o futuros				
- Definición del entorno cercano al sur $\pm 90^\circ$. Alternativas a sombras del propio edificio				
- Representación de obstáculos externos y datos para cálculo de sombras				
2 Distribución de captadores (distancias, baterías, separaciones y zonas de acceso)				
- Implantación y distribución de captadores. Espacios ocupados y libres				
- Integración con otros elementos (castillete, shunts, chimeneas) y equipos clima, etc.				
- Distribución y número de líneas, de baterías por línea, de captadores por batería.				
- Distancias entre líneas (sombras y accesibilidad) y separaciones entre baterías				
- Delimitación de zona no accesible por seguridad. Accesos para mantenimiento				
3 Situación y distribución sala técnica: acumulación, intercambio, bombas y expansión				
- Ubicación, número y dimensiones de acumuladores. Bocas registro y válvulas de corte				
- Intercambiador y bombas: ubicación, accesos, válvulas y accesorios hidráulicos				
- Sistema de expansión de cada circuito, v. seguridad, conexión y enfriamiento fluido				
- Control de condiciones de montaje según manuales de fabricantes				
- Distancias entre equipamientos para acceso, registro y mantenimiento				
4 Circuitos hidráulicos: trazado, diseño y componentes (v corte, seguridad, purga, ...)				
- Conexión interna captadores y externa de baterías (corte, seguridad, vaciado, purga)				
- Conexión de grupos de baterías, organización del equilibrado y sistema empleado				
- Trazados de tuberías, caudales, diámetros, y materiales de tuberías. Soportes.				
- Trazados al exterior e interior. Espesores y protección de aislamientos de tuberías				
- Situación y accesibilidad valvulería de corte, seguridad, vaciado y purga				
5 Complementos hidráulicos: sistema de llenado, purga y vaciado. Sistema de medida				
- Sistema de llenado y factibilidad proceso. No reposición directa a mezclas				
- Sistemas manuales de purga. Conducción y evacuación de líquido/aire				
- Tuberías de evacuación de los escapes conducidos. Detalles, visible, drenajes.				
- Sistemas de medida: sondas y termómetros, manómetro				
- Contadores de caudal y de energía en cerrado o consumo para monitorización				
6 Sistema de energía auxiliar SEA. Integración solar con instalaciones del edificio				
- Localización de equipos y recorridos desde solar hasta SEA y puntos de consumo				
- Alimentación agua fría, diámetros y presión disponible. Corte y retención				
- Punto de conexión de alimentación agua caliente. Diámetro y presión disponible				
- Circuito de consumo, válvula mezcladora termostática y recirculación si existiera				
- Conexión de los sistemas de purga, vaciados, drenajes y conducción a desagües				
7 Esquema de funcionamiento completo. Diagrama y esquema de principio				
- Esquema funcional y completo con configuración solar admitida				
- Conexión de acumuladores, intercambiador y elementos accesorios				
- Localización de sistemas de expansión y seguridad				
- Situación y funcionamiento de toda la valvulería y elementos imprescindibles				
- Conexión con sistema auxiliar y con consumo				
8 Sistema de control y esquema eléctrico. Posición de sondas y elementos de campo				
- Posición de sondas de captadores y sondas, fría y caliente, de acumuladores				
- Otras sondas de temperatura: intercambiador, agua fría, SEA, etc.				
- Situación cuadro de control, centralita, sondas y actuaciones				
- Línea de alimentación eléctrica, situación protecciones y trazado de líneas eléctricas				
- Mandos para actuaciones eléctricas manual-paro-automático. Equipos actuados				
9 Diseño de estructura y sujeción de captadores y acumuladores.				
- Definición de la estructura normalizada de captadores y acumuladores				
- Diseño de la estructura base e intermedia de la edificación y adaptación al edificio				
- Detalles constructivos de estructuras, etc.				
- Canalización de agua de lluvia y de escapes de fluidos de la instalación				
- Definición de obra civil y de albañilerías complementarias, soportes de tuberías, etc.				

F4 - RECOPIACIÓN DE DATOS AL USUARIO

1 DATOS GENERALES

Fecha Técnico Grupo Nº Expte.

	PROMOTOR	USUARIO	LOCALIZACION
Nombre	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Domicilio	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Localidad	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tel	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fax	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Persona	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

2 CONFIGURACIÓN BÁSICA

Tipo instalación	<input type="text"/>	nex. primario con atmósfera	<input type="text"/>
Circulación	<input type="text"/>	Fluido y drenaje del circuito	<input type="text"/>
Intercambiador	<input type="text"/>	Sistema de energía auxiliar	<input type="text"/>
Individ. o colectivo	<input type="text"/>	Calentamiento de piscina	<input type="text"/>

A INFORMACIÓN GENERAL

Se ejecutó la IST a la vez que edificio (Ordenanza o CTE)	<input type="text"/>
Se ejecutó después del edificio por ahorros, subvención	<input type="text"/>
Conoce empresas: constructor-instalador-mantenedor	<input type="text"/>
Fechas: edad del edificio – ejecución inst	<input type="text"/>
Fechas: Puesta en marcha - constancia parada/funciona	<input type="text"/>
Compra de IST con el edificio - directo con instalador	<input type="text"/>
Instalación acogida a incentivos - otros	<input type="text"/>
Dispone de proyecto-manual instrucciones-otros	<input type="text"/>
Tipo de ahorro y de gasto: colectivo o individual	<input type="text"/>

B SOBRE FUNCIONAMIENTO y AHORROS

Puede controlar el paro/marcha del sistema de apoyo	<input type="text"/>
Puede regular la temperatura de salida del SEA	<input type="text"/>
Puede limitar/regular la temperatura de la energía solar	<input type="text"/>
Puede elegir o conmutar ACS solar/apoyo ¿complicado?	<input type="text"/>
Controla cuando funciona el sistema de apoyo ¿cómo?	<input type="text"/>
¿Puedo saber consumo agua caliente? ¿y de energía?	<input type="text"/>
IST funciona bien/mal/reg/ns-nc. ¿Cómo lo sabe?	<input type="text"/>
Niveles de uso de ACS y costumbres de usuarios	<input type="text"/>
Controla consumos y ahorros de energía para ACS	<input type="text"/>
Valorar ahorro actual de energía y expectativas	<input type="text"/>
Consideraciones sobre aumentar calidad vivienda	<input type="text"/>

C OPERACIÓN, VIGILANCIA Y MANTENIMIENTO

¿Leído, revisado y comprendido la documentación?	<input type="text"/>
¿Se realizaron pruebas previas a la puesta en marcha?	<input type="text"/>
¿Es completa la documentación recibida?	<input type="text"/>
¿Se pueden identificar todos los componentes?	<input type="text"/>
Suficiente manual de uso y la información facilitada	<input type="text"/>
Sabe la forma de vigilar el correcto funcionamiento	<input type="text"/>
¿Cómo se controla que la parte solar funciona?	<input type="text"/>
¿Controla algo más : presiones, temperaturas, etc.)	<input type="text"/>
¿Son complicadas operaciones de vigilancia?	<input type="text"/>
Explicado posibles fallos y medidas a adoptar	<input type="text"/>
Conoce el plan de mantenimiento y sus costes	<input type="text"/>
Satisfacción por ahorros y por coste mantenimiento	<input type="text"/>

F5 – REVISIÓN DE LA EJECUCIÓN

1 - PROYECTO ESTRUCTURAL		Problemas detectados	NA	SI	NO	OBSERVACIONES
	1	No coinciden hipótesis de cálculo				
	2	Diferencias en planos y medidas				
	3	Estructuras base e intermedia				
	4	Estructura específica captadores				
	5	Detalles de apoyo y sujeción				
2 - SISTEMAS DE PROTECCIÓN		Problemas detectados	NA	SI	NO	OBSERVACIONES
1 Frente a quemaduras	1	Entrega ACS al usuario > 60 °C				
	2	Escapes, drenajes y purgas				
	3	Superficies > 80°C accesibles				
2 Altas temperaturas	4	Si se forma vapor				
	5	No se forma vapor				
	6	Drenaje automático				
	7	Circuito primario y accesorios				
	8	Del acumulador				
3 Reducción temperaturas	9	Circuito de consumo (AF y ACS)				
	10	Prueba estancamiento y vapor				
	11	Disipador dinámico				
	12	Disipador estático				
4 Antiheladas	13	Otros sistemas				
	14	% mezcla anticongelante				
	15	Verifica trazado drenaje autom.				
5 Altas presiones	16	Funciona circulac. primario				
	17	Diseño expansión				
	18	Acción combi mat plásticos				
6 Bajas presiones	19	Otros				
	20	Diseño presión mínima				
	21	Asegura estanqueidad				
7 Protección eléctrica	22	Entradas aire (purgas, segur.)				
	23	Alimentación, cuadro, líneas REBT				
	24	Protección rayos captación				
	25	Puestas a tierra componentes				
3 - FIABILIDAD FUNCIONAMIENTO		Problemas detectados	NA	SI	NO	OBSERVACIONES
1 Estanqueidad circuitos	1	Se detecta la presencia de fugas				
	2	Fugas o goteo valv. seguridad				
	3	Fallo del sistema de llenado				
	4	Purgador aut. con válvula corte				
	5	Necesaria prueba estanqueidad				
2 Circulación de fluidos	6	Circulación de fluido				
	7	Obstrucciones y bolsas de aire				
	8	Problemas de intercambiador				
	9	Equilibrado en paralelos				
	10	Flujos baipás de válvula 3 vías				

3 Sistema de expansión	11	Comprobaciones de proyecto				
	12	Verificación hipótesis de partida				
	13	Comprobar características vaso				
	14	Temp. máx. fluido y membrana				
	15	Instalación y conexión a circuito				
	16	Necesidad de vaso tampón				
	17	Presión en frío y estabilidad				
	18	Presión de precarga lado aire				
4 Sistema de medida	19	Comprobaciones de proyecto				
	20	Medidas y sensores disponibles				
	21	Actuaciones que se realizan				
5 Sistema eléctrico y control	22	Configuración sistema disponible				
	23	Comprobaciones de proyecto				
	24	Verificar actuación diferencial				
	25	Verificar funciones protección				
	26	Instalación y sujeción de sondas				
	27	Temp. máxima sonda captación				
	28	Conexión de líneas y contactos				
	29	Trazado y protección de líneas				
4 - PÉRDIDAS TÉRMICAS		Problemas detectados	NA	SI	NO	OBSERVACIONES
1 Por flujo inverso	1	Posición captación-acumulación				
	2	Trazados circuitos y conexiones				
	3	Diseño de sistemas antirretorno				
	4	Flujos internos en tuberías				
	5	Conexiones de entrada caliente				
	6	Entrada AF con antirretorno				
	7	Termografía				
2 Por tuberías y accesorios	8	Espesor proyecto y 0,04 W/mK				
	9	Tubería y válvulería completa				
	10	Estado de conservación				
3 Por acumulación	11	Termografía				
	12	Espesor proyecto y 0,04 W/mK				
	13	Depósito completo sin difusores				
	14	Estado de conservación				
	15	Termografía				
5 - CONDICIONES EXTERIORES		Problemas detectados	NA	SI	NO	OBSERVACIONES
1 Resistencia componentes	1	Prot. Captador solar				
	2	Prot. ext. Estructura soporte				
	3	Prot. ext. Acumulador				
	4	Prot. ext. Aislamiento tuberías				
	5	Prot. ext. Otros elementos				
	6	Materiales plásticos				
2 Resistencia edificio	7	Impermeabilización del edificio				
	8	Entradas de canalizaciones				
	9	Fluidos en el interior edificio				

F6 – DATOS DE FUNCIONAMIENTO

		INSTANTÁNEO			DIARIO			ENTREGA		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Referencia de la prueba										
Mes y día	mm.dd									
Hora	hh.mm									
Radiación	W/m2									
Temperatura ambiente	°C									
Consumo de de referencia de ACS	litros									
Conexión del SAA										
Temperatura de consigna del SAA/VMT	°C									
Temperatura entrada al colector	°C									
Temperatura salida de colector	°C									
Temp. de funcionamiento del colector	°C									
Salto de temperaturas en el colector	°C									
Temperatura de salida en consumo	°C									
Temperatura de entrada de agua fría	°C									
Temperatura del acumulador	°C									

F7 – REVISIÓN DE MANTENIMIENTO

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	NA	SI	NO	OBSERVACIONES
Captadores solares	Conforme manual de instrucciones del fabricante				
Cristales	Condensaciones y humedad interior				
Juntas	Agrietamientos y deformaciones				
Absorbedor y carcasa	Corrosión y deformaciones				
Circuito interno	Corrosión, incrustaciones o fugas				
Acumuladores solares	Presencia de lodos en el fondo				
Protección Catódica	Comprobación desgaste ánodos de sacrificio				
Aislamiento	Protección exterior y humedad				
Intercambiador de Calor	Ensuciamiento e incrustaciones: saltos de temp.				
Circuitos hidráulicos	Fugas no reparadas y manchas de humedad				
Aislamiento	Degradación y presencia de humedad				
Bomba circuladora	Falta de estanqueidad y verificar caudales				
Purgador automático	Presencia por no haber sido sustituidos				
Purgador manual	Vaciar aire de los botellines de purga				
Sistema de llenado	Revisión periódica del funcionamiento				
Vaso de expansión	Comprobación de la presión del lado aire (gas N2)				
Válvulas de corte	Agarrotadas por no actuarlas (abrir y cerrar)				
Válvulas de seguridad	Agarrotadas por no actuarlas (abrir y cerrar)				
Válvula termostática	Capacidad regular temperaturas				
Válvula de tres vías	Control cierre de vías alternativas				
Fluido de Trabajo	Comprobar densidad y pH				
Sistema de medida	Contrastar las medida con otros dispositivos				
Contador caudal/energía	Registrar la medida y evaluar los datos				
Sistema de control	Fallos por no actuación (man./aut.) e instalación				
Termostato	Fallo en contactos				
Sondas y sensores	Contrastar temperaturas de sensores				
Sistema auxiliar	Conexionado y control de temperatura consigna				
Adicionales edificio	Relaciones con otras instalaciones				
Materiales	Compatibilidad entre ellos y con los fluidos				
Estructura	Indicios de corrosión y apriete de tornillos				
Estanqueidad	Degradación de impermeabilización al exterior				



IDAE, Calle Madera, 8, 28004 Madrid. Telf.: 91 456 49 00

Fax: 91 523 04 14, mail: comunicacion@idae.es, www.idae.es

