



MANUAL PRÁCTICO DEL TÉCNICO SOLAR SST DE ACS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES



Manual práctico del técnico solar

Sistemas Solares Térmicos de Agua Caliente Sanitaria

En viviendas unifamiliares

MINENERGIA/GEF/PNUD/PNUMA, 2013

ISBN: 978-956-7469-43-7

D.R© Programa de las Naciones Unidas para El Desarrollo (PNUD)

Av. Dag Hammarskjöld 3241, Vitacura, Chile

www.pnud.cl

D.R© Ministerio de Energía (MINENERGIA)

Alameda Bernardo O'Higgins 1449, Piso 13 - Edificio Santiago Downtown II, Santiago, Chile

www.minenergia.cl



Preparado por

Juan Carlos Martínez Escribano, experto asesor Programa Solar

Revisor

Emilio Rauld Varela, coordinador Programa Solar

Comité redacción

Juan Carlos Martínez Escribano
Emilio Rauld Varela

Comité Editorial

Ica Procobre: Marcos Sepúlveda
ACESOL: Christian Antunovic
Colegio de Arquitectos: Bárbara Aguirre

Diseño

Paola Femenías Ravanal

Impresión: Fullservice S.A.

Fecha: Junio 2013

CONTENIDO

1. Introducción	14
2. Sistemas Solares Térmicos	18
2.1 Configuraciones de los SST para ACS	18
2.2 Tipología y clasificación de SST	19
2.3 Diferencias entre sistema solar prefabricado y a medida	22
3. Selección del Equipo Solar Térmico	32
3.1 Selección entre sistema directo o indirecto	32
3.2 Selección entre circulación forzada o natural	33
3.3 Selección del tamaño del SST	34
4. La incorporación del SST a la vivienda	40
4.1 Integración arquitectónica	40
4.2 Orientación, inclinación y sombras	41
4.3 Soluciones estructurales	43
4.4 Equipo auxiliar y su acoplamiento al SST	44
4.5 Otros factores para la conexión del SST	47
4.6 Definición de la integración del SST	48
5. Esquema y condiciones de funcionamiento	52
5.1 Esquema de funcionamiento	52
5.2 Condiciones de funcionamiento	54
5.3 Fluido de trabajo	56
5.4 Dispositivos de seguridad y protección	56
6. Diseño del SST	62
6.1 Sistema de captación	62
6.2 Sistema de acumulación	64
6.3 Circuito hidráulico	65
6.4 Equipos de medida	71
6.5 Equipo de control	73
7. Instalación	76
7.1 Información previa y planificación	76
7.2 Verificación de la instalación	78
8. Pruebas, puesta en marcha y recepción	82
8.1 Pruebas mecánicas de los circuitos	82
8.2 Llenado, purga y presurización	82
8.3 Puesta en marcha	84
8.4 Pruebas de funcionamiento	84
8.5 Recepción	86
9. Operación, uso y mantención	90
9.1 Información al usuario	90
9.2 Plan de vigilancia	91
9.3 Mantención	92



MINISTERIO DE ENERGÍA



El Gobierno de Chile, a través del Ministerio de Energía, en su misión de velar por el buen funcionamiento y desarrollo del sector energético en Chile ha elaborado la Estrategia Nacional de Energía, con una proyección al año 2030.

Entre sus pilares, dicha estrategia considera el desarrollo de las energías renovables, especialmente, las denominadas no convencionales, entre las que se encuentra la energía solar, la que por características se constituye en una fuente energética de gran potencial para Chile.

En ese entender, nuestro Ministerio viene ejecutando -entre otras importantes iniciativas- un Programa Solar, que tiene como propósito remover las barreras para impulsar el despegue de la industria solar en Chile. Un ámbito de acción relevante de este programa apunta al desarrollo de una industria solar sostenible, para lo cual, entre los variados usos y tecnologías, se busca la integración masiva de la tecnología solar para el calentamiento de agua sanitaria. Es por ello que hemos asignado recursos para la instalación de sistemas solares térmicos en viviendas sociales existentes, con la finalidad de facilitar su integración a los sistemas constructivos y de calefacción sanitaria tradicionales.

De manera complementaria y en conjunto con los agentes de esta industria, hemos entregado sostenido apoyo a la generación de capacidades técnicas para la formación de técnicos especialistas en instalaciones solares térmicas, profesionales que el mercado requiere en cantidad y calidad. En esa línea, el contar con información de primer nivel y adecuadamente validada, constituye una herramienta necesaria y útil para formar especialistas con el conocimiento técnico necesario para realizar correctas instalaciones solares térmicas, precisamente lo que este Manual para el Técnico Solar busca apoyar.

Felicitemos a los profesionales que han desarrollado este material docente y a las instituciones que lo han validado, especialmente al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD Chile, por su gran aporte, y a todos quienes han participado en su elaboración.

Jorge Bunster Betteley
Ministro de Energía



Al servicio
de las personas
y las naciones

PNUD



El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) tiene el compromiso con Chile de impulsar la sostenibilidad energética en el país, lo que hace a través de la implementación de diversos programas y proyectos de cooperación. Una de éstas es la “Iniciativa Global de Fortalecimiento y Transformación del Mercado de Colectores Solares Térmicos”, que tiene como objetivo sustentar el crecimiento del mercado de colectores solares en Chile. Esto incluye apoyar una mayor demanda, fortalecer la cadena de suministros y desarrollar el marco regulatorio necesario para aumentar la capacidad instalada de colectores solares en Chile.

Una de las actividades centrales del proyecto es fortalecer las capacidades para una adecuada instalación y mantención de los sistemas solares para el calentamiento de agua, asegurando con ello que el usuario reciba todo el valor esperado de esta tecnología de aprovechamiento del sol como fuente primaria de energía limpia, eficiente y disponible en todo el territorio nacional.

Precisamente para apoyar este proceso de capacitación, se ha desarrollado el presente Manual orientado a técnicos especialistas en sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria. En este Manual se les entregan herramientas prácticas que permitirán instalar estos equipos de manera apropiada a los requerimientos del usuario, tanto en viviendas nuevas como usadas. Estamos convencidos por ello que será muy útil para el proceso de masificación de esta tecnología en Chile.

Este proyecto es parte de una iniciativa global que cuenta con apoyo del Fondo Mundial del Medio Ambiente (GEF por su sigla en inglés) cuyo objetivo es eliminar las barreras que interfieren el adecuado desarrollo de mercados para este tipo de tecnología. Este apoyo ha permitido contar con un adecuado co-financiamiento e incorporar las valiosas experiencias internacionales en esta materia.

Se cumple de esta forma con la misión central del PNUD consistente en apoyar a los países en la implementación de políticas e instrumentos que aseguren la sostenibilidad a largo plazo de sus procesos de desarrollo, aplicando las mejores prácticas a nivel mundial. Por ello, el PNUD continuará apoyando iniciativas como ésta que permiten remover las barreras que dificultan una mayor incorporación de las Energías Renovables No Convencionales en Chile.

Antonio Molpeceres

**Representante Residente Del Programa De Las
Naciones Unidas Para El Desarrollo De Chile**

PROCOBRE



PROCOBRE, es una red de instituciones latinoamericanas, que forma parte de la International Copper Association (ICA), cuya misión es la promoción del uso del cobre, impulsando la investigación y el desarrollo de nuevas aplicaciones; difundiendo su contribución al mejoramiento de la calidad de vida y el progreso de la sociedad. Asimismo, busca crear demanda para productos de cobre; dar a conocer y promover productos; difundir resultados científicos para ayudar en el entendimiento del cobre; generar investigación, desarrollo y comercialización de nuevos y mejorados procesos y productos tecnológicos; y por último; comunicar sus atributos únicos. El cobre ha

sido reconocido como un material fundamental en la vida del ser humano; entre sus propiedades esta su alta conductividad eléctrica y térmica, con múltiples aplicaciones en eficiencia energética y uso de energías renovables no convencionales.

En línea con su misión, y en la búsqueda de ser un aporte en la calidad de vida de las personas, PROCOBRE ha colaborado en el desarrollo de este “Manual-Práctico del Técnico Solar”, que tiene como objetivo apoyar la formación de expertos en diseño, instalación y mantenimiento de Sistemas Solares Térmicos en viviendas. Con estos conocimientos, respecto de la tecnología para el aprovechamiento del Sol para el calentamiento de agua donde el cobre constituye un material indispensable para que esta tecnología económica, eficiente y sustentable, sea correctamente utilizada en todo su potencial como tecnología solar térmica para el calentamiento de agua sanitaria.

En representación de la industria del Cobre, estamos orgullosos de ser parte de esta iniciativa que pone al servicio de las personas los múltiples beneficios del cobre. Este Manual de Técnico Solar Especialista, está en la línea del aporte que hemos venido haciendo constantemente al mejoramiento de las capacidades técnicas de la industria en Chile y el mundo.

PROCOBRE de esta manera aporta al desarrollo y promoción de aplicaciones tecnológicas del Cobre, que le han permitido, y seguirá haciéndolo en el futuro, ser un elemento indispensable para el desarrollo sustentable de nuestra sociedad.

Mas Información: www.procobre.org.

Marcos Sepúlveda H
Marketing Manager



COLEGIO DE ARQUITECTOS



La problemática mundial energética, el cuidado del medio ambiente y los recursos naturales, son materias que requieren ser abordadas de manera que los profesionales que se desempeñan en el área de la construcción tengan conocimiento de las estrategias y nuevas técnicas que nos lleven a un mejor desempeño en el uso de la Energía.

Como país, uno de nuestros grandes potenciales es la radiación Solar, alcanzando rangos favorables incluso en zonas del sur de Chile. Con esta Energía, cayendo gratuitamente del cielo, no podemos dejar de evaluar estrategias y soluciones tecnológicas, como los sistemas solares térmicos, que nos permitan

ser menos consumidores de combustibles fósiles y otras fuentes contaminantes, para así abrirnos paso a un recurso gratuito y limpio; que nos permitirá cambiar la cara del desarrollo hacia una mejora en los estándares constructivos que aporten a la calidad de vida de los usuarios.

Los arquitectos, por su parte, somos los diseñadores, gestores y mediadores de las obras de arquitectura, siendo de gran importancia que el profesional maneje conceptos y técnicas que permitan que el desarrollo de proyectos se respalde en base de conocimientos; claros y fidedignos, orientados a la innovación y a la integración de grupos multidisciplinarios siendo interlocutores válidos en estas materias.

Es por esta razón que este manual del técnico solar especialista, es una herramienta básica, una guía que pretende orientar, de acuerdo al perfil del consumidor y su condición geográfica, cual es la tipología mas adecuada para la implementación de estos sistemas; dimensionamiento y descripción detallada que permite al proyectista y diseñador comprender a cabalidad las partes del sistema, y así lograr un óptimo funcionamiento e implementación de un sistema solar térmico.

Finalmente, esta guía favorece mucho más allá de la cadena arquitecto, proyectista, instalador, se considera una garantía para los clientes desarrolladores de proyectos residenciales y usuarios, dando así mayor confianza en el uso de tecnologías renovables. Con la elaboración de este manual, se destaca la labor del Ministerio de Energía como gestor de iniciativas que acerquen más a los profesionales estas tecnologías, las prácticas e incentiva el uso de energías de menor costo y amigables con el medio ambiente.

Bárbara Aguirre Balmelli
Arquitecto

Ms en Economía Energética UTFSM
Pdte. Comité Sustentabilidad y Energía
Colegio Arquitectos de Chile



ACESOL | ASOCIACION CHILENA
DE ENERGIA SOLAR

ACESOL



Como ACESOL, Asociación Chilena de Energía Solar, nos enorgullece apoyar la correcta masificación de la energía solar en nuestro país, en ese camino el manual que aquí presentamos es una herramienta que aporta valor a la generación de conocimiento para transformar a Chile en un referente de la energía solar a nivel mundial, y con ello aprovechar las inmensas condiciones que presenta nuestro territorio.

La generación de capacidades técnicas, es el primer paso para lograr instalaciones de excelencia, que tengan la capacidad de transformarse en referentes para más y mejores instalaciones; en ese marco el

manual se transforma en un aporte relevante, que invitamos a leer, compartir y aplicar.

Por ello felicitamos a todos quienes han hecho posible la consecución de este manual en especial al Programa Solar del Ministerio de Energía; desde ya quedamos disponibles para apoyar su difusión y posterior aplicación.

Christian Antunovic Muñoz
Presidente de ACESOL

1 INTRODUCCIÓN

Este Manual Práctico del Técnico Solar tiene por objeto resumir y proponer los procedimientos de trabajo que pueden seguir los Técnicos Solares especialistas en proyecto, instalación y mantenimiento de Sistemas Solares Térmicos para agua caliente sanitaria en viviendas unifamiliares.

Se considera que el Técnico Solar (TS) a quién va dirigido, tiene la formación básica en la tecnología solar térmica por lo que este manual no tiene carácter didáctico y, por lo tanto, no profundiza en la justificación de las propuestas sino que pasa a ser directamente un manual práctico de aplicación.

Sin embargo, como se requiere profundizar en la tecnología es necesario limitar el ámbito de aplicación del manual, por lo que se han incorporado exclusivamente las instalaciones de Agua Caliente Sanitaria (ACS) que es la aplicación más sencilla y desarrollada, dejando otras, como el calentamiento de piscinas o la calefacción ambiental, para una posterior ocasión. Asimismo, se ha limitado su aplicación a pequeños sistemas que, como referencia y sin ánimo restrictivo, serán inferiores a 10 m² de superficie de captación y a 1.000 litros de capacidad de acumulación.

Asimismo, se proporcionan indicaciones que son aplicables a instalaciones para viviendas unifamiliares tanto existentes como nuevas considerando que, en el primer caso, es necesario que el TS adapte las instalaciones a una situación previa y en la segunda, por el contrario, se parte exclusivamente del proyecto que está realizando un arquitecto.

La correcta aplicación de la tecnología solar para la producción de ACS en una vivienda existente requiere que el TS conozca, además de las características propias de los equipos que va a instalar y mantener, las características de la vivienda que puedan afectar a la seguridad y a la operación del Sistema Solar Térmico (SST), así como los criterios básicos que debe seguir para distinguir todo lo que es importante de lo que no lo es y las recomendaciones para que pueda resolver los imprevistos que se presenten.

En resumen, para una vivienda existente, este manual incluye las actividades del TS desde que acude por primera vez a la vivienda, toma los datos necesarios y analiza las condiciones en terreno, hasta que selecciona el equipo y define como lo integra y adapta a la vivienda y finalmente hasta que lo instala, lo entrega y posteriormente mantiene.

Las situaciones para una vivienda nueva suelen ser más sencillas de resolver, porque no tiene tantos condicionantes de diseño o de instalación; por esas mismas razones, la experiencia disponible en vivienda existente es muy aprovechable y aplicable a nueva edificación.

El TS se encontrará con la opción de utilizar un sistema prefabricado o proyectar un sistema a medida y, aunque posteriormente se describen con más detalle, deben conocerse las principales implicaciones de cada solución y se resalta la importancia de realizar un buen análisis previo para adoptar una u otra solución.

En el caso del sistema prefabricado, se tiene que seleccionar el equipo y adaptarlo a la vivienda y a la instalación. Desde el punto de vista del diseño, el equipo solar puede ser considerado como una caja negra que sólo tiene una entrada de agua fría y una salida de ACS; sin embargo, se verán los factores a considerar que afectan al resto de la instalación.

El caso del sistema a medida surge cuando no se encuentra en el mercado un sistema prefabricado adecuado y, como mejor solución para una determinada vivienda, se prefiera una instalación realizada con componentes (colector, acumulador, tubería, etc.) que requiere un diseño específico realizado por un profesional experto, que podrá ser el mismo TS u otro proyectista con acreditación suficiente.

Es importante tener en cuenta que el TS debe coordinar todas las funciones necesarias para la realización de la instalación y debe tener conocimientos básicos sobre los distintos roles que pueden intervenir en la instalación del SST: gasfitería e instalaciones sanitarias, electricidad, calefones, calderas de gas y termos eléctricos, estructuras de techumbre, cubierta y desagües de aguas lluvias o de condensación, albañilería básica, estructuras metálicas de soporte y fijaciones, etc. Ello puede derivar a que, en determinadas situaciones deba solicitar la colaboración de otros técnicos o profesionales cuando por seguridad, dominio de la técnica o capacidad sea necesario o recomendable. La misma consideración deberá tener en relación con los procedimientos de trabajo a emplear, la capacidad de coordinación de distintas faenas y el control de los medios de seguridad laboral que se deban utilizar.

El TS debe conocer la normativa aplicable que pueda afectar a cualquier aspecto del SST y ser consciente de la capacidad técnica y/o administrativa que puede ser necesaria para su resolución y, en ese sentido, hay que destacar todo lo relativo a las normas de seguridad.

De cara al usuario, la tecnología solar debe ser un sistema más de la vivienda que presta un servicio respondiendo a las prestaciones reglamentarias y/o acordadas con el usuario, con una mínima intervención de su parte. Por ello, es importante señalar que para que un SST funcione, dure muchos años y que el usuario esté satisfecho, debe evitarse la creación de expectativas sobre el desempeño de la tecnología solar térmica que después no se puedan cumplir; se resalta que la información y atención que reciba el usuario va en beneficio directo de la instalación y la difusión de la tecnología solar y, por supuesto, es la mejor carta de presentación de un buen técnico.

Sistemas solares térmicos

the 1990s, the number of people in the UK who are aged 65 and over has increased by 1.5 million (1990–2000) and is projected to increase by a further 1.5 million by 2020 (Office for National Statistics 2001). The number of people aged 65 and over is projected to increase from 10.5 million in 1990 to 12.5 million in 2020, with the number of people aged 75 and over increasing from 4.5 million to 6.5 million in the same period.

There is a growing awareness of the need to develop strategies to meet the needs of the ageing population. The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'. The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'.

The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'. The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'.

The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'. The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'.

The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'. The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'.

The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'. The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'.

The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'. The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'.

The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'. The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'.

The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'. The Department of Health (2000) has identified the need to develop a 'new paradigm' for the care of the elderly, one that is based on the principles of 'active ageing' and 'positive ageing'.

2 SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS

Un Sistema Solar Térmico transforma la energía radiante emitida por el sol en energía térmica y la acumula, en forma de agua caliente, para pasar al sistema auxiliar antes de su posterior consumo.

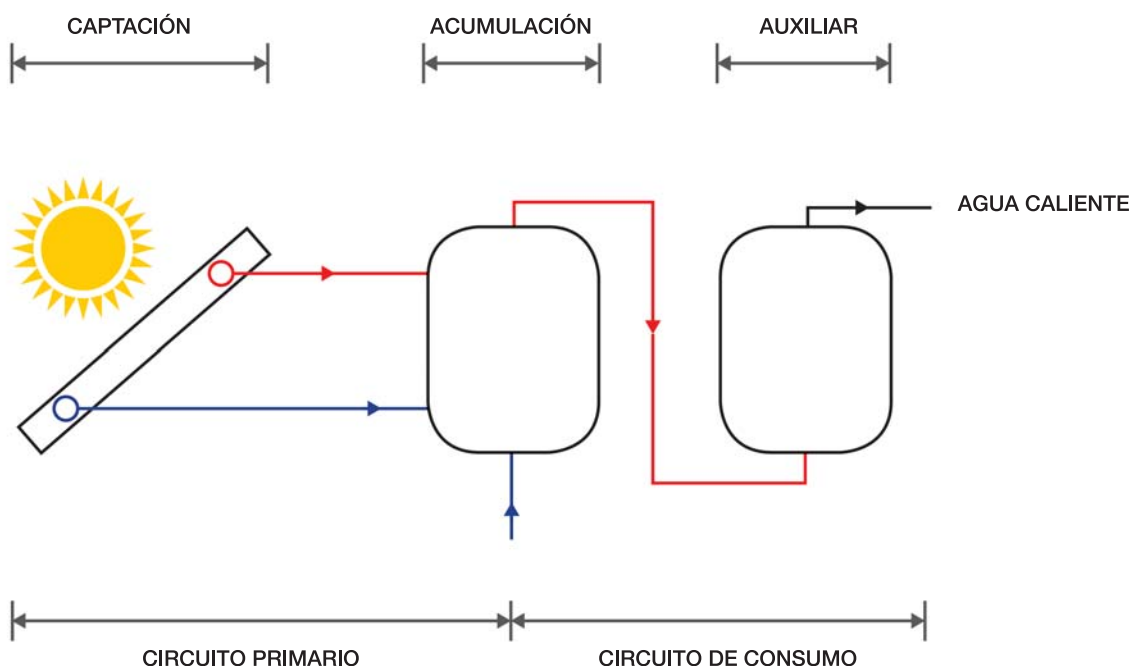
En este capítulo se establece la denominación de los sistemas y circuitos que componen el SST, las posibles configuraciones a emplear, los criterios para su selección y las principales características que definen sus condiciones de funcionamiento.

2.1 Configuraciones de los SST para ACS

En el esquema básico de funcionamiento de un SST para preparación de ACS, que puede verse en la figura, pueden diferenciarse los siguientes sistemas:

Sistema de captación: transforma la radiación solar incidente en energía térmica aumentando la temperatura de un fluido de trabajo.

- **Sistema de acumulación:** almacena el agua caliente hasta que se precise su uso.
- **Sistema auxiliar (o de apoyo o de respaldo):** complementa el aporte solar suministrando la energía necesaria para cubrir el consumo previsto. En algunos aspectos, este sistema no se considera incluido en la SST.
- **Sistema auxiliar (o de apoyo o de respaldo):** complementa el aporte solar suministrando la energía necesaria para cubrir el consumo previsto. En algunos aspectos, este sistema no se considera incluido en la SST.



Denominación de sistemas y circuitos de un SST

El esquema se completa con el circuito hidráulico que está constituido por los conjuntos de cañerías con su aislante, accesorios, bombas, válvulas y otros que interconectan los distintos sistemas y mediante la circulación de fluidos producen la transferencia de calor desde el sistema de captación hasta los puntos de consumo.

En algunas ocasiones se dispone de un sistema eléctrico y de control que aplica las estrategias de funcionamiento y de protección organizando, cuando exista, el arranque y parada de la bomba de circulación.

Asimismo, en el esquema básico de la instalación se pueden distinguir dos circuitos hidráulicos:

- **Circuito primario:** permite la circulación del fluido a través de los colectores que recogen la energía térmica y la transporta hasta el acumulador.
- **Circuito de consumo:** transporta agua potable de consumo y comprende desde la acometida de agua fría, pasando por los sistemas de acumulación y auxiliar, hasta la red de distribución que alimenta a los puntos de consumo.

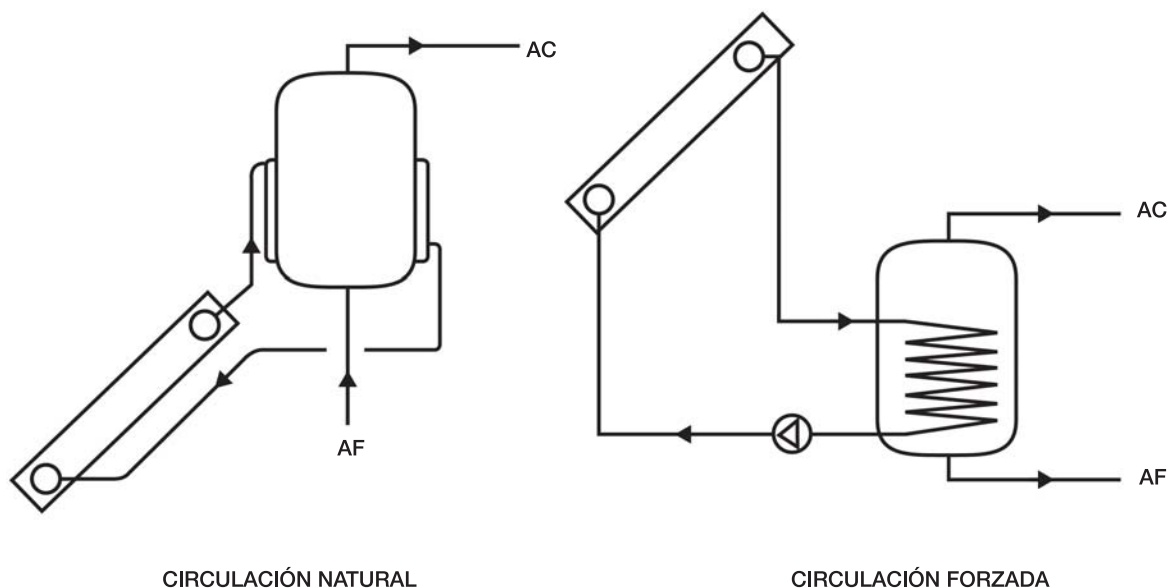
En el apartado siguiente se explica cómo se puede producir el movimiento de fluido en el circuito primario; en el circuito de consumo el agua circula con la apertura de los puntos de consumo gracias a la presión de la red de alimentación (ya sea externa, estanque elevado o grupo de presión). El fluido de trabajo en los circuitos de consumo es siempre el agua potable.

2.2 Tipología y clasificación de SST

Aunque no se describen aquí los distintos criterios de clasificación de los SST para ACS si se quiere recordar que los SST pueden clasificarse, entre otros criterios, atendiendo al principio de circulación, al sistema de intercambio y por la forma de acoplamiento.

A. El principio de circulación

Se refiere al mecanismo mediante el cual se produce el movimiento del fluido el circuito primario, existiendo dos tipos: la circulación forzada y la circulación natural o más comúnmente conocida por termosifón.



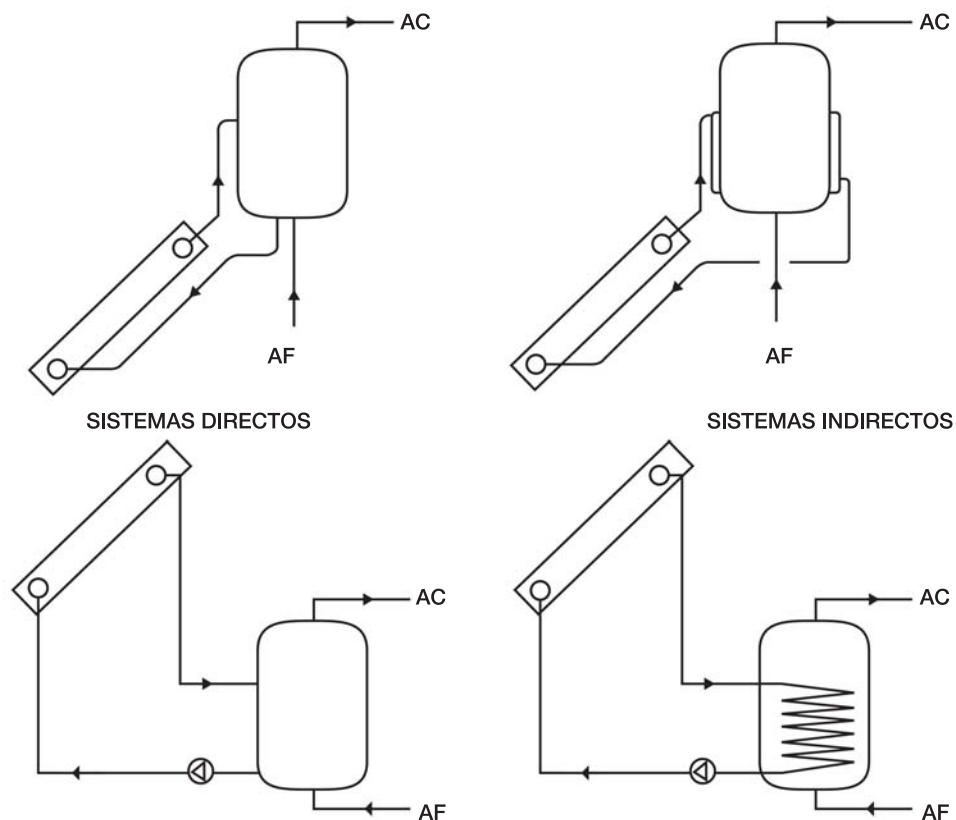
Clasificación de los SST por la forma de circulación

En el cuadro siguiente se reflejan las diferencias de cada criterio para cada uno de los tipos de circulación:

CRITERIO	CIRCULACIÓN FORZADA	CIRCULACIÓN NATURAL
Necesita bomba de circulación	Si	No
Caudales del calentamiento	Fijo salvo bombas de caudal variable	Proporcionales a radiación solar
Regulación de caudal	Para evitar ciclos de arranque-parada	Natural no es preciso
Posición relativa de componentes	Factor secundario	Criterio muy importante
Tipología de colector solar	Cualquiera	Normalmente parrilla
Tipo de interacumulador	Cualquiera	Doble envolvente
Criterios selección componentes	Menos importante la pérdida de carga	Poca pérdida de carga
Trazado de cañerías	Menos condicionantes	Más delicado y preciso
Aplicaciones	Mejor en grandes instalaciones	Mejor a pequeños sistemas
Precisa alimentación eléctrica	Si	No
Posible integración arquitectónica	Más sencilla	Con dificultad
Pérdidas térmicas en acumulador	Más facilidad para instalarlo en interior	Normalmente va al exterior
Pérdidas térmicas en circuitos	Peores en circuito primario	Peores en distancia a consumo
Temperaturas de trabajo	Salto de temperaturas más bajos	Salto temperatura más altos
Temp. máxima de acumulador	Utilizable sistema de control	Sólo controlable por diseño
Sistemas protección antiheladas	Además recirculación y vaciado autom.	Mezcla anticongelante
Costo de la inversión	Mayor	Menor
Costo de mantención	Más mantención por control y bomba	Sólo mantención preventiva
Costo de explotación	Costo de la energía eléctrica	No tiene costos adicionales

B. El sistema de intercambio

Se refiere a la forma de transferir la energía del circuito primario de colectores al circuito de consumo. Esta transferencia se puede realizar de forma directa, siendo el fluido de trabajo de colectores la misma agua de consumo, dando lugar a los llamados sistemas directos o, manteniendo el fluido de trabajo de colectores en un circuito independiente, sin posibilidad de ser distribuido al consumo, dando lugar a los sistemas indirectos.



Clasificación de los SST por el sistema de intercambio

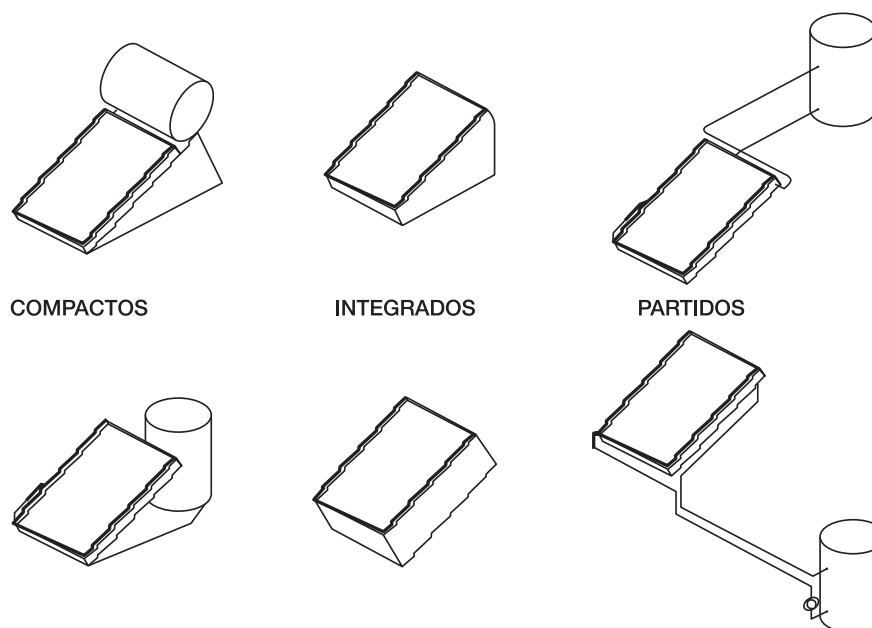
En el cuadro siguiente se reflejan las diferencias de cada criterio en los sistemas directos o indirectos:

CRITERIO	SISTEMA DIRECTO	SISTEMA INDIRECTO
Fluido de trabajo	Sólo agua de la red	Agua y el fluido del primario
Presión de trabajo en circuitos	Todo a la presión de la red	Pueden ser presiones distintas
Sistema de llenado	No requiere	Si necesita
Sistema constructivo del conjunto	Más sencillo	Más complejo
Evolución del rendimiento	Empeora con el tiempo	Se mantiene constante
Aplicaciones	Sólo en pequeños sistemas	Cualquier tipo de instalación
Uso en zonas con riesgo de heladas	Desaconsejado	Recomendado
Uso con aguas muy duras	Desaconsejado	Recomendado
Costo de la inversión	Menor	Mayor
Mayor costo de mantención	Limpieza interna del colector	Mantención de circuito cerrado

C. Forma de acoplamiento entre colectores y acumulador

Los SST se pueden clasificar en tres categorías:

1. **Compacto** cuando todos los componentes del sistema se encuentran montados en una sola unidad, aunque físicamente puedan estar diferenciados.
2. **Integrado** cuando dentro del mismo sistema se realizan las funciones de captación y acumulación de energía, es decir, colector y depósito constituyen un único componente y no es posible diferenciarlos físicamente.
3. **Partido** cuando existe una distancia física relevante entre el sistema de captación y el de acumulación.



Clasificación de los SST por la forma de acoplamiento

2.3 Diferencias entre sistema solar prefabricado y a medida

Las instalaciones solares para ACS en viviendas unifamiliares se pueden proyectar utilizando:

- Sistemas prefabricados autorizados y adaptándolos a cada situación, o
- Colectores solares y depósitos acumuladores autorizados que se integran en una instalación, lo que se denomina como sistema solar a medida, definida mediante un proyecto que realiza un profesional experto.

Un **sistema solar prefabricado**, o lo que en Chile se denomina colector solar térmico integrado (CSTI), es un sistema de aprovechamiento de energía solar para producción de agua caliente sanitaria destinado, normalmente, a pequeños consumos que está fabricado mediante un proceso estandarizado que presupone resultados uniformes en prestaciones, se ofrece en el mercado bajo un único nombre comercial y se vende como un sistema completo listo para su instalación. El sistema solar prefabricado puede estar constituido por un único componente integral o por un conjunto de componentes, normalizados en características, y ensamblados en una configuración fija y única de fábrica.

Los denominados en la normativa **sistemas solares a medida** son diseñados mediante el ensamblado de diversos componentes. Los componentes se ensayan de forma separada y los resultados de los ensayos se integran en una evaluación del sistema completo.

El sistema prefabricado está diseñado, ensayado y comercializado por una empresa fabricante y la función del proyectista o del técnico sería seleccionarlo como el más adecuado y adaptarlo a la aplicación en vivienda o edificio de que se trate, pero no interviene en su diseño interno. En el sistema solar a medida se requeriría que un profesional experto diseñe el sistema completo, seleccione todos los componentes y dimensione el circuito interno.

En todo lo que sigue, este Manual se refiere a cualquiera de ellos en lo que afecta a la aplicación global del SST e integración en la vivienda y se desarrolla en los capítulos 3 y 4. Cuando se adopte la solución de proyectar un sistema solar a medida los capítulos 5 y 6 se ocupan de su diseño y cálculo completo.

A continuación se recoge la información necesaria para describir completamente la instalación solar, tanto con sistema prefabricado como con sistema a medida, y que debe haberse definido a lo largo de todo el proceso de diseño de la instalación.



2.3.1 Descripción de los Sistemas Prefabricados

En el caso de los sistemas prefabricados, el cuadro siguiente incluye la información más importante que debe ser considerada para la adecuada selección y adaptación del equipo a la vivienda, así como su posterior instalación y mantenimiento. Es importante extraer toda la información del informe del ensayo del sistema prefabricado y de los Manuales de Instalación y del Usuario que todo equipo autorizado debe disponer; toda esta documentación formal se solicitará al fabricante y se evitará cualquier información obtenida de otras fuentes ya que pueden crear confusión.

F01 MEMORIA DESCRIPTIVA DE SISTEMAS PREFABRICADOS			
1 COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	SI	NO	COMENTARIOS
Relación de componentes completa y lista de chequeo			
Dimensiones principales y pesos (en vacío y lleno):			
Conjunto			
Colector solar			
Acumulador			
Medidas de los puntos de apoyo de la estructura			
Capacidad de líquido del circuito primario			
2 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO			
Esquema de principio o funcional			
Valores nominales y límites funcionales			
Presiones circuito primario			
Presiones circuito de consumo			
Temperaturas circuito primario			
Temperaturas circuito de consumo			
Prestaciones			
Resultados de ensayos de eficiencia			
Información para cálculo de prestaciones			
3 INSTRUCCIONES DE MONTAJE, INSTALACIÓN Y CONEXIONADO			
Sistema de embalaje y de almacenamiento			
Sistema de transporte y procedimientos			
Procedimiento de llenado y puesta en marcha			
Pruebas mecánicas y funcionales			
4 RECOMENDACIONES DE USO			
Funcionamiento del calentamiento solar			
Instrucciones para temporadas sin consumo			
Prevenciones a adoptar para límites funcionales			
5 PROGRAMA DE VIGILANCIA Y MANTENIMIENTO			
Equipos de medida y comprobación			
Presión en circuito primario			
Temperatura en acumulador			
Alimentación del sistema de control			
Señalización del funcionamiento de bomba			
Descripción y procedimientos del plan de vigilancia			
Operaciones y periodicidad de mantenimiento preventivo			
6 CONDICIONES DE GARANTÍA			
Cobertura y requisitos			
Exclusiones			
Plazos			

2.3.2 Descripción de los Sistemas a Medida

Además de los datos anteriormente reflejados para los sistemas prefabricados, el diseño de los sistemas a medida debe recopilarse en una documentación técnica que deje constancia expresa de la solución adoptada para que se cumpla un determinado programa de necesidades propuesto por un usuario. Debe contener la información necesaria y suficiente para que un tercero pueda interpretarla.

La Memoria Técnica (MT) es un documento que resume e incluye toda la información que debe haberse considerado en el diseño del SST y su cumplimentación exigirá haber definido, calculado, decidido y establecido todo lo referente a la instalación solar.

En la propia MT se establecen los documentos anexos (cálculos, esquemas, planos y especificaciones de componentes) que completan la definición de proyecto.

La MT puede utilizarse como documento guía para el desarrollo del diseño por el propio proyectista, para que un tercero, supervisor de proyectos, pueda llevar a cabo la revisión del mismo, o para que se pueda realizar la instalación proyectada.

Independientemente de si el diseño y cálculo de estas instalaciones tienen el carácter de proyecto o no, se debe resaltar que siempre debe ser realizado por un proyectista experto que será el responsable de todos los contenidos de la documentación relativa al SST así como de la coordinación con el resto de instalaciones y de la integración con el del edificio.

En función de las actuaciones a desarrollar con la documentación y de las características de la instalación, se podrá catalogar como proyecto e incorporar en cualquiera de los niveles que se consideren y tendrá el nivel de definición necesario para que un tercero pueda interpretarlo sin necesidad de otra información adicional. Es importante tener en cuenta que para todo lo que no esté definido en el proyecto se está dejando libertad de criterio o interpretación.

Se ha definido un formato para la MT de la instalación solar que se incorpora a continuación:

F02 MEMORIA TÉCNICA DE INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA																
1 DATOS GENERALES			Nuevo/a		Existente		Rehabilitación		Mejora, ...							
Edificio																
Instalación ACS																
Sistema auxiliar																
Localización			Lat.		Long.				Altura snm							
2 DATOS DE PARTIDA																
Temp. agua fría					Consumo unitario a temp ref.											
Temp. uso					Ocupación máxima											
Temp. distribución					Variación mensual de la ocupación											
Temp. preparación					Consumo medio a temp. ref.											
Temp. referencia					Pérdidas térmicas											
Criterio consumo					Datos de radiación solar											
Aplicación					Datos de temp. ambiente											
3 CONFIGURACIÓN Y DIMENSIONADO BÁSICO																
Configuración elegida			Sistema a medida				Sist. prefabricado									
Tipo de intercambiador			Interno				Externo									
Sistema de apoyo			Instantáneo				Con acumulación									
Características circuitos			TUB		DIA		AIS		W/m.K		LONG		TW		REC	
Circuito primario																
Circuito de consumo																
Circuito recirculación																
PARÁM. CARACTERÍSTICOS PRINCIPALES							Modelo selec.		Unit		°		TOTAL			
Superficie de captación (A en m²)																
Volumen de acumulación solar (V en litros)																
Potencia térmica máxima (P en kW)							kW/m²		0,7							
Relaciones:			100*A/M				M/A				V/A					
4 CÁLCULO DE LAS PRESTACIONES DE LA INSTALACIÓN SOLAR																
Método de cálculo utilizado							versión									
Coeficientes del colector			eta0				k1		k2							
Otros datos de cálculo			lts/m²				lts/h		efect.							
	TAF	OCU	CMED	DE	RAD()	TA()	AES	CS	REN	EM						
	°C	%	l/d	MJ/d	MJ/m².d	°C	MJ/d	%	%	MJ/m².d						
ENE																
FEB																
MAR																
ABR																
MAY																
JUN																
JUL																
AGO																
SEP																
OCT																
NOV																
DIC																
MED																
TOT																
			m³		kWh		kWh	%	%	kWh/m²						

5 CONDICIONES DE TRABAJO									
Irradiancia máxima			W/m ²		Temp. amb. máxima			°C	
Temperatura de estancamiento								°C	
	PRI 1	PRI 2	CON	PRI 2		PRI 1	CON		
TMAX				°C	PMAX				bar
TNOM				°C	PNOM				bar
TMIN				°C	PMIN				bar
6 REQUISITOS GENERALES - FLUIDO DE TRABAJO									
Temperatura mínima histórica									
Riesgo de heladas									
Características del agua									
Fluido seleccionado primario									
Protección contra heladas									
7 SISTEMA DE CAPTACIÓN									
Superficie útil de captación			m ²		Potencia total				
Marca de colector					Modelo				
Ref autorización					Informe ensayo				
Número de colectores			uds		Superficie unitaria				
Caudal de ensayo			l/h.m ²		Caudal específico				
Caudal total del primario					Conex. entre colectores				
Número de baterías									
8 SISTEMA DE ACUMULACIÓN									
Volumen total de acum.					Relación V/A				
Marca de acumulador					Modelo				
Ref autorización					Informe ensayo				
Número de depósitos					Volumen unitario				
Disposición					Vertical		Horizontal		
Ubicación					Interior		Exterior		
Superficie de intercambio					m ²		Superficie específica		m ² /m ²
9 CIRCUITOS HIDRÁULICOS			PRI	CON				PRI	CON
Caudal total de diseño					Tipo de aislam. interior				
Tipo de tuberías					Espesor aislam. interior				
Diámetro máx de cañería					Tipo de aislam. exterior				
Circuitos en paralelo					Espesor aislam. exterior				
Criterio de equilibrado					Protección aislam. exterior				
Presión de bomba									
Potencia eléctrica									
10 SISTEMA DE EXPANSIÓN			PRI	CON				PRI	CON
Presión de trabajo crítica					Coef. de dilatación				
Presión tarado VS					Volumen de dilatación				
Presión de trabajo máx					Volumen de vapor				
Altura geométrica s/vaso					Volumen útil				
Criterio seguridad int					Coef. de presiones				
Volumen total instalación					Vol. total calculado				
Volumen inicial					Vol. total seleccionado				
Temperatura dilatación									

11 SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR									
Diseño:		Existente		Nuevo		Sin aux		No previsto	
Forma de aporte		Instantáneo		Acumulac.		Incorporado			
Tipo de sistema		Calefón		Inst. Eléc		Termo eléc.		Acu+caldera	
Energía		Eléctrica		Gas natural		GLP		Leña	
Marca				Modelo					
Ref. autorización				Informe ensayo					
Potencia				Acumulación					
T. de entrada que soporta				Rango de regulación de tem. salida					
Conexión prevista		En serie		En paralelo		Con bypass			
Válvulas		MT en Saux		MT en Saux		Diversora		Retención	
12 SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL									
Marca de controlador				Modelo					
Ref autorización				Informe ensayo					
Tipo de control									
Limitación temp. máxima				Actuación temp. máxima					
Limitación temp. mínima				Actuación temp. mínima					
Otras actuaciones									
13 ESPECIFICACIONES DE COMPONENTES									
		TMÁX	TSOP			PMAX	PSOP		FT
Colector Solar									
Acumulador solar									
Bomba circuladora									
Vaso de expansión									
Válvula de corte									
Válvula de retención									
Válvula de seguridad									
Válvula mezcladora									
Sistema de medida									
Equipo de control									
14 ESQUEMAS Y PLANOS									
Emplazamiento, orientación y sombras									
Ubicación de colectores (distancias, accesos)									
Estructura y sujeción de colectores									
Ubicación acumulación y solución estructural									
Trazado circuitos, dim. y situac. componentes									
Ubicación elementos de medida									
Sistema de llenado y vaciado									
Esquema de principio completo									
Esquema eléctrico y de control									
Conexión con alimentación eléctrica									
Conexión de cañerías con agua fría									
Conexión con sistema auxiliar y consumo									
Conexiones de vaciados, escapes y drenaje									

Selección del equipo solar térmico

3 SELECCIÓN DEL EQUIPO SOLAR TÉRMICO

En primer lugar, para seleccionar la configuración básica de un equipo solar térmico (directo o indirecto, termosifón o forzado, y la forma de acoplamiento) existen una serie de criterios generales que están asociados al lugar de emplazamiento del SST (características climáticas y del agua del lugar) o a la localización concreta (planeamiento urbano, tipo de vivienda y de usuarios, etc.).

En segundo lugar, el dimensionado básico que se refiere a los criterios necesarios para seleccionar el tamaño del equipo solar que mejor se adapte a la demanda prevista.

En tercer lugar, habrá que conocer las condiciones específicas de la vivienda o del edificio de que se trate, así como de sus instalaciones, lo que permitirá concretar la tipología del equipo y junto con el dimensionado básico del SST hacer el análisis comparativo de las posibles soluciones para seleccionar la mejor (ver capítulo 4).

Además de los criterios técnicos anteriormente resumidos, como la selección del equipo siempre será una solución de compromiso entre ventajas y desventajas, costos y ahorros, etc. de las distintas alternativas; para ese análisis siempre será importante la experiencia disponible y el asesoramiento aportado por terceros.

3.1 Selección entre sistema directo o indirecto

La selección se realiza analizando los criterios descritos en el apartado 2.2 pero, sobre todo, los dos factores principales que se definen por el lugar de emplazamiento:

- **Riesgo de heladas**

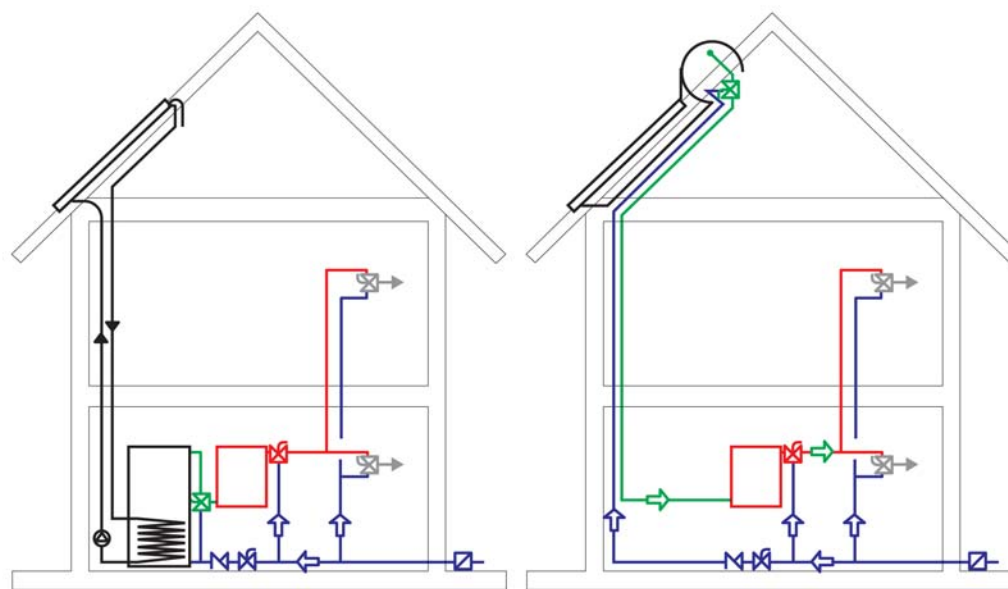
El riesgo de heladas de una localización se define en base la temperatura mínima registrada en un periodo largo de tiempo. A falta de datos concretos deben adoptarse criterios conservadores consultando información climática cercana. Cuando exista riesgo de heladas, debe definirse el procedimiento de protección antiheladas del que dispone el equipo.

- **Características y dureza del agua**

Si se dispusiera de datos sobre características y dureza del agua, deben utilizarse para definir la necesidad de utilizar un sistema indirecto y, con ello, plantear como se deben resolver los problemas de incrustaciones calcáreas.

Si se proyecta un SST en zonas con riesgo de heladas y con aguas muy duras, a priori ya se habrá definido que los equipos a instalar en esa zona serán del tipo circuito indirecto. En caso de que no se disponga de datos hay que recurrir a la experiencia en la zona con sistemas convencionales de preparación de ACS.

3.2 Selección entre circulación forzada o natural



Diferencias del SST de circulación forzada y termosifón

Para cada caso particular se deben evaluar los criterios indicados en el capítulo 2 comparando las dos alternativas. Para facilitar la toma de decisiones se han seleccionado los cuatro criterios que habitualmente más ponderan en la selección de alguna de las soluciones:

CRITERIO	SISTEMA DIRECTO	SISTEMA INDIRECTO
Integración arquitectónica	Más sencilla	Con dificultad
Emplazamiento del acumulador	Espacio interior disponible	Capacidad de soportar su peso
Mayores pérdidas térmicas del SST	En el circuito primario	En acumulador y por consumo
Costos de inversión	Mayor	Menor

Se pueden hacer las siguientes observaciones:

1. La integración arquitectónica puede ser determinante en edificios de esmerado diseño o en los que se tenga especial preocupación por la estética.
2. El emplazamiento del acumulador puede ser crítico cuando su peso, en un equipo termosifón, exija una estructura especial muy costosa y, en sentido contrario, puede ser excluyente un sistema forzado cuando no exista posibilidad de ocupar espacios en el interior de la vivienda.
3. Las pérdidas térmicas en estas instalaciones pueden ser muy importantes si no se adoptan las medidas adecuadas. La primera medida es que el acumulador esté lo más cerca posible del sistema auxiliar y de los puntos de consumo de forma que la longitud de cañerías del circuito primario y de consumo sean lo más cortas posibles. Cuantificar las pérdidas en ambas opciones sería la forma de comparar este criterio.
4. Cuando el costo de inversión es un factor crítico, la opción de los sistemas forzados es más difícil de implantar.

3.3 Selección del tamaño del SST

El parámetro básico para seleccionar el tamaño de un SST es el consumo medio diario de agua caliente por lo que su correcta estimación es el dato fundamental para calcular la demanda de energía y los ahorros que los diferentes SST puedan producir; con ese cálculo se determina la contribución solar del equipo. Debe prestarse especial atención a la cuantificación del consumo adquiriendo toda la información posible sobre las costumbres del usuario y las características de la instalación convencional si existe.

Es importante que el usuario sea consciente que la moderación del consumo es la primera medida para ahorrar energía y agua. Debe saber que si el consumo es elevado, el SST resultará más grande y costoso, en cambio si su consumo está ajustado, su equipo podrá ser más pequeño y económico porque, aunque la energía solar sea gratis, los equipos que la transforman en agua caliente no lo son. Con la moderación del consumo no se trata de reducir el confort sino de tener el más apropiado con el menor gasto posible de recursos.

En viviendas existentes, rara vez un potencial usuario de una instalación solar conoce la cantidad de agua caliente que consume y por eso es imprescindible que se le asesore adecuadamente. Una vez fijado el consumo de diseño, el usuario debe conocer que el uso de agua caliente real variará sobre ese valor medio establecido. Debe señalarse el hecho, suficientemente contrastado, que los consumos de agua caliente de una vivienda pueden sufrir grandes variaciones con el tiempo, no sólo de un día a otro, sino en años sucesivos debido a cambios en el número de personas que la utilizan, las costumbres, etc.

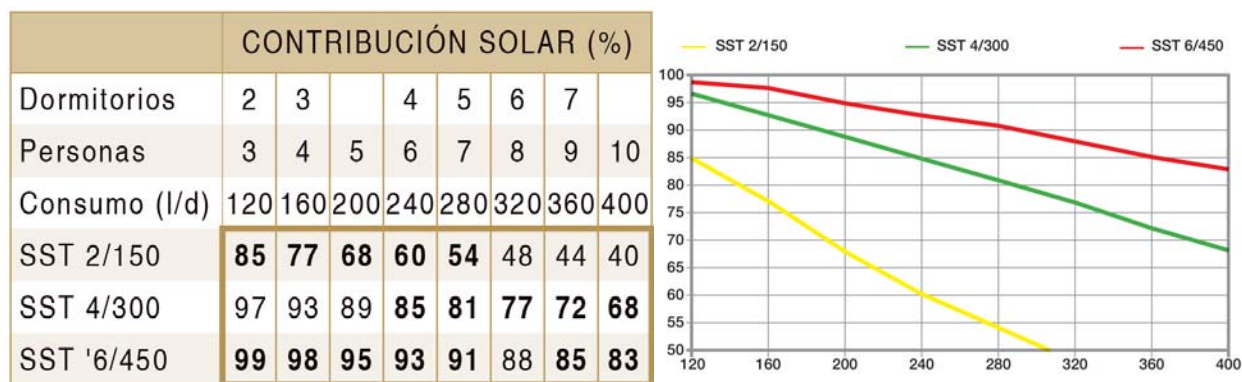
Puede realizarse otra estimación del consumo de ACS a partir del tamaño de la vivienda, medida por el número de dormitorios que, a su vez, se relaciona con la capacidad potencial de ocupación. Por eso, cuando no se disponga de datos de consumo en viviendas unifamiliares se puede utilizar el número de personas y el dato de 40 litros por persona y día a 45°C. Naturalmente en nueva edificación, en los que no se dispone de referencias previas de consumo, el uso de estos valores normalizados es evidente.

El cálculo de prestaciones que se realice o el manual del equipo solar proporcionará la energía solar aportada y, por tanto, la selección del tamaño del equipo debe reducirse a elegir el que mejor se adapte a cada caso. Si no se dispone de esos datos correspondientes a la localidad se debe requerir al proveedor la información suficiente para calcularla.

La característica básica que define el tamaño del SST es la superficie de captación y, en segundo lugar, la capacidad de acumulación. Estos datos, junto con las características constructivas del equipo, permiten estimar la energía solar que aporta el SST para el consumo previsto. Naturalmente, el resultado final depende de los factores relacionados con la localización (radiación solar, temperaturas) y la orientación e inclinación de colectores.

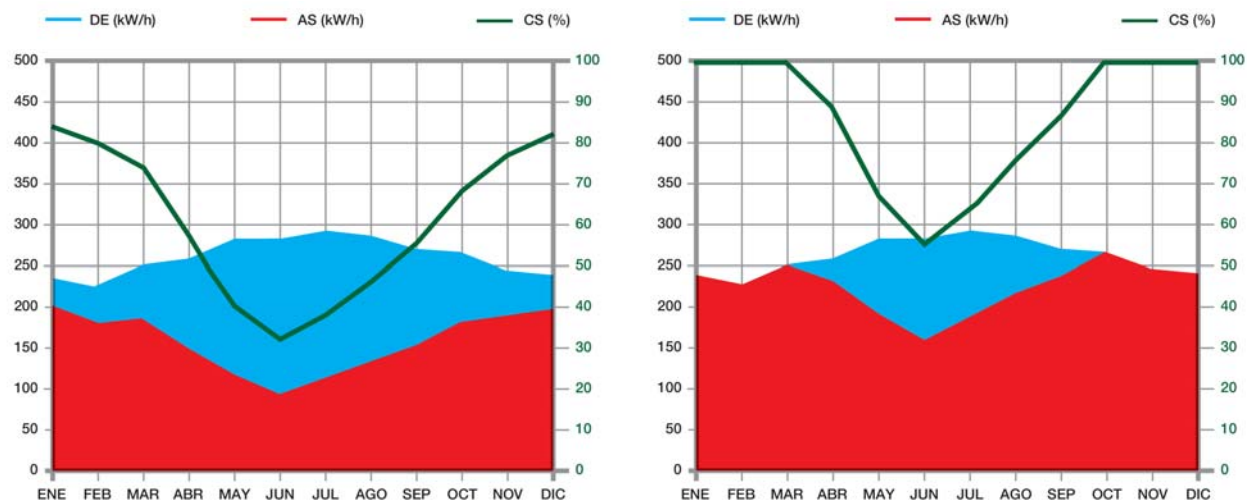
Para cada localización, en una primera aproximación y para un determinado rango de consumos, se puede estimar la contribución solar anual para varios equipos de diferentes tamaños y características.

En este ejemplo se establece un rango de consumos entre 120 y 400 litros/día, se incorpora su equivalencia en personas y dormitorios definidos según la Ley N° 20.365 que establece Franquicia Tributaria respecto de SST y los equipos se denominan (como SST A/V) por su área de captación A y volumen de acumulación V. La estimación de la contribución solar se ha realizado para Santiago con colectores orientados al Norte y con una inclinación de 35°.



Para un consumo de, por ejemplo, 240 litros/día se podría optar por un equipo de 2m² y 150 litros que tendría una contribución solar del 60% anual o un equipo de 4 m² y 300 litros con el que se puede alcanzar una contribución solar anual del 85%. Naturalmente existen multitud de soluciones adicionales y distintas, cada una con sus ventajas e inconvenientes.

Por último, será oportuno analizar como varía, en cada uno de los casos, la contribución solar a lo largo del año que es muy superior en verano que en invierno. Para el ejemplo anterior puede observarse la variación mensual para el SST-2/150 a la izquierda y para el SST-4/300 a la derecha:



Para el dimensionado de un SST se establece, de acuerdo con el mandante, los criterios que deben utilizarse para el cálculo de prestaciones de la instalación; básicamente, los distintos planteamientos y alternativas se pueden resumir en dos:

1. En edificios nuevos cuyas instalaciones deban cumplir una normativa, el proceso de cálculo normalmente se limita a seleccionar la mejor instalación que justifica, como mínimo, el cumplimiento de las condiciones establecidas en la normativa. Como ejemplo, para cumplir la Ley de Franquicia Tributaria se debe justificar que, para la demanda establecida, la instalación solar alcanza una contribución solar mínima determinada en función de la localización geográfica.

2. En edificios nuevos o existentes, en los que no hay que cumplir normativa específica de instalaciones solares o se quieren superar los requisitos mínimos, se pueden establecer otros criterios que se consideren oportunos como por ejemplo: que se produzca cobertura total durante determinados meses, que se produzca un nivel de ahorro de energía convencional o de reducción de emisiones, que se consiga la máxima ocupación de un espacio disponible para los colectores, etc.

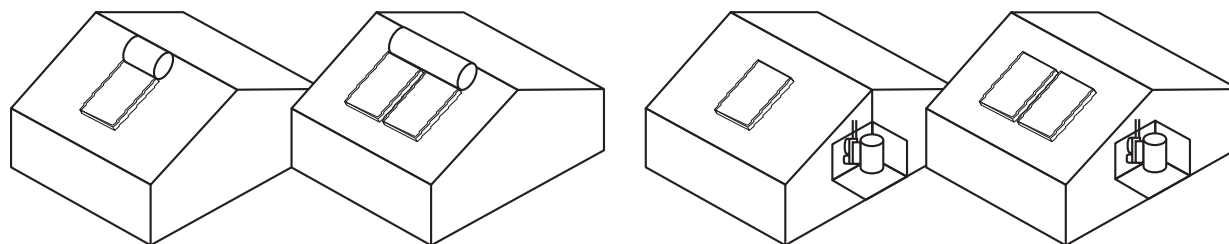
Existe una amplia gama de métodos de cálculo cuyos datos de entrada, datos de salida, propiedades, bases de cálculo, aplicaciones, etc. son muy diferentes. En principio, se pueden admitir como válidos los distintos métodos aceptados por el sector con las siguientes anotaciones:

- Que su uso esté contrastado por entidades públicas y privadas
- Que esté ampliamente difundido o sea utilizable por muchos
- Que sea adaptable a las distintas configuraciones
- Que tenga la posibilidad de seleccionar componentes distintos

El método de cálculo que se utilice debería ser aceptado por las partes que intervienen y, en cualquier caso, debería ser requisito imprescindible la disponibilidad del método de cálculo para distintas opciones y se deberían descartar los métodos que impiden modificar parámetros de cálculo. Si se quieren comparar soluciones, es necesario que el método de cálculo y las bases de datos de partida sean las mismas.

El método f-Chart es suficientemente preciso como método de cálculo simplificado con estimaciones medias mensuales y para su aplicación se utilizan los valores medios mensuales y la instalación queda definida por sus parámetros más significativos. Permite calcular la contribución solar de una instalación de calefacción y de producción de agua caliente mediante colectores solares planos.

En este punto se ha preseleccionado el tipo de equipo y se ha realizado el dimensionado básico, queda por examinar la viabilidad de la solución adoptada o evaluar las distintas opciones para seleccionar la que mejor se incorpora en la vivienda.



Diferentes tamaños de SST en instalaciones por termosifón (izq.) y de circulación forzada (der.)

La incorporación del SST a la vivienda

4 LA INCORPORACIÓN DEL SST A LA VIVIENDA

Para la incorporación del SST en la vivienda y la adaptación a sus instalaciones, deben analizarse los siguientes factores:

1. Integración arquitectónica
2. Orientación, inclinación y sombras
3. Seguridad y solución estructural
4. Equipo de energía auxiliar, su conexionado y recorridos hasta consumo
5. Otros factores y detalles para la conexión del SST

La selección del emplazamiento suele ser una solución de compromiso entre las diversas alternativas que pueden plantearse analizando las ventajas e inconvenientes que cada una introduce. Es importante a estos efectos utilizar la experiencia, propia o de otros, sobre las soluciones a adoptar ante la variedad de situaciones que se pueden presentar.

4.1 Integración arquitectónica

En su concepto más amplio la integración arquitectónica del SST se refiere a todos los factores que permiten su adaptación al edificio así como las medidas que se toman en éste para facilitar la instalación del equipo solar. Estos factores comprenden desde condiciones urbanísticas, hasta pequeños detalles constructivos pasando por el diseño del edificio, y normativa que se deba cumplir.

Desde un punto de vista más concreto, el concepto de integración arquitectónica a veces se asocia a un tipo de SST donde los colectores que lo conforman sustituyen elementos constructivos convencionales o bien son elementos constituyentes de la envolvente del edificio y de su composición arquitectónica.

Al objeto de este manual lo importante es que el TS tenga la capacidad de definir cuando es necesario que intervenga un arquitecto para que resulte la mejor integración posible y, todo ello, aunque la integración arquitectónica no se haya planteado desde el primer momento. Con una intervención profesional y experimentada será más fácil resolver factores como el impacto de la estética del SST, la posible adaptación con el estilo arquitectónico, la alineación con los ejes principales y la continuidad de volúmenes.

Sobre edificios existentes, las soluciones integradas suelen ser más complicadas de implantar, salvo que exista una superficie disponible y orientada aproximadamente al norte que admita la instalación de colectores.

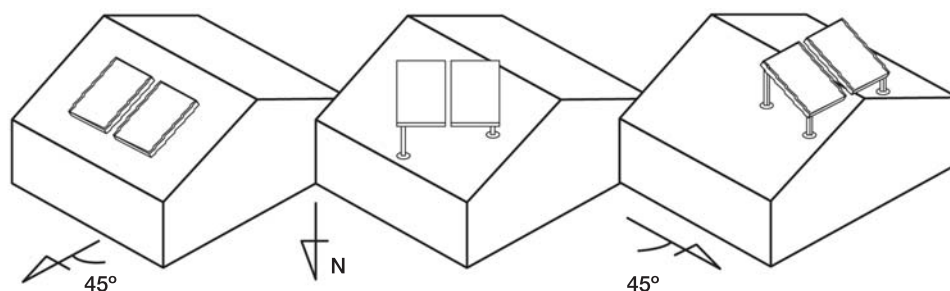




4.2 Orientación, inclinación y sombras

Es evidente que si la superficie de captación de un equipo no está expuesta a la máxima insolación posible no cumplirá los objetivos previstos por lo que hay que cuidar tanto el lugar como la forma de implantación. Como no siempre puede ser objetivo único el obtener la máxima insolación a costa de otros factores, es importante evaluar, cuando no se puedan conseguir las mejores condiciones, las ventajas y desventajas de cada situación. La orientación, inclinación y las sombras son los factores cuya cuantificación aportan criterios suficientes a este respecto.

Como criterio general, la mejor orientación para los colectores solares es el norte geográfico. Sin embargo, las desviaciones, incluso hasta $\pm 45^\circ$, respecto del norte geográfico no afectan significativamente a las prestaciones de la instalación aunque debería evaluarse la disminución de prestaciones en cada caso y siempre analizar cómo afecta esa disminución en verano e invierno.



Son muy elevadas las posibilidades de conseguir una correcta integración arquitectónica utilizando el margen de $\pm 45^\circ$ sobre la orientación óptima

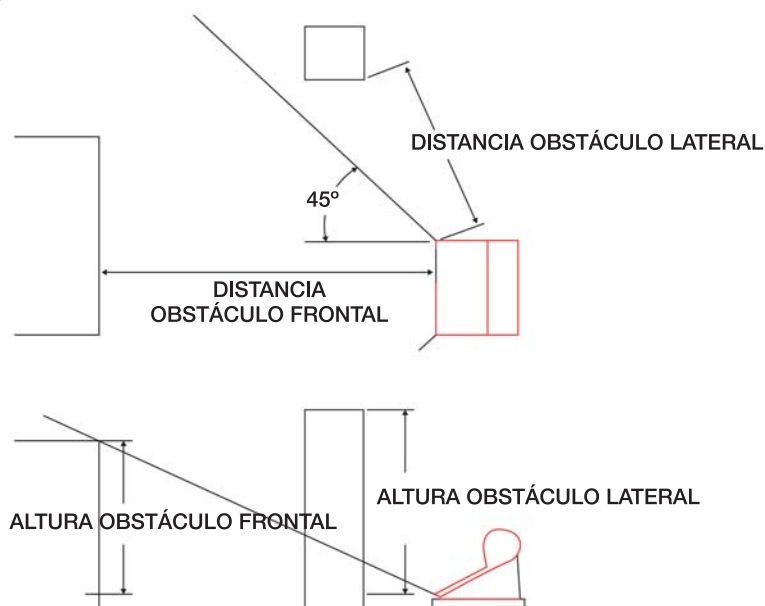
De la misma forma y para cada caso, debería estudiarse y justificarse la inclinación óptima de los colectores aunque, en primera aproximación y admitiendo desviaciones de hasta $\pm 15^\circ$, la inclinación de colectores respecto al plano horizontal se puede estimar con los siguientes criterios:

1. En instalaciones de uso anual constante: la latitud geográfica
2. En instalaciones de uso estival: la latitud geográfica -10°
3. En instalaciones de uso invernal: la latitud geográfica $+10^\circ$

En cualquier caso y sabiendo a priori que es importante la distribución anual del consumo, la optimización de las prestaciones energéticas debería realizarse examinando la sensibilidad de las mismas a variaciones tanto de la orientación como de la inclinación.

La ubicación de los colectores en el edificio se debe definir de forma que eviten tanto las sombras alejadas (de otras edificaciones) como las cercanas de la misma vivienda u obstáculos puntuales (extractores, chimeneas, etc.) así como las predecibles en el futuro (nuevos edificios o crecimiento de árboles).

La comprobación más sencilla para ver que no existen problemas de sombras es analizar que la posición de los obstáculos en relación con los colectores cumplan los requisitos geométricos que se especifican a continuación para sombras frontales y laterales:



Planta y alzado de obstáculos frontal y lateral de un SST

- Para las sombras frontales (obstáculos que en planta forman un ángulo con el norte inferior o igual a 45°), se establece que la distancia (d) entre la parte baja y anterior del colector y un obstáculo frontal, que pueda producir sombras sobre la misma será superior al valor obtenido por la expresión $d=k \cdot h$ donde h es la altura relativa del obstáculo en relación con la parte baja y anterior del colector. En función de la latitud el valor de k, que siempre se debería adoptar del lado de la seguridad es:

Latitud menor a	22	33	40	44	48	52	55
Valor de k	1	1,5	2	2,5	3	4	5

- Para las sombras laterales (obstáculos que en planta forman un ángulo con el sur superior a 45°) la distancia (d) entre el colector y los obstáculos laterales que puedan producir sombras sobre la instalación será superior al valor obtenido de la tabla anterior para desviaciones de 45° y por la expresión: $d = h$ donde h es la altura del obstáculo para desviaciones de 90° .

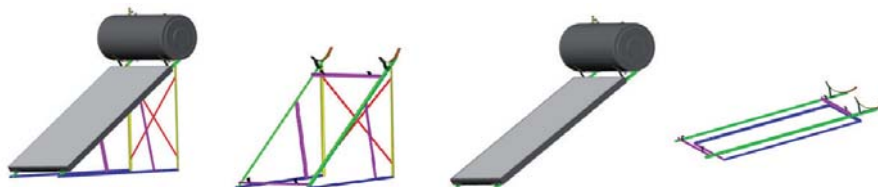
En cualquier caso, pero sobre todo cuando las proyecciones de sombra sobre el equipo no cumplan los requisitos anteriores, se realizará un estudio más detallado y se informará al usuario de la posible reducción de prestaciones de la instalación debido a las sombras que pueden producirse y obtener su conformidad y aceptación.

4.3 Soluciones estructurales

El equipo solar es suministrado con una estructura soporte diseñada y calculada por el fabricante para soportar y cumplir todos los requisitos establecidos en la normativa vigente y que tiene en cuenta todas las acciones, que deben ser conocidas, a las que puede estar sometida: peso, viento, nieve, sismicidad, etc.; el propio diseño de la estructura define las condiciones que deben cumplirse para apoyar y sujetar correctamente el equipo.

Para las distintas opciones de emplazamiento deberá comprobarse que el apoyo de la estructura es apto para soportar las cargas que se pueden generar y deben considerarse tanto las que puedan producirse durante el montaje como durante el funcionamiento normal y en las operaciones de mantención.

Debe garantizarse tanto la rigidez estructural del equipo como del lugar donde se apoya y, en caso de duda, debe consultarse con un profesional competente en seguridad estructural que podrá evaluar y certificar, si fuera necesario, las resistencias de los elementos y la viabilidad del montaje.



Solución de estructura para cubierta plana (izquierda) y para tejado inclinado (derecha)

Normalmente, para cada equipo el fabricante dispone de uno o varios diseños de estructura adaptados a cubiertas planas o inclinadas que facilita el apoyo y la sujeción a algún elemento estructural de la vivienda. En algunos casos es necesario diseñar una estructura base intermedia que sujete la estructura del equipo a la estructura de la vivienda.

Todos los materiales de la estructura soporte se deben proteger contra la acción de los agentes ambientales, especialmente contra el efecto de la radiación solar y la acción combinada del aire y el agua. En particular, las estructuras de acero deben protegerse mediante galvanizado por inmersión en caliente, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes. La realización de taladrados o perforaciones en la estructura se deberá llevar a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura, nunca en terreno. Los pernos, tornillos, fijaciones y piezas auxiliares deberían estar protegidas por galvanizado o cincado, o bien serán de acero inoxidable.

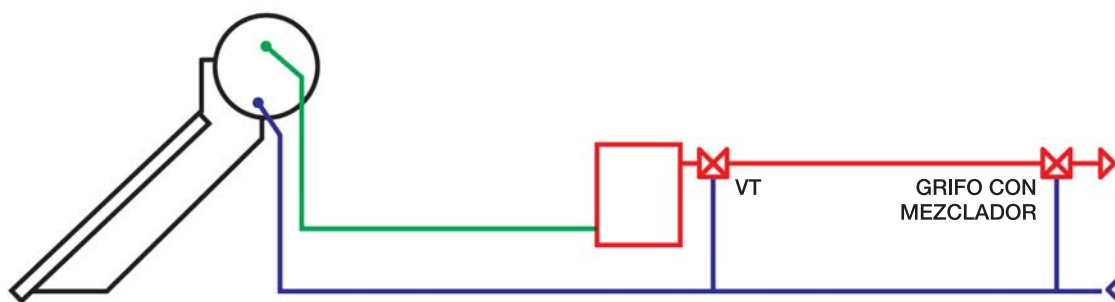
4.4 Equipo auxiliar y su acoplamiento al SST

El equipo que realiza el aporte de energía auxiliar al SST puede ser:

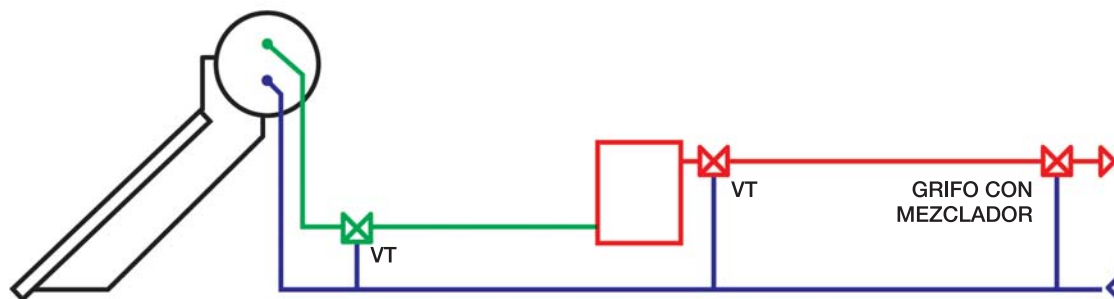
- Instantáneo (Calefón, calentador eléctrico o caldera mixta)
- Con acumulación (Termo eléctrico o acumulador con caldera)
- Incorporado en el acumulador solar. Deben tomarse precauciones especiales cuando se utilice esta solución para que no perjudique la eficiencia global del conjunto.

Cuando el equipo auxiliar es externo al SST, el conexionado en el circuito de consumo debe ser siempre en serie de forma que el agua fría entre primero en el acumulador solar, después pase precalentada al sistema auxiliar y de éste a los puntos de consumo. Se deben tomar medidas para proteger al equipo auxiliar si no soporta la temperatura de salida del SST y para impedir que llegue a los puntos de consumo agua a temperaturas superiores a 60°C para evitar quemaduras de los usuarios. Se pueden utilizar los esquemas indicados a continuación sabiendo que, aunque se representen equipos termosifón, las soluciones son similares para los acumuladores solares de los equipos forzados:

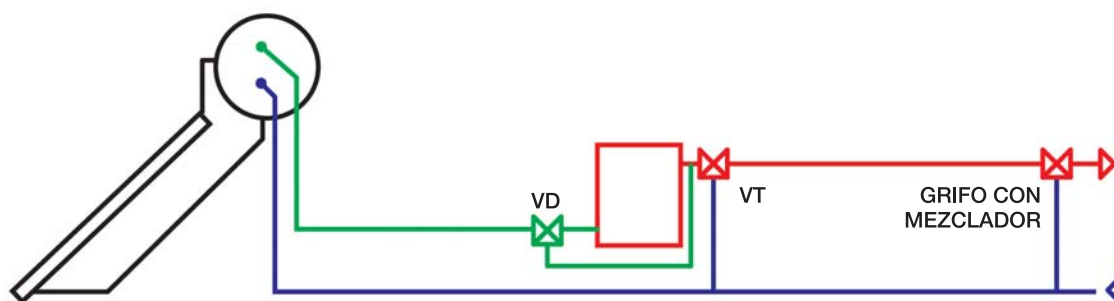
1. **Con válvula mezcladora termostática a la salida del sistema auxiliar** para protección del usuario si el equipo auxiliar soporta la temperatura caliente del equipo solar.



2. **Con válvula mezcladora termostática a la salida del equipo solar** para limitar la temperatura que entra en el auxiliar; si esta temperatura o la de salida del auxiliar fuera superior a 60°C sería necesario utilizar, además, la válvula mezcladora en la salida a consumo.



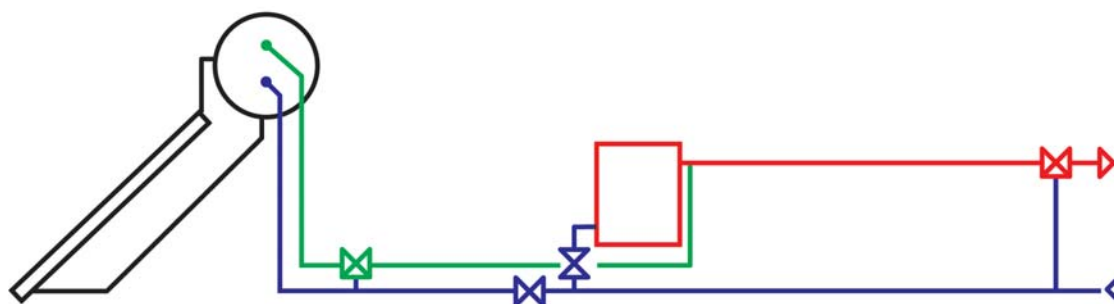
3. **Con válvula diversora que se utiliza como bypass** al equipo auxiliar cuando éste no admite la entrada de agua caliente a cualquier temperatura. Esta válvula evita que el agua del equipo solar entre en el sistema auxiliar cuando la temperatura es superior a su valor de consigna.



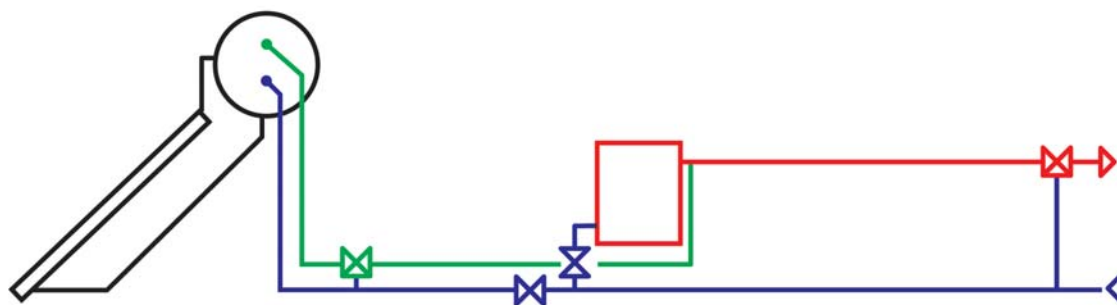
En los esquemas anteriores, la última válvula mezcladora en el punto de consumo representa el grifo que manipula el usuario para establecer la temperatura de uso que requiera.

En casos excepcionales, que posteriormente se describen, puede ser necesario utilizar la conexión en paralelo entre el SST y el equipo auxiliar; en ese caso los esquemas pueden ser:

1. Si el equipo auxiliar no requiere válvula termostática mezcladora se debe montar exclusivamente la del SST

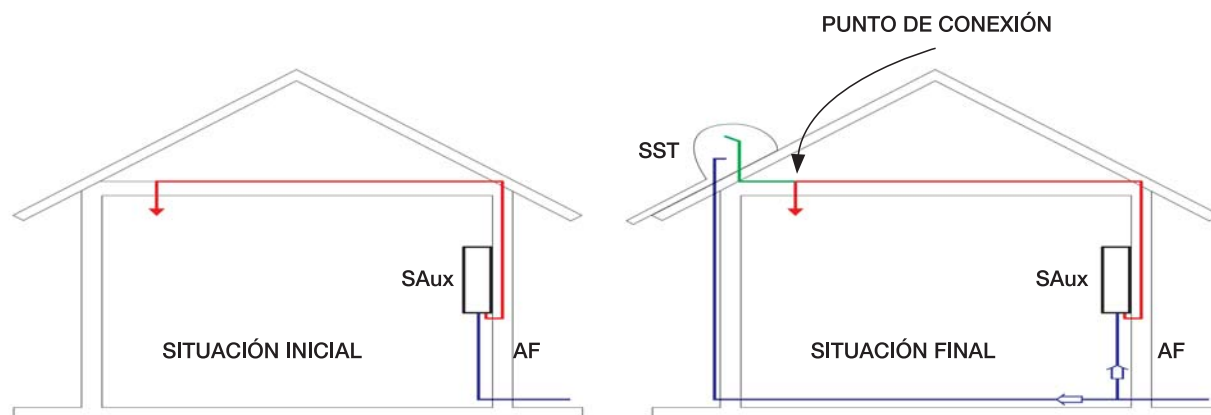


2. Si el equipo auxiliar requiere válvula termostática mezcladora se debe montar en la salida a consumo y opcional y adicionalmente se podría montar otra en el SST.



Un factor importante a considerar es el recorrido desde el acumulador solar al equipo auxiliar y desde éste a los puntos de consumo de forma que, si no es muy largo, siempre se debe utilizar el conexionado en serie con el sistema de apoyo.

Pero si los recorridos son excesivamente largos (superiores a 12-15 metros) se puede utilizar, excepcionalmente, el conexionado en paralelo con el sistema de apoyo. En esta configuración hay que seleccionar un punto de conexión adecuado, con diámetro de cañería suficiente y que permita minimizar recorridos, como en el ejemplo de la figura siguiente:



Cuando el sistema de apoyo se conecte en paralelo, además de que la conmutación de sistemas debe ser muy simple, se recomienda instalar un termómetro indicador de la temperatura del acumulador solar fácilmente visible y accesible por el usuario o un termostato para realizar la conmutación automática.

En cualquiera de los casos, siempre hay que realizar el acoplamiento del SST al equipo auxiliar de la forma más sencilla e inmediata posible y no tiene ningún sentido implementar soluciones muy complicadas ya que el usuario sólo requiere ACS. Hay algunos fabricantes que tienen bien resuelto este conexionado con sistemas expresamente diseñados para este uso que suelen ser de fácil montaje y manipulación.

4.5 Otros factores para la conexión del SST

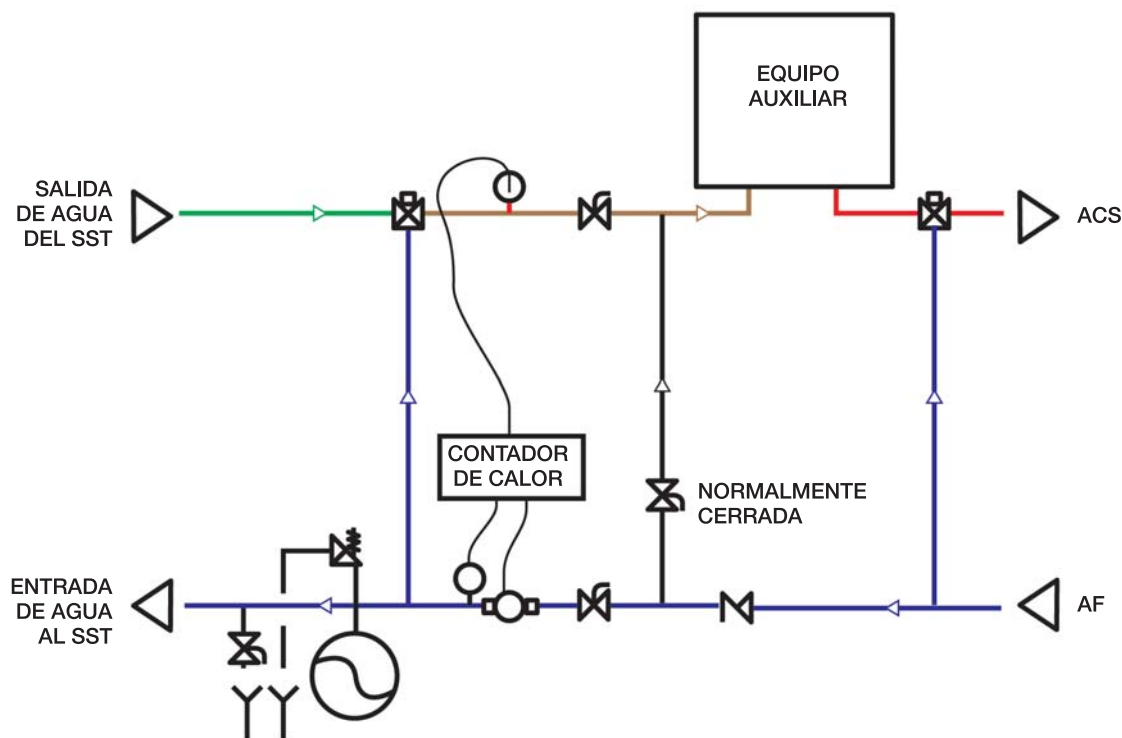
En la **cañería de alimentación** de agua al SST, cuyo diámetro debe ser adecuado para el caudal máximo de consumo, es necesario confirmar que la presión y el caudal disponibles son suficientes para el servicio que se quiere dar.

La **cañería de salida de ACS del SST** debe ser de cobre o acero inoxidable debido a que las temperaturas pueden ser superiores a 90-95°C, después de la válvula mezcladora termostática se pueden utilizar cañerías de materiales plásticos adecuadas a las temperaturas y presiones de servicio (PB, PVC-C, PE-X, PP, PE-RT). Todas las cañerías por las que circule agua caliente deben estar térmicamente aisladas y es muy importante la protección mecánica del aislamiento térmico frente a las condiciones exteriores.

Los diámetros de cañerías de conexión del SST deben ser los ajustados a cada caso ya que:

- Si están sobredimensionados producen, en primer lugar, un mayor consumo de agua y energía en su utilización y, en segundo lugar, mayores pérdidas térmicas al aumentar la superficie exterior de la cañería.
- Si están infra dimensionados pueden reducir significativamente el caudal disponible o aumentar la pérdida de carga y esto producirá diferencia de presiones entre los circuitos de agua fría y caliente en el punto de consumo.

La dilatación del agua en los acumuladores de los circuitos de consumo puede producir un aumento de presión que debe ser evitado usando **estanques de expansión** junto a la válvula de seguridad correspondiente. En algunos casos se utilizan válvulas combinadas de presión y temperatura pero no son recomendables sobre todo si pueden funcionar a menudo y si la calidad del agua puede favorecer su deterioro u obstrucción.



Esquema de conexión del circuito de consumo de un SST

Si se quiere controlar el consumo de agua caliente o la energía solar aportada por el SST es necesario instalar, respectivamente, **un caudalímetro o un contador de energía térmica**; en ambos casos se recomienda instalar el medidor de caudal en la acometida de agua fría y contabilizar la energía midiendo la temperatura caliente después de la válvula mezcladora ya que esa situación proporciona mayor estabilidad en las temperaturas.

En las viviendas existentes que dispongan de **sistema de recirculación de ACS** es importante analizar la importancia de las longitudes del circuito de consumo, analizar los consumos de agua y las pérdidas térmicas asociadas y ver las posibles soluciones para anular o reducir su funcionamiento.

En relación con el **equipo de energía auxiliar y su conexión**, interesa informar y asesorar al usuario de las diversas opciones que pueda disponer: sistema modulante y específico para energía solar, bypass para mantención, termómetros digitales fácilmente accesibles para conocer la temperatura del acumulador solar, contadores de horas para control de funcionamiento de bomba o de sistema auxiliar y otros.

Deben definirse **los desagües** y la red de saneamiento que se utilizará para la evacuación de fluido o agua que pueda salir del circuito: válvulas de vaciado, escapes conducidos, purgas, etc. Incluso prever las posibles fugas en los circuitos del interior del edificio.

Por último, resaltar la importancia de controlar los **factores relativos a la seguridad** tanto del TS como del usuario como de terceros. Para ello hay que recordar:

- Los requisitos de seguridad laboral durante el montaje
- Seguridad estructural de todo el SST
- Protección frente a elevadas temperaturas del equipo evitando cualquier tipo de contacto con el mismo y la accesibilidad de personas no técnicas
- Protección frente a elevadas temperaturas de fluido, utilizando tanto las válvulas mezcladoras en circuitos como los escapes conducidos de todas las válvulas que puedan expulsar fluido al exterior

4.6 Definición de la integración del SST

Una vez analizada toda la información disponible, realizada la propuesta al usuario y aceptada por éste, todas las características del SST y los criterios establecidos para su adaptación e integración a la vivienda deben quedar documentados en la Memoria Descriptiva (MD) del SST que recoge toda la información de los Manuales del Instalador y del Usuario junto con las condiciones de integración aceptadas por el usuario.

Si se trata de un sistema a medida, deberá adicionalmente realizarse la Memoria Técnica (MT) cuyos contenidos pueden resolverse siguiendo los capítulos 5 y 6 siguientes. La MT recoge la información de diseño interno del sistema que debe integrarse en la MD para dar un resultado equivalente al que se ha referido para los sistemas prefabricados.

Toda la información recogida en la visita e inspección a la vivienda puede resumirse con el formato que se incluye a continuación y debe documentarse con las fotografías, dibujos y esquemas que reflejen la situación de partida así como las posibles soluciones.

F03 DATOS DE VISITA Y CONDICIONANTES DE IMPLEMENTACIÓN									
1 LOCALIZACIÓN Y EQUIPO SOLAR TÉRMICO									
Localidad					Departamento				
Loc./Comuna									
Criterio consumo	☐	Dormitorios	☐	Ocupantes	☐	Aseos	☐		
Consumo total diario nominal					litros/día				
Equipo solar térmico analizado									
2 EMPLAZAMIENTO									
Ubic. colector	☐	En cubierta	☐	En tejado	☐	En terraza	☐	En terreno	☐
Preferencia	☐	Soleamiento	☐	Cerca apoyo	☐	Cerca consu	☐	Accesible	☐
Criterio	☐	Máximas prestaciones			☐	Mejor integración			
Orientación:				Alineado con					
Inclinación:				Integrado con					
Ubic. acumulador	☐	En cubierta	☐	En interior	☐	En terraza	☐	En terreno	☐
3 SOMBRAS									
Gen. Cercanas	☐	Sin	☐	Frontales	☐	Laterales			
Gen. Lejanas	☐	Sin	☐	Frontales	☐	Laterales			
Obstáculos p.	☐	Sin	☐	Chimeneas	☐	Shunts			
4 SUPERFICIE Y ESTRUCTURA PARA APOYO DEL EQUIPO SOLAR									
Tipo superficie	☐	Solera	☐	Forjado	☐	Chapa	☐	Cub. ligera	☐
Inclinación	☐	Horizontal	☐	Poco incli.	☐	Normal incl.	☐	Muy incli.	☐
Construcción	☐	Dos aguas	☐	Contrapend.	☐				
Material apoyo	☐	Tierra/grava	☐	Solera	☐	Teja			
Solución apoyos	☐	Directo	☐	B. metálica	☐	B. de obra			
Sujeción	☐	Sólo apoyo	☐	Soldadura	☐	Spit-rock	☐	De obra	☐
5 CIRCUITO HIDRÁULICO EXISTENTE									
Abastecim. agua	☐	Red	☐	Pozo	☐	Estanque			
Presión de agua	☐	De red	☐	Alta	☐	Media	☐	Baja	☐
Cañería caliente	☐	Cobre	☐	Galvanizado	☐	Plástico			
Diámetro tubería	☐	15 mm.	☐	18 mm.	☐	22 mm.			
Distancia SST-Saux	☐			m	Distancia auxiliar-consumo			☐	m
Recirculación:	☐	Si	☐	No	☐	Temporizada	☐	Termostato	☐
6 SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR									
Diseño:	☐	Existente	☐	Nuevo	☐	Sin aux	☐	No previsto	☐
Forma aporte	☐	Instantáneo	☐	Acumulac.	☐	Incorporado			
Tipo sistema	☐	Calefón	☐	Inst. eléc.	☐	Termo eléc.	Acu+caldera ☐		
Energía	☐	Eléctrica	☐	Gas natural	☐	GLP	Leña ☐		
Marca					Modelo				
Ref. autorización					Informe ensayo				
Potencia					Acumulación				
T. ent. que soporta				Rango de regulación de temperatura de salida					
Conexión prevista	☐	En serie	☐	En paralelo	☐	Con bypass			
Válvulas	☐	MT en SST	☐	MT en Saux	☐	Diversora	☐	Retención	☐

Esquema y condiciones de funcionamiento

the 1990s, the number of people in the UK who are aged 65 and over has increased by 1.5 million (1990–2000) and is projected to increase by a further 1.5 million by 2020 (Office for National Statistics 2001). The number of people aged 65 and over is projected to increase by 2.5 million by 2020 in the USA (U.S. Census Bureau 2000).

There is a growing awareness of the need to develop strategies to meet the needs of the ageing population. The World Health Organization (WHO) has developed a 'Global Strategy on Ageing and Health' (WHO 1999) which aims to 'enable older people to live longer, healthier, and more active lives'. The WHO strategy is based on the following principles: (1) older people should be able to live longer, healthier, and more active lives; (2) older people should be able to live in their own homes; (3) older people should be able to participate in social and community life; (4) older people should be able to live in a safe and secure environment; (5) older people should be able to live in a supportive environment.

The WHO strategy is based on the following principles: (1) older people should be able to live longer, healthier, and more active lives; (2) older people should be able to live in their own homes; (3) older people should be able to participate in social and community life; (4) older people should be able to live in a safe and secure environment; (5) older people should be able to live in a supportive environment. The WHO strategy is based on the following principles: (1) older people should be able to live longer, healthier, and more active lives; (2) older people should be able to live in their own homes; (3) older people should be able to participate in social and community life; (4) older people should be able to live in a safe and secure environment; (5) older people should be able to live in a supportive environment.

The WHO strategy is based on the following principles: (1) older people should be able to live longer, healthier, and more active lives; (2) older people should be able to live in their own homes; (3) older people should be able to participate in social and community life; (4) older people should be able to live in a safe and secure environment; (5) older people should be able to live in a supportive environment. The WHO strategy is based on the following principles: (1) older people should be able to live longer, healthier, and more active lives; (2) older people should be able to live in their own homes; (3) older people should be able to participate in social and community life; (4) older people should be able to live in a safe and secure environment; (5) older people should be able to live in a supportive environment.

The WHO strategy is based on the following principles: (1) older people should be able to live longer, healthier, and more active lives; (2) older people should be able to live in their own homes; (3) older people should be able to participate in social and community life; (4) older people should be able to live in a safe and secure environment; (5) older people should be able to live in a supportive environment. The WHO strategy is based on the following principles: (1) older people should be able to live longer, healthier, and more active lives; (2) older people should be able to live in their own homes; (3) older people should be able to participate in social and community life; (4) older people should be able to live in a safe and secure environment; (5) older people should be able to live in a supportive environment.

The WHO strategy is based on the following principles: (1) older people should be able to live longer, healthier, and more active lives; (2) older people should be able to live in their own homes; (3) older people should be able to participate in social and community life; (4) older people should be able to live in a safe and secure environment; (5) older people should be able to live in a supportive environment. The WHO strategy is based on the following principles: (1) older people should be able to live longer, healthier, and more active lives; (2) older people should be able to live in their own homes; (3) older people should be able to participate in social and community life; (4) older people should be able to live in a safe and secure environment; (5) older people should be able to live in a supportive environment.

The WHO strategy is based on the following principles: (1) older people should be able to live longer, healthier, and more active lives; (2) older people should be able to live in their own homes; (3) older people should be able to participate in social and community life; (4) older people should be able to live in a safe and secure environment; (5) older people should be able to live in a supportive environment. The WHO strategy is based on the following principles: (1) older people should be able to live longer, healthier, and more active lives; (2) older people should be able to live in their own homes; (3) older people should be able to participate in social and community life; (4) older people should be able to live in a safe and secure environment; (5) older people should be able to live in a supportive environment.

The WHO strategy is based on the following principles: (1) older people should be able to live longer, healthier, and more active lives; (2) older people should be able to live in their own homes; (3) older people should be able to participate in social and community life; (4) older people should be able to live in a safe and secure environment; (5) older people should be able to live in a supportive environment. The WHO strategy is based on the following principles: (1) older people should be able to live longer, healthier, and more active lives; (2) older people should be able to live in their own homes; (3) older people should be able to participate in social and community life; (4) older people should be able to live in a safe and secure environment; (5) older people should be able to live in a supportive environment.

5 ESQUEMA Y CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

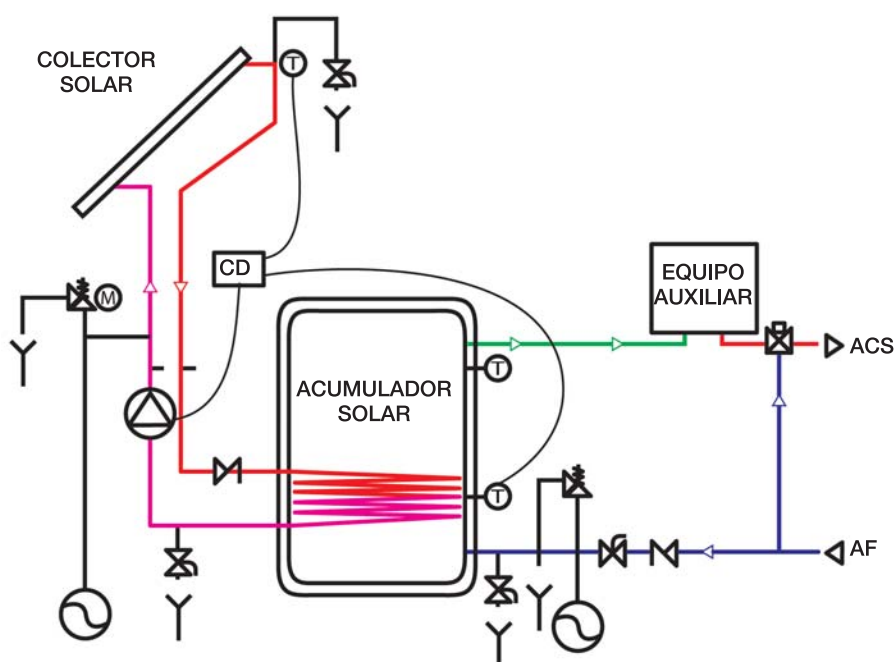
5.1 Esquema de funcionamiento

Además de los colectores y el acumulador, se debe cerrar y completar el circuito primario con las cañerías para impulsión y retorno (ver esquema abajo) y con, al menos, lo siguiente:

- Un sistema de protección con válvula de seguridad y estanque de expansión
- Una bomba de circulación
- Una válvula de retención
- Un sistema de llenado y vaciado
- Un sistema de purga manual
- Un manómetro y un termómetro o una sonda de temperatura para el acumulador
- Un control diferencial con 2 ó 3 sondas de temperatura.

En el circuito de consumo, los componentes mínimos imprescindibles son:

- Una válvula de retención y válvula de corte en la entrada de agua fría
- Un sistema de protección con válvula de seguridad y estanque de expansión
- Circuito de consumo para suministro del ACS mediante el equipo de energía auxiliar (supuesto que éste soporta la temperatura solar) y una válvula mezcladora termostática
- Un sistema de vaciado del acumulador



- ⊗ BOMBA CIRCULADORA
- ⊙ VASO DE EXPANSIÓN
- ⊖ CAUDALÍMETRO
- ⊗ VÁLVULA DE CORTE
- ⊗ VÁLVULA DE SEGURIDAD
- ⊗ VÁLVULA DE ANTIRRETORNO

- ⊗ VÁLVULA MEZCLADORA TERMOSTÁTICA
- T TERMÓMETRO / SONDA DE TEMPERATURA
- M MANÓMETRO / SONDA DE PRESIÓN
- Y PUNTO DE DRENAJE
- CD CONTROL DIFERENCIAL

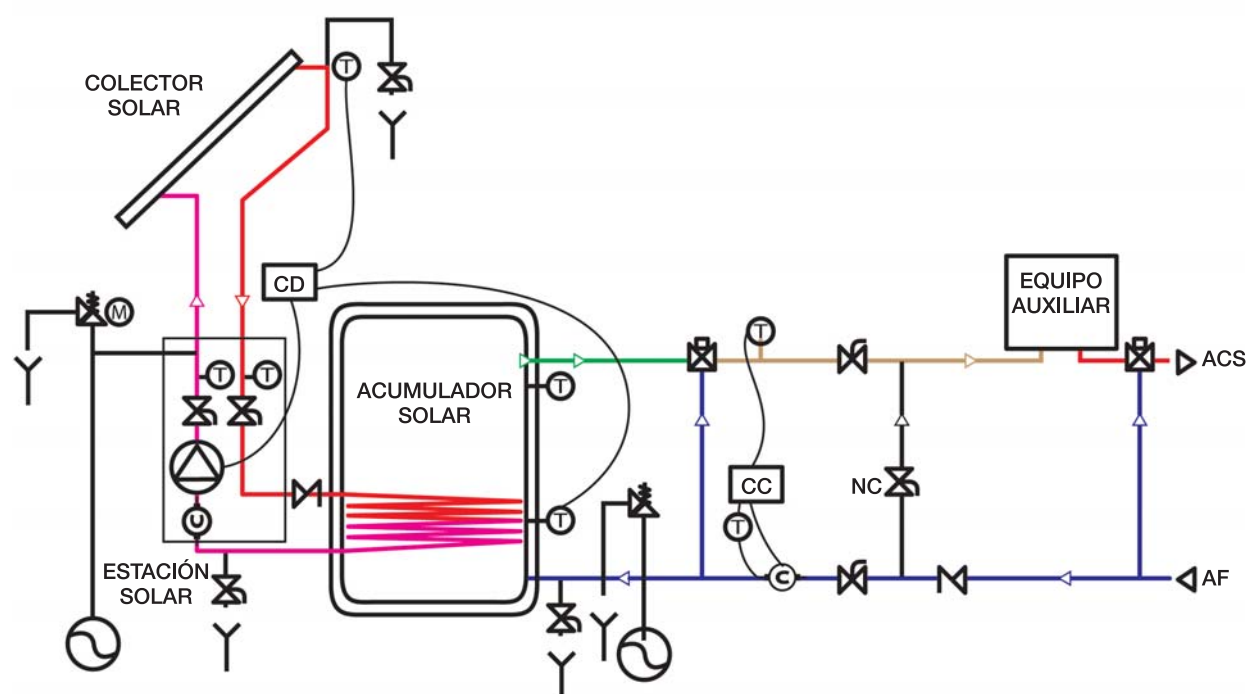
En algunos casos, se puede completar el esquema de principio con otros componentes que pueden facilitar los ajustes, el uso, la vigilancia o la mantención. Por ejemplo, en el circuito primario de la figura abajo, se dispone:

- Un caudalímetro o rotámetro para regular el caudal
- Dos válvulas de corte que independiza el circuito de colectores
- Dos termómetros para controlar las temperaturas de entrada y salida de colectores

A veces, todos estos componentes se integran en un conjunto premontado y térmicamente aislado, que se denomina Estación o Kit Solar, que facilita la instalación de todos los componentes.

En el circuito se consume, como ya se ha indicado, se puede prever:

- Una válvula mezcladora (o podría ser válvula diversora) previa al sistema auxiliar si éste no soporta la temperatura de salida del SST.
- Un bypass de conexión del SST que permite aislarlo hidráulicamente y mantener en funcionamiento la producción de ACS con el sistema auxiliar
- Un contador de calorías que mide la energía térmica entregada por el SST.



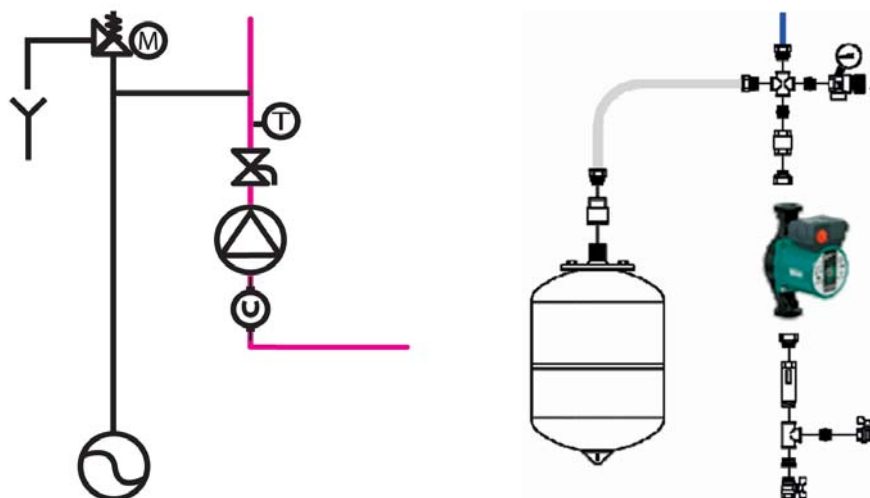
- ▷— BOMBA CIRCULADORA
- VASO DE EXPANSIÓN
- C— CAUDALÍMETRO
- X— VÁLVULA DE CORTE
- S— VÁLVULA DE SEGURIDAD
- A— VÁLVULA DE ANTIRRETORNO

- M— VÁLVULA MEZCLADORA TERMOSTÁTICA
- T TERMÓMETRO / SONDA DE TEMPERATURA
- M MANÓMETRO / SONDA DE PRESIÓN
- Y PUNTO DE DRENAJE
- CD CONTROL DIFERENCIAL
- CC CONTADOR DE CALORÍAS

De esta forma y antes de diseñar totalmente el SST se habrá completado la configuración básica con todos los componentes necesarios para asegurar que la instalación funcione perfectamente en cualquier condición. Se ha considerado el caso de un sistema forzado indirecto que es el más recomendable para este tipo de instalaciones

Naturalmente, existen otras posibilidades tanto de esquemas básicos como de esquemas de funcionamiento pero se quiere destacar, sobre todo, la necesidad de simplificar al máximo para no complicar una instalación que sólo pretende producir ACS. En cualquier caso, se recomienda utilizar esquemas que hayan sido experimentados y de los que se conozca, además de su comportamiento y prestaciones, toda la casuística relativa a las distintas condiciones de funcionamiento y sus efectos inducidos. La elección de una buena configuración es un primer paso, aunque no suficiente, para asegurar el correcto funcionamiento de la instalación. Sin experiencia previa, no se recomienda utilizar otros esquemas de funcionamiento distinto al señalado.

El esquema de funcionamiento permite generar la lista básica de materiales a la que habrá que añadir, para completar su definición, los requisitos exigidos a cada componente en función de las condiciones de diseño del circuito. Todo ello permitirá realizar el presupuesto y el esquema detallado del instalador. Es necesario resaltar la diferencia entre el proyecto del profesional experto y el del técnico solar instalador ya que éste es, fundamentalmente, complementario y con mayor nivel de definición y de detalle.



Parte del circuito primario en un esquema de proyecto, a la izquierda, y en un esquema de instalador, a la derecha, con todos los accesorios y detalles necesarios

5.2 Condiciones de funcionamiento

Analizar y definir las condiciones de trabajo de los distintos circuitos de una instalación solar térmica es un requisito imprescindible para asegurar un correcto diseño y debe prestársele la máxima atención. Se analizan en este apartado, para cada circuito, los criterios para definir las presiones y las temperaturas de trabajo así como las máximas y las mínimas alcanzables.

5.2.1 Presiones de trabajo

En todos y cada uno de los circuitos siempre habrá que tener en consideración las diferencias de presión que se producen por el peso de la columna del fluido de trabajo debido a la diferencia de alturas. Para el agua se puede considerar una presión de 1 bar por cada 10 metros de altura.

A continuación se establecen los criterios y el procedimiento para definir las presiones manométricas, es decir, las presiones relativas que toman como referencia la presión atmosférica en todos los circuitos de la instalación solar.

• Presión máxima

El circuito primario se diseña de forma que la presión máxima que pueda alcanzar el fluido en su interior no deteriore ni afecte a ninguno de los componentes y para ello se seguirá el siguiente proceso:

1. Empezar por conocer la presión nominal de cada componente
2. Definir la presión nominal de cada uno de los circuitos
3. Establecer la presión de tarado de la válvula de seguridad
4. La presión máxima de trabajo de cada circuito es inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad con un margen de seguridad del 10% o, como mínimo, de 0,5 bar.

Para el circuito de consumo, normalmente se parte de la presión máxima de la acometida de agua fría, la del grupo de presión que alimenta la red interior del edificio o la altura del estanque y se seleccionan materiales que soporten dicha presión con los mismos márgenes anteriormente establecidos.

• Presión mínima

En el circuito primario, para evitar que entre aire en los circuitos, la presión mínima en la parte más alta del circuito será del orden de 1,0 bar por encima de la presión atmosférica.

En el circuito de consumo, la presión mínima de trabajo de la red de abastecimiento puede ser cero o incluso negativa para sistemas ubicados en cubierta.

Las presiones máximas y mínimas de cada circuito se utilizan para el dimensionado del sistema de expansión que se encarga de absorber las dilataciones sin que se alcance la presión de tarado de la válvula de seguridad.

5.2.2 Temperaturas de trabajo

Las temperaturas más significativas para el diseño de una instalación son los valores máximos y mínimos que se pueden alcanzar y definen las condiciones que deben soportar cada uno de los componentes de ambos circuitos.

• Temperaturas máximas

Se definen hasta tres temperaturas máximas de trabajo del circuito primario que estarán asociadas a tres partes del circuito:

- La temperatura de estancamiento del colector en la batería de colectores.
- La temperatura de saturación del fluido a la presión máxima, normalmente se considera 140°C para presión máxima de unos 5 bar, en los tramos desde colectores a conexión del sistema de expansión y desde la salida hasta la entrada al intercambiador.
- La temperatura máxima en el resto de tramos del circuito primario será de 110°C.

La temperatura máxima del circuito de consumo vendrá impuesta por la temperatura del limitador del sistema de control (normalmente es del orden de 90°C) o, sin limitador y en función de las presiones, se pueden alcanzar los 110 °C.

• Temperaturas mínimas

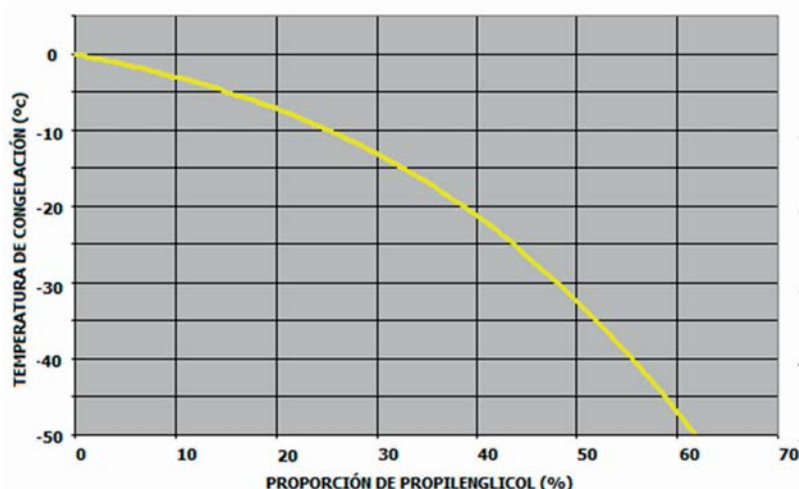
Las temperaturas mínimas de cada uno de los circuitos se definirán a partir de las temperaturas ambientes mínimas exteriores (histórica de un mínimo de 20 años) y de las temperaturas mínimas de suministro de agua fría.

5.3 Fluido de trabajo

El agua de la red, de uso sanitario o de consumo siempre va a ser uno de los fluidos de trabajo y puede encontrarse de diferentes calidades y durezas con grandes diferencias dependiendo de la zona geográfica y del suministrador. Se tendrá en cuenta la dureza y el contenido en sales del agua para planificar la mantención de intercambiadores y para su utilización en el circuito primario cuando se pueda utilizar en zonas sin riesgo de heladas.

En el circuito primario se puede utilizar una mezcla de agua con anticongelante que permite proteger del riesgo de heladas al circuito. Los productos comerciales, a veces, incorporan aditivos para proteger interiormente el circuito frente a la corrosión, sobre todo cuando se utilizan distintos materiales.

Como anticongelante no se puede utilizar el etilenglicol porque es tóxico y cualquier falla en el sistema de intercambio produciría la contaminación del agua potable.



Únicamente se emplean los que utilizan el propilenglicol.

La proporción de anticongelante en la mezcla se seleccionará de forma que, con un margen de seguridad de 5°C, garantice que se protege el circuito primario para las temperaturas mínimas; por ejemplo, en una localidad con temperatura mínima histórica de -10°C utilizar una proporción de mezcla para -15°C. En cualquier caso, no se debe superar el 40% en la proporción de anticongelante ya que afecta al rendimiento de la instalación.

5.4 Dispositivos de seguridad y protección

En este apartado se hace referencia a los dispositivos que deben utilizarse para proteger, a la instalación o a los usuarios, de las condiciones extremas de presión y temperatura que pueden encontrarse.

5.4.1 Protección frente a altas temperaturas

Para evitar quemaduras de los usuarios hay que tener en cuenta que:

- La temperatura de agua en el punto de consumo nunca podrá superar los 60°C.
- Cuidar la instalación de todos los elementos que puedan evacuar fluido al exterior (válvulas de seguridad, de vaciado y sistemas de purga).
- Las superficies externas del colector y otras partes del circuito, pueden alcanzar temperaturas superiores a 60 °C por lo que se debe evitar el contacto accidental.

La protección de los componentes y materiales del SST frente a altas temperaturas será de seguridad intrínseca, es decir, la misma estará diseñada para que después de alcanzar la temperatura máxima por cualquier situación, la instalación pueda volver a su forma normal de funcionamiento sin que el usuario tenga que hacer ninguna actuación. A veces se utilizan sistemas de evacuación de calor, como la recirculación nocturna, el uso de disipadores de calor u otros que efectivamente disminuyen las elevadas temperaturas que se puedan alcanzar pero no son sistemas de protección de la instalación.

Como sistemas de seguridad intrínseca se pueden utilizar los siguientes:

1. Diseño de la expansión para absorber la formación de vapor. Si se permite la formación de vapor en el circuito primario se debe tener prevista la expansión del mismo de forma que el aumento de volumen producido sea completamente absorbido por el sistema de expansión.
2. Diseño del primario con presiones superiores a la de vapor. Si no se permite la formación de vapor, se debe diseñar el circuito primario con una presión de trabajo siempre superior a la presión de vapor del fluido a la temperatura de trabajo.
3. Sistemas de drenaje automático. En SST de pequeño tamaño se pueden utilizar los sistemas de drenaje automático en los que, en las condiciones extremas de funcionamiento, los colectores permanecen totalmente vacíos del fluido de trabajo y no se forma vapor. También es un sistema de protección contra heladas. Estos sistemas tienen varios factores singulares y su diseño queda fuera del alcance de este manual por lo que, cuando se quiera utilizar esta configuración, se recomienda utilizar sistemas prefabricados.

5.4.2 Protección contra heladas

En las zonas con riesgo de heladas, en el circuito primario con trazado de cañerías que discurran por el exterior se deberá utilizar un sistema de protección adecuado: circuito indirecto con mezcla anticongelante o vaciado automático de circuitos como ya se indicó anteriormente para la protección a altas temperaturas.

En las zonas con riesgo de heladas bajo a veces se utiliza, sustituyendo a los anteriores, un sistema de protección antiheladas mediante recirculación del fluido pero hay que saber que este sistema tiene riesgos si puede faltar la alimentación eléctrica.

5.4.3 Protección frente a las máximas presiones

El sistema de protección frente a las altas presiones está constituido por el sistema de expansión y, sólo en caso de falla de éste, funcionarán las válvulas de seguridad que actúan expulsando fluido al exterior.

Se debe utilizar un sistema de expansión independiente y cerrado en cada uno de los circuitos de la instalación. El ramal de conexión del sistema de expansión del circuito primario se conectará en la parte del circuito, indicada en los esquemas, que facilita la expansión del fluido de colectores y puede estar constituido por un tramo de cañería sin aislamiento (a veces se utiliza cañería aleteada o se intercala un depósito tampón no aislado) de forma que la capacidad total de fluido desde los colectores hasta el estanque de expansión sea superior el volumen de vapor.

El volumen del depósito de expansión deberá ser la suma de:

- Volumen de expansión debido a la dilatación térmica del líquido.
- Volumen debido a la formación de vapor que puede crearse en los colectores y en las cañerías durante el estancamiento del sistema.
- Volumen de reserva para asegurar que el depósito no se vacía de fluido cuando las temperaturas son más bajas que aquellas a las que se hizo el llenado.

El volumen útil del depósito de expansión (V_u) se calcula de la siguiente manera:

$$V_u = (V_e + V_v + V_r) * C_p$$

$$V_e = V_t * C_e$$

$$C_p = (P_M + 1) / (P_M - P_m)$$

$$V_v = V_{col} + V_{tub}$$

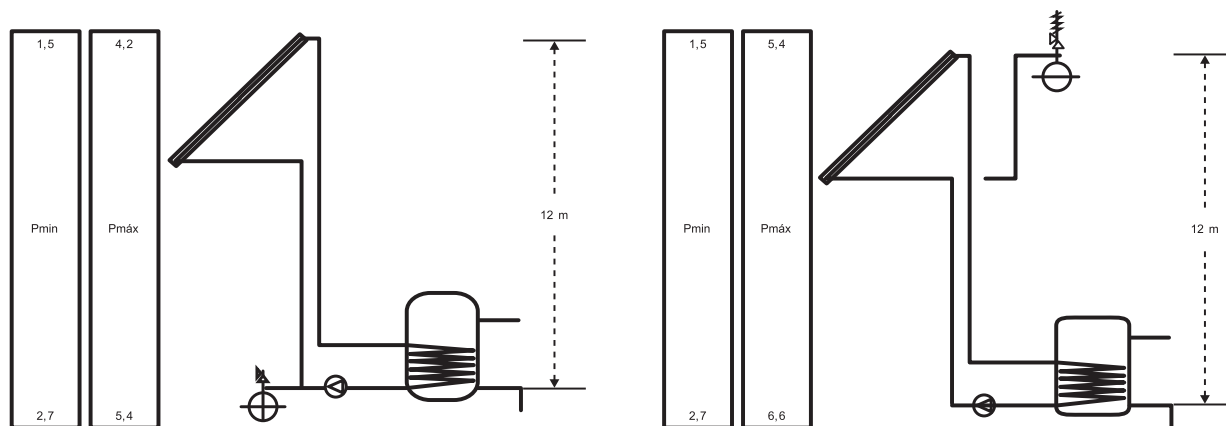
$$P_M = 0,9 * P_{vs} \leq P_{vs} - 0,5$$

$$V_r = 0,03 * V_t$$

Donde:

- V_e : volumen de expansión
- V_v : volumen debido a la formación de vapor
- V_r : volumen de reserva. Se considerará el 3% del volumen del circuito con un mínimo de 3 litros
- V_t : contenido total del líquido en el circuito
- C : coeficiente de expansión. Se recomienda adoptar 0,043 para el agua y 0,085 para las mezclas agua-glicol
- V_{col} : volumen total contenido en los colectores del circuito
- V_{tub} : volumen total contenido en las cañerías del circuito primario que están por encima de la parte inferior de los colectores
- C_p : coeficiente de presión
- P_M : presión máxima
- P_m : presión mínima
- P_{vs} : presión de tarado de la válvula de seguridad

Debe ajustarse la presión inicial del gas (P_i) del depósito de expansión en función de la presión mínima del mismo: $P_i = P_m - 0,3$



Ejemplo de distribución de presiones mínima y máxima en dos circuitos primarios para calcular el sistema de expansión en distinta posición.

Diseño del SST

the 1990s, the number of people in the UK who are employed in the public sector has increased by 1.5 million (from 2.5 million in 1980 to 4 million in 1995). The public sector has also become an important employer of women, with 4.5 million women employed in the public sector in 1995, compared with 3.5 million in 1980.

There are a number of reasons why the public sector has become an important employer of women. One reason is that the public sector has a high proportion of women in its workforce. In 1995, 85% of the public sector workforce were women, compared with 75% in 1980.

Another reason is that the public sector has a high proportion of women in its senior management. In 1995, 35% of the public sector senior management were women, compared with 25% in 1980.

A third reason is that the public sector has a high proportion of women in its part-time workforce. In 1995, 45% of the public sector workforce were part-time, compared with 35% in 1980.

There are a number of reasons why the public sector has become an important employer of women. One reason is that the public sector has a high proportion of women in its workforce. In 1995, 85% of the public sector workforce were women, compared with 75% in 1980.

Another reason is that the public sector has a high proportion of women in its senior management. In 1995, 35% of the public sector senior management were women, compared with 25% in 1980.

A third reason is that the public sector has a high proportion of women in its part-time workforce. In 1995, 45% of the public sector workforce were part-time, compared with 35% in 1980.

There are a number of reasons why the public sector has become an important employer of women. One reason is that the public sector has a high proportion of women in its workforce. In 1995, 85% of the public sector workforce were women, compared with 75% in 1980.

Another reason is that the public sector has a high proportion of women in its senior management. In 1995, 35% of the public sector senior management were women, compared with 25% in 1980.

A third reason is that the public sector has a high proportion of women in its part-time workforce. In 1995, 45% of the public sector workforce were part-time, compared with 35% in 1980.

There are a number of reasons why the public sector has become an important employer of women. One reason is that the public sector has a high proportion of women in its workforce. In 1995, 85% of the public sector workforce were women, compared with 75% in 1980.

Another reason is that the public sector has a high proportion of women in its senior management. In 1995, 35% of the public sector senior management were women, compared with 25% in 1980.

A third reason is that the public sector has a high proportion of women in its part-time workforce. In 1995, 45% of the public sector workforce were part-time, compared with 35% in 1980.

6 DISEÑO DEL SST

En este capítulo se analiza el diseño del SST desde el punto de vista hidráulico y térmico, para que el resultado final sea una solución optimizada; todo lo relacionado con los posibles emplazamientos donde se pueda ubicar, las sombras, la estructura y la seguridad global se analizan en el capítulo 4.

Para el diseño del SST se parte del parámetro básico del dimensionado de la instalación que es el número y las características de los colectores solares y, a partir de ese dato se determina el volumen de acumulación y se selecciona una configuración determinada de acuerdo a lo descrito en el capítulo 5.

Queda por seleccionar el resto de componentes y realizar el diseño del SST en la forma que se indica en el presente capítulo. Aunque algunos criterios de selección de componentes ya se deben haber aplicado en el proceso normal de diseño del SST, se incorporan todos en este capítulo para que queden asociados al diseño del sistema correspondiente.

6.1 Sistema de captación

6.1.1 Selección del colector solar

Los factores a considerar para la selección del colector solar son:

1. La disponibilidad de un certificado del colector
2. Los resultados del ensayo: fundamentalmente los parámetros de rendimiento del colector y la pérdida de carga
3. Los materiales que lo componen: espesor y calidad del vidrio, materiales del absorbedor y su circuito hidráulico, formas de conexionado exterior, tipo de aislación y materiales de la carcasa
4. La facilidad para constituir baterías de colectores y los tipos de accesorios de conexión y de sujeción, así como los procedimientos de trabajo a utilizar
5. La capacidad de adaptación a la estructura soporte, al edificio y a las condiciones de generales de la instalación
6. Los requisitos del fluido de trabajo que se pueda utilizar
7. La disponibilidad de un manual de instrucciones claro
8. Las condiciones de mantención previstas en el manual
9. Las formas de embalaje, transporte y almacenaje previstos
10. Las condiciones y los plazos de la garantía, así como la seguridad de servicio técnico a largo plazo, ofrecidas por el fabricante y el distribuidor
11. Las referencias de instalaciones en los que se ha utilizado y los años de experiencia constatable
12. El costo de adquisición del colector y de los accesorios necesarios para su montaje y acoplamiento
13. Los costos de transporte y montaje incluso las diferencias de costos de la instalación asociada a cada caso
14. Las prestaciones energéticas de la instalación estudiando los resultados de los programas de cálculo con distintos colectores solares y realizando un análisis comparativo de los mismos

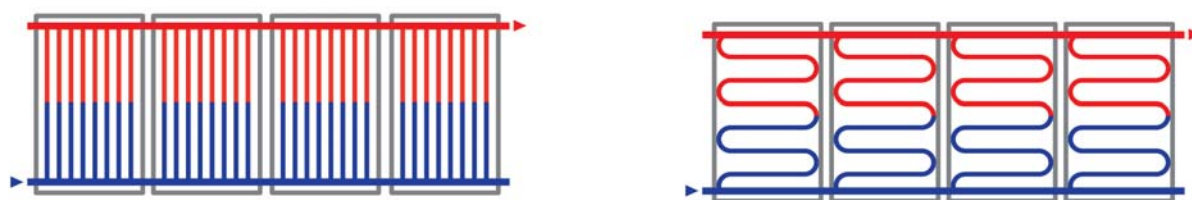
6.1.2 Diseño de la batería de colectores

Los colectores de una batería podrán estar conectados entre sí en paralelo o en serie:

Conexión de colectores en paralelo

La característica principal de la conexión en paralelo de los colectores es que el caudal total de la batería se reparte entre los distintos colectores y lo más importante es que el reparto de flujo sea idéntico para que todos los colectores trabajen con el mismo caudal y la temperatura de salida será la misma. Aunque la conexión de colectores en paralelo se puede realizar con un trazado de cañerías exterior, normalmente éstos disponen de distribuidores con 4 conexiones exteriores que se utilizan como cañerías de reparto del flujo por todos los absorbedores.

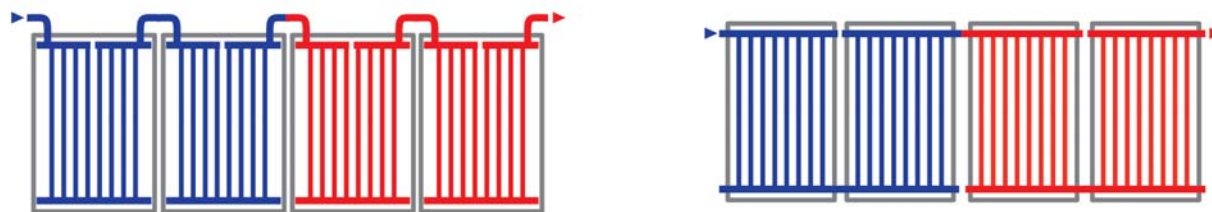
El fabricante del colector debe definir el número de colectores que pueden componer una batería y debe establecer los límites correspondientes a los caudales que se pueden utilizar y definir las pérdidas de carga que se producen.



Conexión de colectores de una batería en paralelo interno

Conexión de colectores en serie

La característica principal de la conexión en serie de los colectores en una batería, es que el fluido recorre todos los colectores conectados de la serie, de forma que el flujo total es el que recorre cada colector. Sin embargo a medida que aumenta el número de colectores en serie, el fluido recorre más distancia y cada vez son mayores las pérdidas de carga. Un factor importante a considerar es que el rendimiento de los colectores de la serie va disminuyendo ya que cada vez el fluido de trabajo entra a mayor temperatura.



Conexión de colectores de una batería en paralelo interno

6.1.3 Conexionado hidráulico de la batería de colectores

En un SST de pequeño tamaño, con una única batería de colectores, no tiene mucho sentido sectorizar la instalación y, al no haber circuitos en paralelo no hay problemas con que alguna parte deje de funcionar. Para asegurar el buen funcionamiento sólo se requiere la correcta actuación de la bomba circuladora y una buena distribución de flujo en el interior de la batería.

Este criterio simplifica mucho la instalación y, salvo en ocasiones muy especiales, no tiene mucho sentido que la batería dispongas de dos válvulas de corte, situadas a la entrada y salida, para interrumpir su conexión al circuito ya que eso obligaría a disponer otra válvula de seguridad necesaria para proteger la batería cuando queda aislado del sistema de protección general.

En función del trazado de los circuitos, como el contenido de fluido no es muy grande, también se puede evitar válvulas de vaciado parcial y es suficiente con una única válvula de vaciado total.

Como en cualquier SST y en relación con el trazado de cañerías, para minimizar las pérdidas térmicas asociadas a la circulación del fluido en el circuito primario, el criterio fundamental es reducir la longitud del trazado de cañerías. También se deben considerar el ajuste de los caudales de circulación que permite reducir las secciones de cañerías y la priorización del trazado corto del tramo caliente.

Es importante cuidar el trazado de largos tendidos horizontales con el objetivo de facilitar la purga de aire del sistema.

6.2 Sistema de acumulación

6.2.1 Selección del acumulador solar

Aunque los acumuladores utilizados en las instalaciones solares térmicas son de características constructivas similares a los empleados para producción de ACS en sistemas convencionales, se deben evaluar los criterios específicos que definen su correcto funcionamiento y su durabilidad para decidir su selección. Entre ellos se encuentran:

1. La disponibilidad de un certificado del acumulador
2. El cumplimiento de los requisitos exigidos para mantener la potabilidad y calidad del agua caliente sanitaria
3. La capacidad de trabajar adecuadamente dentro de los márgenes de presión y temperatura previstos
4. Las dimensiones en relación con los espacios disponibles para su ubicación definitiva y para su traslado durante la instalación
5. Los materiales constructivos y protecciones interiores así como la compatibilidad con el resto de materiales de la instalación
6. El tipo de intercambiador de calor interno, los materiales de los que esté construido y la superficie útil de intercambio
7. El aislamiento térmico definido por el tipo, material y espesor (y/o evaluando pérdidas térmicas) y sus protecciones exteriores en relación con el procedimiento de traslado y el lugar de ubicación
8. El sistema de protección catódica
9. La disposición del depósito acumulador, forma y relación superficie/volumen
10. La disponibilidad de todas las bocas necesarias para entradas y salidas de agua así como para elementos de medida, de vaciado y de purga
11. La situación de conexiones de entrada y salida así como formas de conexión y uso de dispositivos
12. La existencia de medidas y dispositivos para favorecer la estratificación
13. Los costos de adquisición, traslado, montaje y mantención, incluyendo todos los accesorios hasta conexión de cañerías
14. Condiciones y plazos de la garantía y seguridad de servicio técnico a largo plazo ofrecidas por el fabricante y el distribuidor

6.2.2 Dimensionado y diseño

El volumen total del sistema de acumulación se puede definir, en función de la superficie de colectores, utilizando un valor de la acumulación específica de 75 ± 15 litros de acumulación por metro cuadrado de captación. Es recomendable realizar un análisis de sensibilidad y evaluar la influencia sobre el rendimiento de la instalación. No obstante, la acumulación específica se debe encontrar dentro de los rangos recomendable (de 60 a 120 litros/m²) y obligatorio (de 40 a 180 litros/m²) siguientes:

$$40 \leq 60 \leq V/ACOL \leq 120 \leq 180$$

En general, el sistema de acumulación preferentemente debe estar constituido por un único acumulador, de configuración vertical y situado en el interior del edificio:

1. El acumulador único permite tener la menor superficie de pérdidas térmicas para un determinado volumen acumulado.
2. La configuración vertical favorece la estratificación del agua caliente en su interior.
3. La ubicación en espacios interiores mejora su durabilidad por el resguardo frente a acciones climatológicas y reduce sensiblemente las pérdidas térmicas.

El dimensionado del intercambiador de calor incorporado al acumulador debe quedar definido por el área útil de intercambio situada en la mitad inferior del acumulador (A_{INT}) que, en relación con el área total de captación (A_{COL}), cumplirá siempre la relación:

$$A_{INT} \text{ (en m}^2\text{)} \geq 0,20 \cdot A_{COL} \text{ (en m}^2\text{)}$$

6.3 Circuito hidráulico

El diagrama de flujo de la instalación debe especificar, sobre planos a escala, la ubicación de los colectores solares, acumulador, bomba, válvulas, depósitos de expansión, sistema auxiliar y el trazado de cañerías de todos los circuitos de la instalación. Además, deberá tener el grado de definición necesario para efectuar los cálculos de dimensionado de los circuitos, especificando el material y las secciones de cañerías, así como el caudal nominal que circula a través de ellas.

6.3.1 Caudales de los circuitos

Se debe buscar la solución de compromiso entre los costos de los circuitos, las pérdidas térmicas y las pérdidas de carga que se producen.

Circuito Primario

Se recomienda adoptar un caudal, referido a la superficie de colectores, entre 30 y 60 l/(h.m²), siendo habitualmente los más utilizados valores entre 40 y 50 l/(h.m²). Es importante comprobar que el flujo del fluido de trabajo seleccionado esté en el rango de valores recomendados por el fabricante de los colectores solares.

Es importante señalar que la selección del caudal no está condicionada por la forma de conexión de los colectores, serie o paralelo, aunque naturalmente hay que considerarlo para evaluar el caudal en cada colector y las pérdidas de carga que se generan.

Circuito de consumo

El agua en el circuito de consumo se mueve, impulsada por la presión de red o por la de un grupo de presión, o por el estanque de agua fría situado en altura cuando se abre cualquier grifo o punto de consumo.

Desde el punto de vista hidráulico, en el acoplamiento de la instalación solar al circuito de consumo se deben adoptar precauciones para que no se introduzcan pérdidas de carga excesivas. En instalaciones existentes, esta situación normalmente se resuelve utilizando los mismos diámetros de la instalación y no introduciendo ningún tipo de estrechamiento.

6.3.2 Selección del tipo de cañerías

Las cañerías interconectan hidráulicamente todo los componentes y canalizan el movimiento de los fluidos. Para la selección de los materiales es importante tener en cuenta que:

- En el circuito primario se recomienda utilizar cañerías de cobre aunque también se pueden emplear de acero inoxidable o de acero negro. Las cañerías de materiales plásticos no deberían utilizarse en circuitos primarios porque normalmente no existen plenas garantías de que vayan a soportar las condiciones extremas de presión y temperatura del circuito.
- Para el circuito de consumo ver apartado 4.5

Las cañerías de cobre será realizada con tubos estirados en frío y sus uniones serán realizadas, preferentemente, mediante soldadura por capilaridad teniendo en cuenta que se utilizará soldadura fuerte cuando la temperatura del circuito pueda superar en algún momento los 125°C, lo que ocurre normalmente en casi todo el circuito primario.

Se tomarán las medidas necesarias para garantizar la compatibilidad y durabilidad de la instalación cuando se utilicen materiales diferentes.

Todas las cañerías, accesorios y componentes de la instalación se aislarán para disminuir las pérdidas térmicas en los circuitos. El aislamiento no dejará zonas visibles de cañerías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

No se aislarán los depósitos de expansión ni el ramal de conexión entre el depósito de expansión y la línea principal del circuito.

El aislamiento de las cañerías de intemperie deberá llevar una protección externa que asegure la durabilidad ante las acciones climatológicas siendo las más recomendables la protección con chapa de aluminio. Son admisibles revestimientos con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o pinturas acrílicas.

6.3.3 Cálculo de diámetros de cañerías y pérdidas de carga

El cálculo de los diámetros de la cañería de cobre del circuito primario se puede obtener, de forma aproximada, de la siguiente tabla:

Caudal (litros/hora)	100	200	300	400	500	600
Diámetro ext. (mm.)	12	15	18	18	22	22
Diámetro int. (mm.)	10	13	16	16	20	20

Los diámetros anteriores están calculados para una velocidad de fluido de unos 0,5 m/s y una pérdida de carga resultante de todo el circuito, incluyendo todos los accesorios normales, equivalente a unos 4 mbar/m quiere ello decir que un circuito de 10 metros de longitud total tiene una pérdida de carga de 40 mbar, es decir 0,4 mca (metro de columna de agua).

Para el cálculo de la pérdida de carga total del circuito primario deben sumarse las de todos los componentes del lazo y para ello se considerarán, además de la pérdida de carga en cañerías y sus accesorios, la de la batería de colectores y la del intercambiador que, en ambos casos, deberán ser facilitadas por el fabricante.

Ejemplos de cálculos abreviados de la pérdida de carga aproximada del circuito primario para diferentes longitudes de cañería y de tipo de colector:

Longitud de circuito	Muy corto de 5m		Corto de 10m		Largo de 20m		Muy largo de 25m	
Tipo de colector	Parrilla	Serpentín	Parrilla	Serpentín	Parrilla	Serpentín	Parrilla	Serpentín
Circuito de cañerías	20	20	40	40	80	80	100	100
Batería de colectores	50	200	50	200	50	200	50	200
Intercambiador de calor	60	60	60	60	60	60	60	60
Pérdida de carga total (mbar)	130	280	150	300	190	340	210	360
Pérdida de carga total (mca)	1,3	2,8	1,5	3,0	1,9	3,1	2,1	3,6

6.3.4 Bomba de circulación



Las bombas de circulación, accionadas por un motor eléctrico, se encargan de mover el fluido en el circuito primario. Son del tipo en línea, normalmente de rotor húmedo, y deberán ajustarse a las condiciones de operación para su mejor y eficiente funcionamiento. Se deben situar en las zonas más frías del circuito y, cuando sea posible, en cañerías verticales y evitando las zonas bajas que puede retener suciedades.

La bomba se debe seleccionar de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante:

- El caudal nominal será igual al caudal de diseño del circuito
- La presión de la bomba debería compensar la pérdida de carga del circuito correspondiente

La pérdida de carga total del circuito primario, con colectores tipo parrilla, normalmente está comprendida entre 1 y 2,5 mca y las potencias eléctricas de las bombas suelen estar comprendidas entre 20 y 80W.

Estas bombas pueden tener conmutación manual de varias velocidades de rotación que proporcionan distintas curvas de funcionamiento y, en el caso en que el cálculo de las pérdidas de carga no sea muy fiable, no conviene seleccionar una bomba a la velocidad máxima. Por el contrario, estas soluciones pueden aumentar el consumo eléctrico.

6.3.5 Accesorios del circuito hidráulico

Vaso de expansión



Es el dispositivo que absorbe las variaciones de volumen y presión en un circuito cerrado causadas por las variaciones de temperatura del fluido circulante. Es un depósito dividido en dos partes por medio de una membrana elástica. A un lado de la membrana está el fluido de trabajo correspondiente en estado líquido y en el otro aire o un gas inerte como el nitrógeno. Al dilatarse el fluido aumenta la presión y la membrana se desplaza comprimiendo el aire del otro lado.

La presión inicial en el lado aire viene precargada por el fabricante pero debe ser ajustada a las condiciones de la instalación. Se recomienda que la presurización se realice con nitrógeno ya que el uso de aire, por la mezcla de oxígeno y humedad que incorpora, puede oxidar el interior y reducir la vida útil del mismo.

Se debe poner especial atención a la resistencia de la membrana a los componentes anticongelantes así como a su resistencia a la temperatura y esfuerzos mecánicos correspondientes. En cualquier caso, el sistema de expansión debe ser de calidad alimentaria en el circuito de consumo.

Hay que destacar la importancia del sistema de expansión para la fiabilidad de los circuitos primarios de los SST y es por ello que se recomienda realizar su selección entre componentes de reconocida calidad, con características de diseño y operación holgadas para la situación de que se trate y calculado, con el procedimiento indicado anteriormente, utilizando valores no ajustados de las condiciones de funcionamiento.

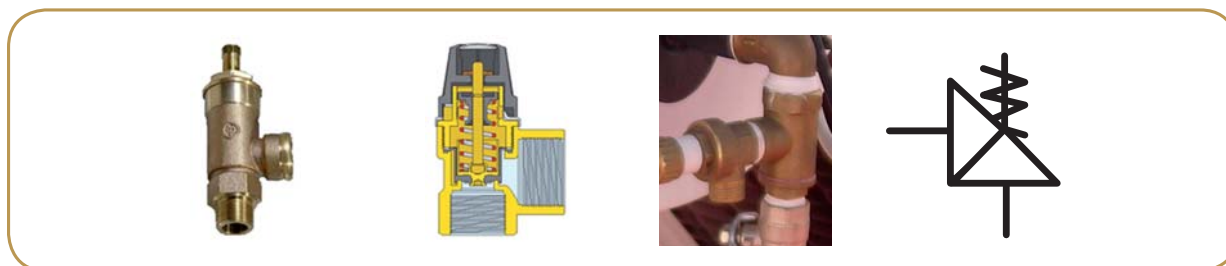
Válvulas de corte



Se emplean para abrir o cerrar el paso de fluido a través de una cañería lo que permite independizar componentes aislándolos del resto del circuito. Se deben instalar válvula de corte a la entrada del acumulador solar y opcionalmente se pueden utilizar en el circuito primario, en la impulsión y retorno de colectores pero cuidando que no se pueda interrumpir el circuito que une los colectores con expansión y seguridad. También se pueden utilizar, junto con la de entrada al acumulador, para configurar el bypass del SST.

Es importante analizar los circuitos para no instalar más válvulas de corte de las estrictamente necesarias, ya que su uso indiscriminado, además del mayor costo que representan, produce mayores pérdidas térmicas y puede introducir más riesgos de fallas.

Válvula de seguridad



Se utilizan para expulsar fluido de trabajo al exterior del circuito y así evitar presiones más elevadas. Son válvulas de resorte y el obturador permanece cerrado por la acción de un muelle. Cuando la presión del fluido es superior a la que ejerce el resorte, éste cede y el obturador se desplaza dejando pasar fluido.

Se debe instalar, como mínimo, una válvula de seguridad en cada uno de los circuitos cerrados de la instalación: primario y otra en el acumulador de consumo.

La posición de las válvulas de seguridad y la conducción del escape debería garantizar que, en caso de descarga, no se provoquen accidentes o daños. Para ello, los escapes de las válvulas de seguridad deberán estar conducidos para proteger la seguridad de las personas. La conducción a los desagües debería ser visible para poder comprobar la salida de fluido y en caso de evacuación a redes del edificio, deberá verificarse la resistencia de las mismas a la alta temperatura del fluido.

Válvulas de retención



Impide el paso de fluido en un sentido y permite la circulación en el otro. Suelen ser de clapeta, ya que las de muelle o de disco tienen más pérdida de carga y es importante limitarla. Se deben instalar válvulas de retención o antirretorno en la alimentación de agua fría y en el circuito primario para evitar flujo inverso.

Válvula de vaciado y drenajes



Se deben instalar válvulas de vaciado que permitan el vaciado total de la instalación y deben estar conducidas, de forma visible, hasta la red de drenaje del edificio. En pequeños SST se utilizan a veces éstas para el llenado del circuito primario. Las cañerías de drenaje dispondrán de las pendientes necesarias para que no existan retenciones de líquido en todo su recorrido.

Válvula mezcladora termostática



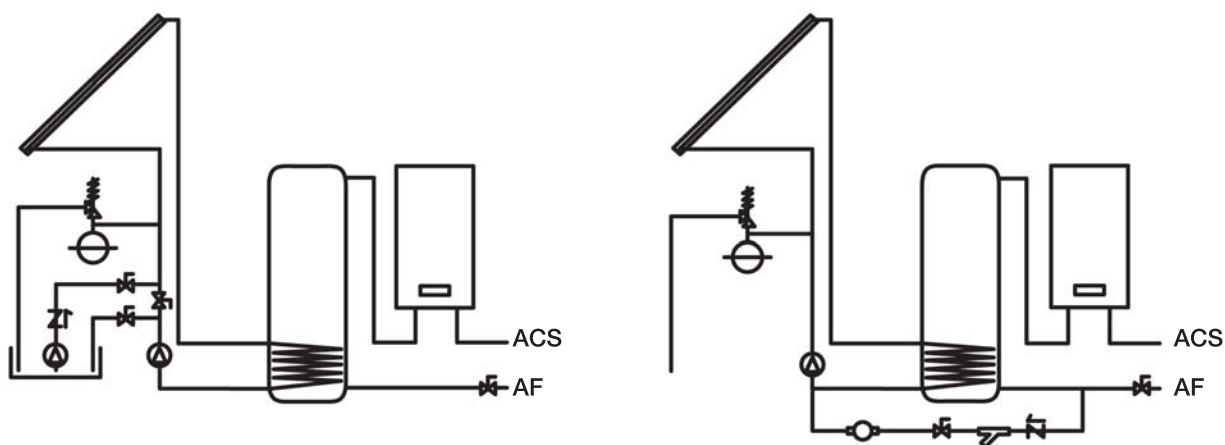
Son válvulas de tres vías que permiten regular la temperatura de salida del agua caliente y funcionan mezclando agua a dos temperaturas diferentes, normalmente una procedente del SST o del sistema auxiliar y otra de la red de agua fría.

6.3.6 Equipo de llenado

Si el fluido es una mezcla anticongelante, el sistema de llenado podrá ser:

- Con una bomba de presión desde un depósito auxiliar y utilizando las dos conexiones instaladas a ambos lados de la válvula de corte para recircular el fluido y extraer el aire.
- Con bomba de presión sin recirculación, eléctrica o manual, realizar la conexión por la parte inferior del circuito (se puede preparar y utilizar la válvula de vaciado) y dejando abierta la parte más alta para facilitar la salida de aire.
- Manual por gravedad utilizando un embudo y una conexión que garantice que se va a alcanzar el nivel de fluido del circuito; asimismo, prever la salida fácil del aire.

Si el sistema de llenado es con agua de red, se debe disponer como mínimo, una válvula de retención y otra de corte, pero es recomendable instalar un filtro, un reductor de presión y un contador de caudal.



6.3.7 Sistemas de purga

La mejor solución para la purga de aire es un único purgador manual situado en la parte más alta del circuito primario que disponga de botellín de desaire (un pequeño volumen por encima del colector) y una válvula de corte manual.

Cuando se instalen purgadores automáticos de aire, siempre se instalarán con una válvula de corte que permita cortar su conexión con los circuitos para evitar problemas si se produce la vaporización del fluido de trabajo.

Los acumuladores normalmente pueden ser purgados fácilmente a través de la línea de consumo de ACS y no es necesario ningún sistema de purga adicional.



Purgador automático con válvula (izq) y dos sistemas de purga manual

6.4 Equipos de medida

Además de los elementos de medida de tipo electrónico que las instalaciones puedan disponer integrados en el sistema de control, el SST debe disponer de elementos de medida necesarios para visualizar directamente los principales parámetros funcionales y estos son, fundamentalmente, temperaturas y presiones.

Termómetro

Los termómetros bimetálicos proporcionan la temperatura de los circuitos y acumuladores con precisión suficiente y se deben utilizar, mejor que los de contacto, los de inmersión con vainas. En el circuito primario se recomienda emplear termómetros con escala de 0 a 120 °C; en el circuito de consumo pueden ser de fondo de escala inferior.

Para medida de temperaturas se deberían disponer termómetros en:

1. La parte más alta del acumulador que es la referencia de la temperatura disponible para su utilización y permite controlar el correcto funcionamiento del proceso de calentamiento del agua del interior del acumulador.

- La entrada y salida del campo de colectores, sabiendo que se miden temperaturas de calentamiento mientras la bomba esté funcionando. Cuando se para la bomba circuladora, la temperatura de las tuberías evoluciona hacia la del ambiente del lugar donde estén ubicados; cuando esto no ocurra se deben analizar posibles flujos inversos.

Manómetros

El manómetro se utiliza para la medida de la presión del circuito primario y, normalmente, deben disponer de una esfera de 60/80 mm y escala graduada de 0 a 6 bar.

Para la medida de presión, se suele instalar en un lugar próximo y asociado al sistema de expansión y a la válvula de seguridad aunque, a efectos de la medida, no es relevante su posición.

Caudalímetros y rotámetros

Los caudalímetros permiten la medida de caudal y deben tener un diámetro idéntico o inferior a la cañería en donde irá instalado. Las mediciones de caudales se pueden realizar mediante turbinas, medidores de flujo magnético, medidores de flujo de desplazamiento positivo o procedimientos gravimétricos. Se suele instalar un contador de agua en la entrada de agua fría al SST (sólo o como parte de contador de calorías) y un rotámetro en el circuito para realizar la regulación de caudal del mismo.

Contadores de calorías

Los contadores de calorías o medidores de energía térmica deben estar constituidos por los siguientes elementos:

- Medidor de caudal de agua
- Dos sondas de temperatura
- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado

La posición del medidor y de las sondas define la energía térmica que se medirá. El microprocesador podrá estar alimentado por la red eléctrica o mediante pilas con una duración de servicio mínima de 3 años. El microprocesador multiplicará la diferencia de ambas temperatura por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionará la cantidad de energía.



Termómetro, manómetro y caudalímetros

6.5 Equipo de control



Para el control de funcionamiento normal de la bomba del circuito primario se recomienda utilizar un sistema de control de tipo diferencial, actuando en función del salto de temperatura entre la salida de colectores y el sistema de acumulación solar.

El sensor que refleje la temperatura de salida de los colectores se debe colocar en la parte interna y superior de éstos, en contacto con el absorbedor o a la salida de la batería de colectores solares.

El sensor de temperatura del acumulador solar se debe situar en la parte inferior del mismo, en una zona influenciada por la circulación del circuito primario y, en el caso de usar un intercambiador de tipo serpentín, se recomienda ubicarlo en la parte media de la altura intercambiador.

Como función de protección de la instalación se suele limitar la temperatura máxima del acumulador para lo que se utilizará un sensor de temperaturas, preferentemente situado en la parte alta del mismo, que actuará anulando el aporte de energía. Como esta limitación de temperatura del acumulador siempre supone una reducción de las prestaciones de la instalación solar, se procurará que sea a la temperatura de consigna más alta posible.

Cuando la protección contra heladas sea mediante circulación del circuito primario, se utilizará la señal de un sensor de temperaturas situado en los colectores, que actuará sobre la bomba del circuito primario para mantener la circulación en el mismo.

El control debe incluir señalizaciones visibles de la alimentación del sistema y del funcionamiento de bombas. Es recomendable el uso de controladores que muestren la temperatura de los sensores, así como aquellos que, adicionalmente, muestren la temperatura del fluido en la entrada al campo de colectores para observar el salto de temperaturas.

Instalación

7 INSTALACIÓN

7.1 Información previa y planificación

El TS que va a realizar la instalación tiene que recibir, aunque también la puede realizar él mismo, la documentación necesaria y apropiada para la ejecución de la instalación. Aunque pueden existir otros documentos, al menos, incluirá:

- La Memoria Descriptiva completa con los anexos de planos y esquemas necesarios
- Una lista de componentes y materiales necesarios
- Los Requerimientos o Condiciones previas del mandante y la normativa aplicable
- La programación o hitos a cumplir y los requisitos para la Planificación de la Instalación

La lista de materiales deberá incorporar todos los componentes que se deben incluir en el suministro ya sean propios del equipo solar o necesarios para su montaje y conexión. Se indica a continuación un posible formato a emplear para lista de materiales:

F04 LISTA DE MATERIALES					
COMPONENTE	CANT.	MARCA	MODELO	TAMAÑO	(i)
Colector solar					
Accesorios conexión					
Estructura soporte					
Acumulador solar					
Bomba primario					
Vaso expansión					
Valvula de seguridad					
Sistema llenado					
Válvula vaciado					
Sistema purga					
Válvula esfera					
Válvula esfera					
Válvula retención					
Válvula retención					
Válvula termostática					
Tubería de cobre					
Tubería de cobre					
Aislamiento tubería					
Aislamiento tubería					
Manómetro					
Termómetro bimetálico					
Cuadro de control					

(i) Marcar componentes incluidos en el suministro del equipo solar doméstico

En cualquier caso, el TS debe disponer de una lista de chequeo de dicha documentación y de otras comprobaciones previas como se indica a continuación:

F05 DOCUMENTACIÓN DE PLANIFICACIÓN			
1 DATOS GENERALES	SI	NO	COMENTARIOS
Datos del promotor/usuario/proyectista			
Localización de la instalación			
Datos y factores para la incorporación del SST			
2 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA ESPECÍFICA DE LA INSTALACIÓN			
Memoria Descriptiva			
Lista de materiales			
Planos y esquemas			
1 Emplazamiento, orientación y sombras			
2 Ubicación de colectores (distancias, accesos, ...)			
3 Estructura y sujeción de colectores			
4 Ubicación de acumulación y solución estructural			
5 Trazado circuitos, dim. y situación componentes			
Ubicación elementos de medida			
Sistema de llenado y vaciado			
6 Esquema de principio completo			
7 Esquema eléctrico y de control			
8 Conexión con alimentación eléctrica			
Conexión de cañerías con agua fría			
Conexión con sistema auxiliar y consumo			
Conexiones de vaciados, escapes y drenaje			
3 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA GENERAL DE LA INSTALACIÓN			
Requerimientos o Condiciones técnicas			
Normativa aplicable			
Otra documentación de referencia:			
4 LISTADO DE COMPONENTES Y MATERIALES			
Confirmar datos de Memoria y esquemas y planos			
Volumen de primario y de anticongelante			
Materiales complementarios y accesorios			
Protecciones de los montajes al exterior			
5 ORGANIZACIÓN DEL MONTAJE			
Disponibilidad completa de materiales			
Especialidades (gasfiter, albañilería, etc.)			
Listado de herramientas			
Equipos de transporte y elevación			
Procedimiento y planificación de trabajos			
Accesibilidad a emplazamiento			

Se adopta el criterio de que el TS es distinta persona que el profesional o técnico que ha visitado la vivienda por primera vez, que ha diseñado la instalación o ha seleccionado el sistema prefabricado y que ha tratado con el usuario y, por tanto, se organiza el proceso como si fuera la primera información que recibe. Si fuera la misma persona el procedimiento sería más sencillo y fácilmente adaptable a partir de éste.

De acuerdo con el criterio anterior, el TS tiene que dedicar una parte “suficiente y adecuada” de tiempo a estudiar y comprender la instalación, los distintos componentes así como todos los factores que intervienen; ahorrará tiempo y otros recursos y evitará fallos durante el montaje. Todo lo que sea necesario y que no se le haya definido, lo tendrá que decidir él.

El estudio debe completarse con el análisis logístico de:

- Disponibilidad y plazos de suministro de materiales
- Especialidades que intervienen (gasfitería, albañilería, etc.)
- Listado de herramientas (de montaje, de pruebas, etc.)
- Equipos de transporte y elevación

Con todo ello, el TS define e incorpora la organización del montaje:

- Procedimiento de trabajo
- Planificación del trabajo, siendo muy importante la coordinación de los diferentes roles que puedan intervenir. Como este tipo de instalación suele ser un montaje de corta duración es fundamental la planificación previa y el ajuste de fechas con el usuario adoptando los márgenes de seguridad necesarios
- Procedimientos de acceso al edificio y las instalaciones

El TS, antes de empezar el montaje de la instalación y con el visto bueno del usuario, debe realizar el replanteo de la misma para comprobar, verificar y dar conformidad a que se puede realizar todo el montaje de la instalación recogida en el proyecto. En particular:

- Ubicación y espacios disponibles para colector y acumulador
- Previsiones de espacios para el trazado de circuitos
- Colocación del resto de componentes de la instalación
- Soluciones para la sujeción de estructura y otras ayudas de albañilería
- Puntos y formas de conexión con los circuitos de agua y el sistemas de apoyo
- Procedimientos de montaje previstos
- Medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la instalación
- Accesibilidad a toda la instalación tanto para el montaje como para operaciones posteriores de mantención

7.2 Verificación de la instalación

Una vez realizada la instalación se puede proceder a su inspección y verificación que podrá desglosarse en dos conceptos:

- Inspección de que se cumplen todos los requisitos de la Memoria y resto de la documentación. Se puede utilizar los mismos documentos como plantillas
- Verificación de la correcta calidad de la ejecución pudiendo utilizarse la siguiente lista de comprobación:

F06 INSPECCIÓN DE LA CALIDAD DE LA INSTALACIÓN			
1 EMPLAZAMIENTO Y ESTRUCTURA	SI	NO	COMENTARIOS
Ubicación prevista del SST			
Montaje y apriete de la estructura soporte			
Sujeción y acabados de estructura intermedia a vivienda			
Ejecución de trabajos de albañilería			
Impermeabilizaciones /Retenciones de agua			
2 COMPONENTES			
Comprobar componentes instalados y previstos			
Cumplimiento de manuales de instrucciones			
Todos los materiales y componentes son nuevos			
Validar materiales en contacto con agua y con fluido			
Validar materiales montados en el exterior			
Condiciones accesibilidad para vigilancia y mantenimiento			
3 ACCESORIOS HIDRÁULICOS			
Previsiones de vaciado parcial y total			
Valvulería adecuada (presión, temperatura y exterior)			
Válvulas de vaciado protegidas (con tapón o sin maneta)			
Tuberías adecuadas para vaciado hasta desagües			
Paso de agua entre puntos de vaciado y desagües visibles			
Evacuación de todo el fluido de la red de drenajes			
Sistemas de purga accesibles y conducidos a desagües			
Válvulas de seguridad conducidas a desagües			
4 TRAZADO DE TUBERÍAS			
Montaje de tuberías ordenado (paralelo y perpendicular)			
Comprobación de pendientes previstas			
Valvulerías en posición adecuada, accesibles y actuables			
Separación de tuberías entre sí y con paramentos			
No hay instalación eléctrica por debajo de tuberías			
No hay tuberías en chimeneas, conductos de ventilación,...			
5 SOPORTES Y DILATACIONES DE TUBERÍAS			
Conexiones de componentes no transmiten esfuerzos			
Conexiones entre tuberías no transmiten esfuerzos			
Tuberías flexibles con radio de curvatura amplio			
Distancia, disposición y sujeción de soportes			
Previstas dilataciones en trazado de tuberías			
6 AISLAMIENTO DE TUBERÍAS			
Aislamiento y sus uniones correctamente realizado			
Todos los componentes y accesorios aislados			
Soportes previstos sin puentes térmicos			
Protección de aislamiento según proyecto			

Pruebas, puesta en marcha y recepción

the 1990s, the number of people in the UK who are employed in the public sector has increased by 1.5 million (1990–2000) and the number of people in the public sector has increased by 2.5 million (1990–2000) (Department for Work and Pensions 2001). The public sector has become a major employer in the UK and is now responsible for 17% of the total workforce.

There is a growing awareness of the need to improve the health and safety of public sector employees. The Health and Safety Commission (HSC) has identified the public sector as a high priority area for health and safety improvement. The HSC has published a number of reports and guidance documents on health and safety in the public sector. The HSC has also established a Public Sector Health and Safety Forum, which is a forum for public sector employers to discuss health and safety issues and to share best practice.

The Public Sector Health and Safety Forum has identified a number of key areas for health and safety improvement in the public sector. These areas are: (1) the health and safety of public sector employees; (2) the health and safety of the public; (3) the health and safety of the environment; and (4) the health and safety of the public sector itself. The Public Sector Health and Safety Forum has also identified a number of key areas for health and safety improvement in the public sector. These areas are: (1) the health and safety of public sector employees; (2) the health and safety of the public; (3) the health and safety of the environment; and (4) the health and safety of the public sector itself.

The Public Sector Health and Safety Forum has also identified a number of key areas for health and safety improvement in the public sector. These areas are: (1) the health and safety of public sector employees; (2) the health and safety of the public; (3) the health and safety of the environment; and (4) the health and safety of the public sector itself. The Public Sector Health and Safety Forum has also identified a number of key areas for health and safety improvement in the public sector. These areas are: (1) the health and safety of public sector employees; (2) the health and safety of the public; (3) the health and safety of the environment; and (4) the health and safety of the public sector itself.

The Public Sector Health and Safety Forum has also identified a number of key areas for health and safety improvement in the public sector. These areas are: (1) the health and safety of public sector employees; (2) the health and safety of the public; (3) the health and safety of the environment; and (4) the health and safety of the public sector itself. The Public Sector Health and Safety Forum has also identified a number of key areas for health and safety improvement in the public sector. These areas are: (1) the health and safety of public sector employees; (2) the health and safety of the public; (3) the health and safety of the environment; and (4) the health and safety of the public sector itself.

The Public Sector Health and Safety Forum has also identified a number of key areas for health and safety improvement in the public sector. These areas are: (1) the health and safety of public sector employees; (2) the health and safety of the public; (3) the health and safety of the environment; and (4) the health and safety of the public sector itself. The Public Sector Health and Safety Forum has also identified a number of key areas for health and safety improvement in the public sector. These areas are: (1) the health and safety of public sector employees; (2) the health and safety of the public; (3) the health and safety of the environment; and (4) the health and safety of the public sector itself.

The Public Sector Health and Safety Forum has also identified a number of key areas for health and safety improvement in the public sector. These areas are: (1) the health and safety of public sector employees; (2) the health and safety of the public; (3) the health and safety of the environment; and (4) the health and safety of the public sector itself. The Public Sector Health and Safety Forum has also identified a number of key areas for health and safety improvement in the public sector. These areas are: (1) the health and safety of public sector employees; (2) the health and safety of the public; (3) the health and safety of the environment; and (4) the health and safety of the public sector itself.

The Public Sector Health and Safety Forum has also identified a number of key areas for health and safety improvement in the public sector. These areas are: (1) the health and safety of public sector employees; (2) the health and safety of the public; (3) the health and safety of the environment; and (4) the health and safety of the public sector itself. The Public Sector Health and Safety Forum has also identified a number of key areas for health and safety improvement in the public sector. These areas are: (1) the health and safety of public sector employees; (2) the health and safety of the public; (3) the health and safety of the environment; and (4) the health and safety of the public sector itself.

The Public Sector Health and Safety Forum has also identified a number of key areas for health and safety improvement in the public sector. These areas are: (1) the health and safety of public sector employees; (2) the health and safety of the public; (3) the health and safety of the environment; and (4) the health and safety of the public sector itself. The Public Sector Health and Safety Forum has also identified a number of key areas for health and safety improvement in the public sector. These areas are: (1) the health and safety of public sector employees; (2) the health and safety of the public; (3) the health and safety of the environment; and (4) the health and safety of the public sector itself.

8 PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y RECEPCIÓN

Una vez terminada la instalación, verificada su correcta ejecución de acuerdo con la lista de comprobación anterior y después de realizadas las pruebas mecánicas, se puede realizar la puesta en marcha y las pruebas de funcionamiento para verificar que funciona de la forma prevista.

8.1 Pruebas mecánicas de los circuitos

Después de terminar la instalación es necesario limpiar todos los circuitos hidráulicos y realizar las pruebas mecánicas de estanqueidad y estancamiento.

F07 PRUEBAS MECÁNICAS				SI	NO	COMENTARIOS
1 Limpieza de circuitos						
2 Prueba de estanqueidad final	Primario	Consumo				
Presión máxima						
Presión de prueba						
Duración de la prueba						
Hora y presión inicial						
Hora y presión final						
2 Prueba de estanqueidad final	Primario	Consumo				
Temperatura máxima de operación						
Temperatura de la prueba						
Presión inicial y final						
Funcionamiento expansión						
Verificar no deformaciones						

8.2 Llenado, purga y presurización

Una vez realizadas las pruebas, los circuitos están listos para que se puedan llenar de fluido, purgar de aire y dejarlos a la presión de trabajo, preparados para empezar a funcionar. A continuación se detalla el proceso de llenado para una instalación típica. El orden normal para el llenado de las partes del sistema es, en primer lugar, acumulador y circuito de consumo y por último el circuito primario. Es importante en todas estas operaciones seguir el manual de instrucciones del SST.

En función del fluido de trabajo y del sistema de llenado disponible hay que considerar:

1. Si el fluido es una mezcla anticongelante, se debe haber calculado el volumen del circuito determinando la proporción de anticongelante en función de las temperaturas mínimas históricas. Se debe preparar la cantidad de mezcla anticongelante que va a ser necesaria antes de introducirla en el circuito:
- Si el sistema de llenado es con bomba de presión desde un depósito auxiliar y se realiza el llenado del circuito primario utilizando las dos conexiones instaladas a ambos lados de la válvula de corte, cerrando ésta, alimentando por la conexión que va hacia los colectores y abriendo la otra válvula para dar salida al aire; también saldrá fluido que deberá verterse en el mismo depósito para ser nuevamente bombeado. Esta operación se mantiene hasta que se purgue todo el aire del circuito y para finalizarla cerrar las 2 válvulas de conexión exterior y abrir la válvula de corte intermedia.

- Si el llenado se realiza con bomba de presión sin recirculación, eléctrica o manual, realizar la conexión por la parte inferior del circuito y dejar abierta la parte más alta para facilitar la salida de aire.
 - Si el llenado es manual por gravedad utilizar un embudo y una conexión que garantice que se va a alcanzar el nivel de fluido del circuito; asimismo, dejar abierta una válvula en la parte más alta para facilitar la salida de aire.
2. Si el sistema de llenado es con agua de red, abrir la válvula de alimentación y abrir los purgadores de aire manuales para facilitar que salga el aire y entre el agua, cerrándolos cuando se vea que sale agua sin aire. Si los purgadores son automáticos conviene desmontarlos para que esta operación dure menos tiempo.

Una vez llenos de fluidos y purgados de aire, todos los circuitos deben presurizarse hasta la presión mínima de trabajo. Antes de realizar esta operación verificar el correcto posicionamiento de todas las válvulas de los sistemas de purga para asegurar que los circuitos van a quedar estancos.

F08 LLENADO, PURGA Y PRESURIZACIÓN				SI	NO	COMENTARIOS
1 Procedimiento de llenado	☐ Norm.	☐ Espec.	☐			
Condiciones de llenado						
Orden de llenado	1 Acumulador	2 Consumo	3 Primario			
Llenado primario con bomba	☐ recircula	☐ pres. elec.	☐ pres. man.			
Otros sistemas de llenado	☐ gravedad	☐ red agua	☐			
Fluido del primario	☐ litros agua	☐ litros propilenglicol				
2 Purga completa de circuitos						
Circulación con bombas						
Circulación de consumo						
Comprobada no existencia de ruidos						
Verificar cierre válvulas de purga						
3 Presurización de circuitos						
Circuito de consumo	P. mín. :	P. máx. :				
Temperatura media del fluido						
Prever ajuste presión a otra temp.						
Presión lado aire del vaso de expansión						
Circuito primario	P. mín. :	P. máx. :				
Posicionamiento de válvulas de circuitos						

8.3 Puesta en marcha

Antes de dejar funcionando el sistema en su modo normal y automático de operación se debe realizar la puesta en marcha utilizando el encendido manual que permite calibrar el sistema de control, ajustar el sistema de distribución de agua así como realizar las verificaciones finales que se indican.

F09 PUESTA EN MARCHA					
1 OPERACIÓN MANUAL			SI	NO	COMENTARIOS
Verificaciones previas					
Comprobación de presiones en circuitos					
Sistemas de expansión y válvulas de seguridad					
Posicionamiento de toda la valvulería					
Dispositivos de medida operativos					
Encendido de bombas opción manual					
Ruido y vibraciones de bombas girando					
Sentido de giro correcto	Rotación eje	Var. presión			
Comprobación de circulación de fluido:					
- Por cambios de temperaturas					
- Por modificación de presiones					
Funcionamiento de medidores de flujo y de energía					
Revisión de purga completa					
2 CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL					
Verificación elementos de medida y señales de entrada					
Verificación de señales de salida y actuaciones					
Ajuste de valores de consigna del equipo de control:	min	máx			
Diferencial de temperaturas	3	7			
Temperatura máxima de acumuladores	75	80			
Temperatura máxima del circuito primario	90	100			
Temperatura protección contraheladas	3	5			
Sistemas de comunicación del control.					
Ajuste del niveles de gestión y telegestión					
3 AJUSTE DE LA DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES					
Ajuste de caudal de bomba de circulación:					
Selección velocidad de motor					
Válvula de equilibrado					
Comprobar caudal en circuitos de consumo					
Registrar valores de ajuste y consigna					
4 VERIFICACIONES FINALES					
Buen funcionamiento de las bombas (sin ruidos ni cavitación)					
Consumo eléctrico de las bombas previsto					
Correcta lectura de sensores de temperatura y caudales					
Registrar datos de funcionamiento					
Conmutación de modos de funcionamiento manual y automático					

8.4 Pruebas de funcionamiento

Después de que el sistema se encuentra en modo automático se procede a realizar las pruebas de funcionamiento para verificar que el sistema opera correctamente bajo las distintas condiciones. Dentro de estas pruebas se encuentran

1) el encendido y apagado diario, 2) los procesos de calentamiento y evolución diaria de temperaturas, 3) la entrega de agua caliente y 4) los sistemas de protección de la instalación.

Además se refieren las comprobaciones globales que son las relacionadas con las prestaciones energéticas del SST y están muy relacionadas con los equipos de medida que se dispongan en la instalación.

F10 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO			
1 ENCENDIDO Y APAGADO DIARIO	SI	NO	COMENTARIOS
1 Verificar controlador encendido y en el modo automático			
2 Comprobar arranque al aumentar el diferencial de temperaturas			
3 Anotar temperaturas y comparar con el diferencial de consigna			
4 Verificar se mantiene bomba funcionando con mayores diferenciales			
5 Comprobar parada de bomba al disminuir el diferencial de temperaturas			
6 Anotar temperaturas y comparar con el diferencial de consigna			
7 Condiciones reales o simuladas			
2 EVOLUCIÓN DIARIA DE TEMPERATURAS	SI	NO	COMENTARIOS
1 Sin consumo			
Diferencia entrada y salida en primario			
Temperaturas del acumulador			
Diferencial entre salida de colector y acumulador			
2 Con consumo			
Diferencia entrada y salida en primario			
Temperaturas del acumulador			
Diferencial entre salida de colector y acumulador			
3 ENTREGA DE AGUA CALIENTE	SI	NO	COMENTARIOS
1 Comprobar posicionamiento de válvulas			
2 Entrada al SST, después al sistema auxiliar y después al consumo			
3 Comprobar presiones y caudales en consumos de agua fría y caliente			
4 Medir las temperaturas del circuito de consumo			
Entrada de agua fría			
Salida de agua caliente del acumulador solar, y			
Salida del sistema de apoyo			
5 Comprobar con las temperaturas previstas.			
4 SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN	SI	NO	COMENTARIOS
1 Procedimiento utilizado:			
En situación real por condiciones meteorológicas apropiadas			
Modificando el valor de consigna del controlador			
Modificando artificialmente la temperatura del sensor			
2 Temperatura máxima del acumulador			
3 Temperatura máxima del circuito primario			
4 Prueba de arranque después de estancamiento			
5 Sistema de protección contra heladas			
5 COMPROBACIONES GLOBALES	SI	NO	COMENTARIOS
Consumo de agua caliente			
Demanda de energía y aporte solar del SST			
Rendimiento energético global			

8.5 Recepción

La ejecución de la instalación termina con la entrega del SST al usuario comprobando que está de acuerdo con lo especificado inicialmente. Hasta este momento el instalador es responsable de su estado y funcionamiento pero a partir de la recepción la responsabilidad pasa al usuario que empieza a utilizarla normalmente. El instalador, salvo orden expresa, entregará la instalación llena y en funcionamiento que será completamente explicado al usuario o en quién éste delegue.

Para realizar la recepción del SST por parte del usuario, y entrega por parte del instalador, además de la instalación completa, deberían estar realizadas todas las pruebas mecánicas, la puesta en marcha, calibración, ajustes y pruebas de funcionamiento. Todos los resultados quedarán reflejados en el acta, incluso las pruebas no realizadas que se podrán realizar con posterioridad.

El acto de recepción quedará formalizado por un acta donde figuren todos los intervinientes, además del usuario y el instalador podría participar el proyectista, y en la que se formalice la entrega conforme de la documentación referida a continuación:

Si la instalación es un sistema prefabricado, el usuario recibe la Memoria Descriptiva que incluye toda la documentación disponible:

- Manual del Usuario
- Condiciones de integración a la vivienda
- Resultados de las pruebas realizadas

Si la instalación es un sistema a medida, el usuario recibe el proyecto realizado con la documentación desarrollada:

- Memoria Técnica de la instalación
- Planos definitivos, comprendiendo, como mínimo: esquema de principio, situación de todos los componentes, trazados de tuberías y sistema eléctrico y de control
- Relación de todos los componentes y equipos empleados, indicando fabricante, marca, modelo y características de funcionamiento
- Resultados de las pruebas realizadas
- Manual de instrucciones: uso, vigilancia y mantenimiento

A partir del acta de recepción provisional, el usuario podrá solicitar la subsanación de cuantas anomalías o defectos se detecten o incluso pruebas adicionales cuya reclamación debería ser notificada formalmente. Tras la recepción se inicia el periodo de mantención así como entran en vigor la garantía y los seguros que sean de aplicación.

Operación, uso y mantención

9 OPERACIÓN, USO Y MANTENCIÓN

El SST está diseñado para operar de manera automática, por lo que el arranque, parada y las funciones de protección se deben realizar en los momentos adecuados que sólo dependen de las condiciones meteorológicas y del consumo de agua caliente. La operación automática de la instalación no requiere ninguna intervención del usuario ni de ningún técnico.

Debido a la existencia del sistema auxiliar, y mientras esté conectado, siempre habrá agua caliente disponible en los puntos de consumo y, muchas veces, el usuario no observará directamente las fallas del sistema por lo que es necesario hacer un seguimiento específico del correcto funcionamiento de la instalación y para ello siempre se debe disponer un plan de vigilancia que más adelante se describe.

9.1 Información al usuario

Para el correcto funcionamiento de la instalación solar es importante que el usuario de la misma conozca las condiciones de funcionamiento, los componentes de la misma y los criterios fundamentales para su mejor aprovechamiento.

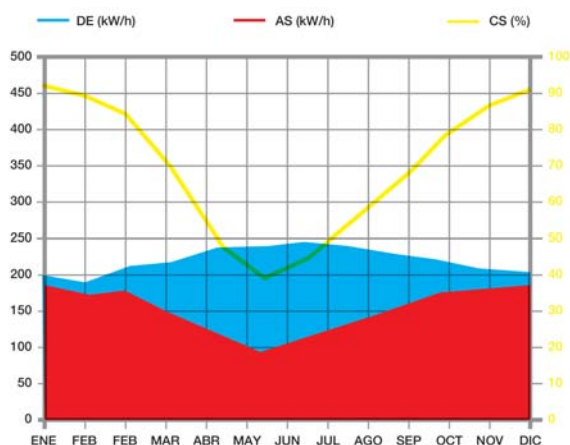
Es recomendable disponer de una información de uso que deberá contener la filosofía del consumo sostenible de agua caliente, con el nivel de detalle necesario para su mejor comprensión y que, en forma de recomendaciones, le informe que:

- El consumo racional del agua caliente está asociado a un determinado nivel de cultura y lleva implícito un ahorro tanto de agua como de energía
- Las formas de consumo que ahorran agua y energía así como las temperaturas más apropiadas.
- La disponibilidad de la instalación solar no significa que el agua caliente se pueda despilfarrar porque sea “gratis”
- El correcto funcionamiento de la instalación solar y del sistema de apoyo, explicando lo que aporta cada parte a las necesidades totales.

En líneas generales no hay que cambiarle las costumbres al usuario, como muchas veces se ha pretendido, sólo hay que transmitirle la realidad del funcionamiento, sus ventajas y sus limitaciones. A esos efectos se adjunta a continuación un ejemplo de los criterios que se pueden transmitir en relación con los efectos del consumo en las prestaciones del SST:

Si el consumo es el previsto el equipo solar proporcionará la energía suficiente para cubrir hasta un 60-80% de las necesidades y funcionará con un rendimiento adecuado.

En el ejemplo, realizado para un consumo medio diario de 200 litros, se consumen anualmente 2.628 kWh y el equipo solar aporta 1.780 kWh o sea que la contribución solar media anual es del 68%



Si el consumo fuera inferior al previsto (supongamos la mitad) el equipo solar proporcionará menos energía pero le dará mayor contribución solar.

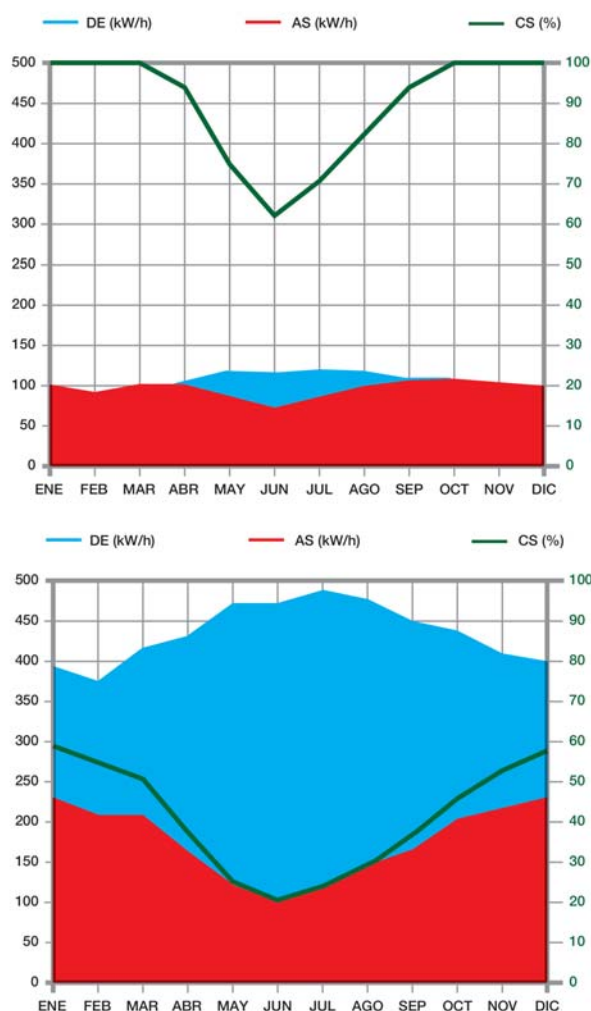
En el ejemplo, para un consumo de agua de 100 litros/día, el consumo anual de energía sería de 1.314 kWh y el equipo aportaría 1.173 kWh, es decir, casi un 90%.

Las temperaturas de funcionamiento son más altas y disminuye algo el rendimiento. El consumo de energía auxiliar se reduce.

Si el consumo es superior al previsto (supongamos el doble) la instalación solar le proporcionará más energía pero le dará menor contribución solar.

En el ejemplo, para un consumo de agua de 400 litros/día, el consumo anual de energía sería de 5.256 kWh año y el equipo aportaría 2.129 kWh, o sea, algo más del 41 %.

Las temperaturas de funcionamiento son más bajas y aumenta el rendimiento del equipo solar pero aumenta significativamente el consumo de energía auxiliar.



9.2 Plan de vigilancia

El plan de vigilancia del SST es el procedimiento que permita asegurar que los valores operacionales de la instalación son correctos y que las prestaciones son adecuadas a las previsiones. En función de las características de la instalación, del sistema de medida disponible y el tipo de usuario, se establecen los indicadores de control que, normalmente, deben ser supervisados por él mismo.

El plan de vigilancia debe establecerse para cada instalación y puede haber distintos niveles operativos: desde un plan de vigilancia básico de simple control de funcionamiento hasta uno automático que proporcione señales de alarma cuando algo falla o incluso hasta un plan de vigilancia completo que supervise constantemente todos los parámetros de funcionamiento. Normalmente éste último solamente se aplica en grandes instalaciones.

En pequeñas instalaciones la vigilancia suele ser una actividad muy sencilla que, aunque algunas operaciones deberían hacerse diariamente, la experiencia demuestra que la periodicidad se puede cambiar a varios días o hasta semanas y meses, cuando se tenga seguridad del correcto funcionamiento. En cualquier caso, cuando se detecte algún problema durante el proceso de vigilancia se deberán aplicar los procedimientos de actuación ante avisos de fallos previstos en los manuales correspondientes hasta encontrar la posible causa y su solución.

El TS debe definir y entregar un formato específico del plan de vigilancia para cada SST y dar los valores de referencia para su adecuado seguimiento. Un posible formato se indica a continuación:

F11 REGISTRO DE DATOS PARA EL PLAN DE VIGILANCIA										
Radiación y temperatura ambiente		Bajas			Medias			Altas		
Consumo realizado	litros	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Temperatura referencia del acumulador	°C	30	20	10	40	30	20	50	40	30
Temperatura parte alta del acumulador	°C	50	35	20	65	50	35	80	65	50
Temperatura salida de colector	°C	55	40	25	75	60	45	95	80	65
Mes y día	mm.dd									
Hora	hh.mm									
Presión en frío del circuito primario	bar									
Temperatura del circuito primario	°C									
Registro de contador de consumo	litros									
Registro de contador de energía térmica	kWh									
Hora	hh.mm									
Radiación y temperatura ambiente	R/Ta									
Estado de funcionamiento de la bomba	Si/No									
Temperatura referencia del acumulador	°C									
Temperatura parte alta del acumulador	°C									
Temperatura salida de colector	°C									

9.3 Mantenición

Es necesario realizar la mantención del SST para que siempre funcione correctamente y conseguir una vida útil de todos los componentes lo más larga posible; por ello se recomienda disponer de un plan de mantención preventiva y un procedimiento de actuación correctivo si hubiera aviso de fallas.

La mantención preventiva implicará operaciones de inspección visual (IV), control de funcionamiento (CF) de cada uno de los elementos y otras actuaciones que permiten mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. Se debería realizar al menos una vez al año.

El plan de mantención correctiva contempla todas las operaciones necesarias para resolver las fallas y problemas que entorpecen el adecuado funcionamiento del SST, generalmente detectadas durante el plan de vigilancia o la mantención preventiva.

F12 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
EQUIPO	DESCRIPCIÓN	SI	NO	COMENTARIOS
Colectores	IV sobre diferencias entre el original y entre colectores			
Cristales	IV de condensaciones y humedad			
Juntas	IV de agrietamientos y deformaciones			
Absorbedor	IV de corrosión y deformaciones			
Carcasa	IV de deformación, oscilaciones y ventanas de respiración			
Conexiones	IV de aparición de fugas			
Estructura	IV de degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos			
Acumuladores	Presencia de lodos en el fondo			
Protección Catódica	Comprobación desgaste de ánodos de sacrificio o CF efectivo			
Intercambiador de Calor	CF efectivo y prestaciones: saltos de temperatura			
Aislamiento del acumulador	Comprobar que no hay humedad			
Protección al exterior	IV de degradación o indicios de corrosión			
Circuitos hidráulicos	IV fugas o manchas de humedad			
Aislamiento en el exterior	IV degradación o presencia de humedad			
Protección al exterior	IV de degradación o indicios de corrosión			
Aislamiento en el interior	IV de uniones y presencia de humedad			
Bomba	CF, estanqueidad y verificar caudal total en circulación			
Purgador automático	Abrir válvula. CF y estanqueidad			
Purgador manual	Vaciar aire de los botellines de purga			
Sistema de llenado	CF efectivo			
Estanque de Expansión Cerrado	Comprobación de la presión del lado aire			
Válvula de Corte	CF efectivo: abrir y cerrar para evitar agarrotamiento			
Válvula de Seguridad	CF efectivo: abrir manualmente para evitar agarrotamiento			
Válvula termostática	CF efectivo y su ajuste: comparar temperaturas consigna y real			
Fluido de Trabajo	Comprobar densidad y pH			
Elementos de medida	Evaluar los datos disponibles			
Manómetro	Contrastar la medida con otro dispositivo			
Termómetros	Contrastar la medida con otro dispositivo			
Contadores caudal/energía	Registrar la medida y evaluar los datos			
Sistema de Control	CF efectivo (man/autom) (arranque y parada de bombas)			
Termostato	CF efectivo			
Sondas y sensores	Contrastar temperaturas de sensores con medidas directas			
Sistema auxiliar	CF efectivo y oportuno			

