

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Instalación de energía solar para calentamiento de
agua en un palacio de congresos

Autor: José María González Navarro

Tutor: José Julio Guerra Macho

Dpto. Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Instalación de energía solar para calentamiento de agua en un palacio de congresos

Autor:

José María González Navarro

Tutor:

José Julio Guerra Macho

Catedrático de Universidad

Dpto. de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019

Trabajo Fin de Grado: Instalación de energía solar para calentamiento de agua en un palacio de congresos

Autor: José María González Navarro

Tutor: José Julio Guerra Macho

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis amigos y compañeros

A mis profesores

Agradecimientos

El resultado de este trabajo no sería posible sin todas aquellas personas tan importantes que han transcurrido a lo largo de mis años de carrera, y en general de educación.

En primer lugar, agradecerlo a mi familia. A mis padres y mis hermanas, por ayudarme en la decisión y apoyarme en todo momento sin reproches. Agradecer a todos mis amig@s de la universidad, por ser un equipo unido en busca de un objetivo, y a los de fuera, por valorar siempre mi esfuerzo.

Por otro lado, agradecer a mi tutor Pepe, por guiarme y enseñarme, y por confiar en mi otorgándome la responsabilidad de resolver las adversidades por mi solo.

A todas aquellas personas que a lo largo de estos años me han alentado.

A todos, gracias.

José María

Sevilla, 2019

Resumen

Para cada nuevo edificio, e incluso en remodelaciones de los ya existentes, es necesario el diseño, estudio y posterior puesta en marcha de instalaciones de agua caliente, electricidad, calefacción, evacuación etc.

El objetivo de este proyecto es dar a conocer el proceso que supone llevar a cabo una instalación solar térmica para consumo de agua caliente sanitaria, en este caso en un edificio para uso público.

Se abarcará en el documento el diseño completo de una instalación de captadores solares en el Palacio de Congresos de Sevilla, Fibes II, deseando fomentar al mismo tiempo el uso de las energías renovables en un ámbito general.

Abstract

For each new building, and even in the remodeling of existing ones, it is necessary to design, study and launch of hot water installations, electricity, heating, evacuation, etc.

The objective of this project is to know the process involved in carrying out solar thermal installation for sanitary hot water consumption, in this case for public use.

The complete design of an installation of solar collectors in Fibes II, will be included in the document, wishing to promote at the same time the use of renewable energies in general.

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xiv
Índice de Tablas	xvi
Índice de Figuras	xvii
1 MEMORIA DESCRIPTIVA	19
1.1 Objeto del proyecto	20
1.2 Antecedentes	20
1.2.1 Contexto energético español.....	20
1.2.2 Apuesta renovable.....	20
1.3 Metodología de cálculo	22
1.3.1 Método f-chart.....	22
1.3.2 Método CHEQ4.....	22
1.4 Características del edificio	27
1.5 Descripción de la instalación	28
1.5.1 Principio de funcionamiento.....	28
1.5.2 Principios físicos de la captación solar.....	28
1.5.3 Sistemas de la instalación.....	29
1.6 Esquema de principio	36
1.7 Características técnicas	37
1.8 Normativa	40
1.8.1 Código Técnico de la Edificación (CTE) - Sección HE4.....	40
1.8.2 Norma UNE.....	41
1.8.3 Reglamento de Instalaciones térmicas de los edificios (RITE).....	41
1.9 Bibliografía	42
2 MEMORIA DE CÁLCULO	44
2.1 Introducción	45
2.2 Datos de partida	45
2.2.1 Datos geográficos.....	45
2.2.2 Datos climatológicos.....	45
2.2.3 Radiación solar sobre superficie inclinada.....	46
2.3 Cálculo de demanda	48
2.3.1 Cálculo de la demanda de ACS.....	48
2.3.2 Cálculo de la demanda energética.....	49

2.4	Cálculos de acumulación y captación	51
2.4.1	Datos iniciales para diseño	51
2.4.2	Análisis de sensibilidad.....	52
2.4.3	Dimensionado de captadores en cubierta	56
2.5	Cálculo y diseño de las redes de tuberías	57
2.5.1	Fluido caloportador del circuito primario.....	57
2.5.2	Diseño de la red de tuberías.....	59
2.6	Dimensionado de la bomba de circulación.....	67
2.7	Dimensionado del vaso de expansión	68
2.8	Equipos auxiliares	71
2.9	Cálculo de aislamientos.....	71
2.10	Accesorios	73
	ANEXO I - Certificado CHEQ4.....	74
	ANEXO II – Cálculo de la radiación global sobre superficie inclinada.....	76
3	<i>PLIEGO DE CONDICIONES</i>	82
3.1	Objeto	83
3.2	Normativa	83
3.3	Condiciones de materiales y equipos	83
3.1.1	Captadores solares.....	83
3.1.2	Tuberías.....	84
3.1.3	Interacumuladores.....	86
3.1.4	Bombas de circulación	87
3.1.5	Vasos de expansion	87
3.1.6	Válvulas	88
3.1.7	Aislamientos.....	89
3.1.8	Sistema hidráulico y de control	89
3.1.9	Aparatos de medida.....	90
3.4	Provisión del material	91
3.5	Condiciones de montaje.....	91
3.6	Pruebas, puesta en marcha y recepción	92
3.7	Mantenimiento.....	95
4	<i>MEDICIONES Y PRESUPUESTO</i>	98
4.1	Sistema de captación	99
4.2	Sistema de interacumulación.....	99
4.3	Sistema de regulación y control	100
4.4	Sistema hidráulico.....	100
4.5	Presupuesto total.....	102
5	<i>PLANOS</i>.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Documentación técnica del captador solar	37
Tabla 1-2: Documentación técnica del interacumulador	38
Tabla 1-3: Documentación técnica bomba circulación	39
Tabla 1-4: Documentación técnica vasos de expansión	39
Tabla 1-5: Contribución solar mínima de ACS	40
Tabla 2-1: Datos geográficos del edificio	45
Tabla 2-2: Radiación sobre superficie horizontal, temperatura de red y ambiente en Sevilla	46
Tabla 2-3: Comparativa radiación solar sobre superficie horizontal y superficie inclinada	47
Tabla 2-4: Demanda de ACS unitaria de referencia a 60°C	48
Tabla 2-5: Parámetros constantes para el cálculo de demanda energética	49
Tabla 2-6: Demanda energética mensual	50
Tabla 2-7: Datos iniciales de diseño (Parte 1)	51
Tabla 2-8: Datos iniciales de diseño (Parte 2)	52
Tabla 2-9: Datos referenciales del análisis de sensibilidad para captadores todos en paralelo	53
Tabla 2-10: Datos referenciales del análisis de sensibilidad para captadores en conexión mixta (Parte 1)	55
Tabla 2-11: Datos referenciales del análisis de sensibilidad para captadores en conexión mixta (Parte 2)	56
Tabla 2-12: Registro histórico de temperaturas en Sevilla (1994-2018)	57
Tabla 2-13: Velocidad del fluido caloportador en función del caudal y diámetro	61
Tabla 2-14: Pérdida de carga del circuito primario en función de caudal y diámetro	61
Tabla 2-15: Información básica de elección por tramos	62
Tabla 2-16: Longitudes equivalentes de accesorios del circuito primario	63
Tabla 2-17: Pérdidas de carga por tramos en tuberías, accesorios, equipos y totales	65
Tabla 2-18: Pérdidas de carga totales por circuito	66
Tabla 2-19: Resumen de equilibrado de circuitos	67
Tabla 2-20: Volumen de fluido caloportador por tramos	69
Tabla 2-21: Espesores mín. asilam. tuberías que transportan fluidos calientes por interior de edificios.	72
Tabla 2-22: Espesores mín. asilam. tuberías que transportan fluidos calientes por exterior de edificios.	72
Tabla 2-23: Espesores de aislamiento en tuberías asignados por tramos	72
Tabla 2-24: Declinación y ángulo solar mensuales	77
Tabla 2-25: Índice de claridad medio	78
Tabla 2-26: Radiación solar directa y difusa	79
Tabla 3-1: Plan de vigilancia	95
Tabla 3-2: Plan de mantenimiento del sistema de captación	96
Tabla 3-3: Plan de mantenimiento del sistema de acumulación	96
Tabla 3-4: Plan de mantenimiento del sistema hidráulico	96
Tabla 3-5: Plan de mantenimiento del sistema de control	96
Tabla 3-6: Plan de mantenimiento del sistema auxiliar	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Diagrama de consumos de energías primarias en España (2016)	20
Figura 1-2: Horas de sol anuales en Europa	21
Figura 1-3: CHEQ4; Pestaña de Localización	23
Figura 1- 1-4: CHEQ4; Pestaña de Configuración	24
Figura 1-5: CHEQ4; Pestaña Demanda, consumo único	24
Figura 1-6: CHEQ4; Pestaña Demanda	25
Figura 1-7: CHEQ4; Pestaña Solar/Apoyo	25
Figura 1-8: CHEQ4; Pestaña Otros parámetros	26
Figura 1-9: CHEQ4; Pestaña Resultados	26
Figura 1-10: Vista aérea del Palacio de Congresos de Sevilla, Fibes	27
Figura 1-11: Vista 3D edificio Fibes II	28
Figura 1-12: Efecto invernadero en el interior de un captador solar	29
Figura 1-13: Esquema de sistemas de la instalación solar térmica	30
Figura 1-14: Partes de un captador solar plano	31
Figura 1-15: Interacumulador vertical	33
Figura 1-16: Caldera	33
Figura 1-17: Bomba de circulación	35
Figura 1-18: Esquema de principio de la instalación	36
Figura 1-19: Captador PROMASUN 2.6 (Partes y perfil con medidas)	37
Figura 1-20: Características generales del vaso de expansión	39
Figura 2-1: Zonas climáticas de España	45
Figura 2-2: Curvas comparativas de la radiación solar sobre superficie horizontal y superficie inclinada	47
Figura 2-3: Demanda energética mensual (MJ/mes)	50
Figura 2-4: Curva de variación de la fracción de demanda (f) con nº de captadores	53
Figura 2-5: Ratio volumen/acumulación frente a área de captación y fracción solar	54
Figura 2-6: Curva de variación de la fracción de demanda (f) frente al volumen de acumulación	54
Figura 2-7: Curva de variación de fracción de demanda (f) frente a N_s	55
Figura 2-8: Porcentaje de glicol función de la temperatura	58
Figura 2-9: Esquema del campo de captadores y conexiones	60
Figura 2-10: Curva caída de presión en paso por captador como función del caudal específico	64
Figura 2-11: Curva caída de presión en paso por interacumulador como función del caudal específico	64
Figura 2-12: Curva característica de la bomba de circulación	68
Figura 4-1: Distribución porcentual del presupuesto total por sistemas	102

1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 Objeto del proyecto

El siguiente proyecto tiene como objetivo el diseño de una instalación solar térmica de captadores solares para la producción de agua caliente sanitaria del Palacio de Congresos y Exposiciones de Sevilla, Fibes II.

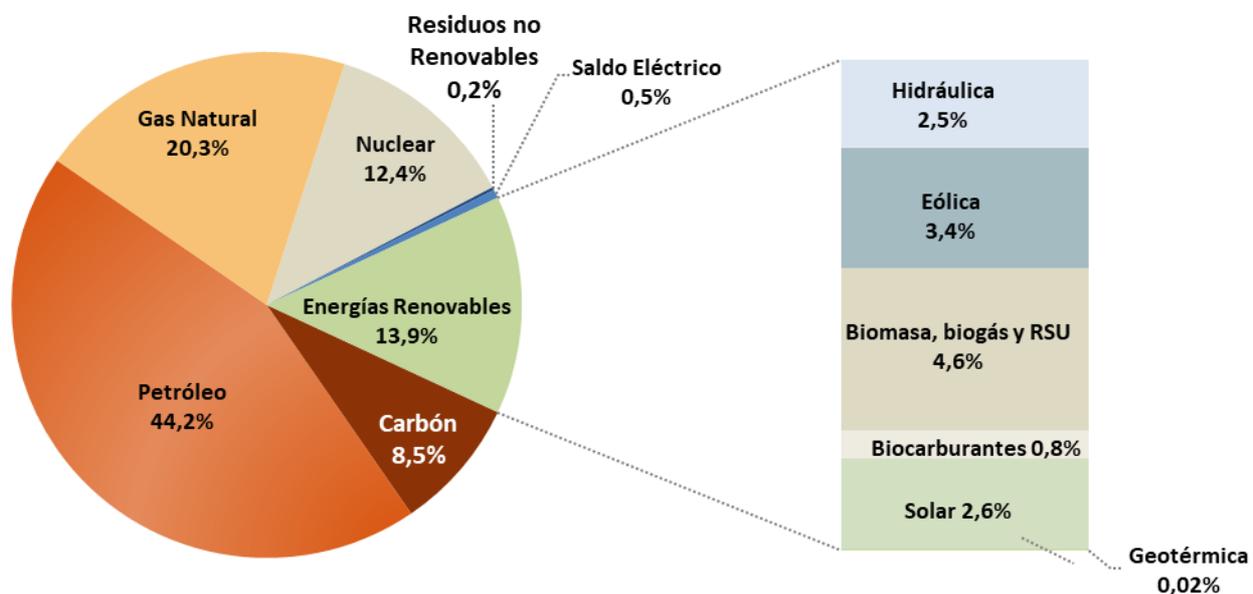
A partir de la demanda de agua caliente sanitaria necesaria, se obtendrá la fracción solar a cubrir por la instalación, que debe ajustarse a la normativa en vigor. Además, para el diseño físico de la instalación, ha de realizarse un análisis completo de los elementos que la componen, y una selección de cada uno de estos, para a continuación analizar económicamente el peso de estos elementos y calcular el presupuesto del proyecto completo.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Contexto energético español

La situación energética española está fuertemente marcada por la dependencia de la importación de energías primarias¹. Esto se debe a que alrededor de un 86% de la energía consumida procede de energías primarias no renovables (tales como el petróleo y el gas natural en mayor medida, así como el carbón o la energía nuclear), y que, sin embargo, España apenas dispone de producción de tales energías. Por ende, aproximadamente un 86% de la energía consumida en España proviene de compras a otros países, lo que hace que sea un país muy dependiente energéticamente.

El restante 14% proviene de energías primarias renovables. A continuación, en la Figura 1-1 se aprecia un gráfico de los consumos por tipos de energía primaria (año 2016).



[1]

Figura 1-1: Diagrama de consumos de energías primarias en España (2016)

1.2.2 Apuesta renovable

Las energías renovables son aquellas cuya fuente primaria es virtualmente inagotable, bien por considerarse una cantidad inestimable de energía que contienen, o bien porque esta es capaz de regenerarse por medios naturales. Se distinguen como formas de estas energías las fuentes: eólica, solar, de biomasa o biogás,

¹ Energía primaria: Es aquella energía disponible en la naturaleza, antes de ser convertida o transformada.

hidráulica, geotérmica, de biocarburantes y mareomotriz.

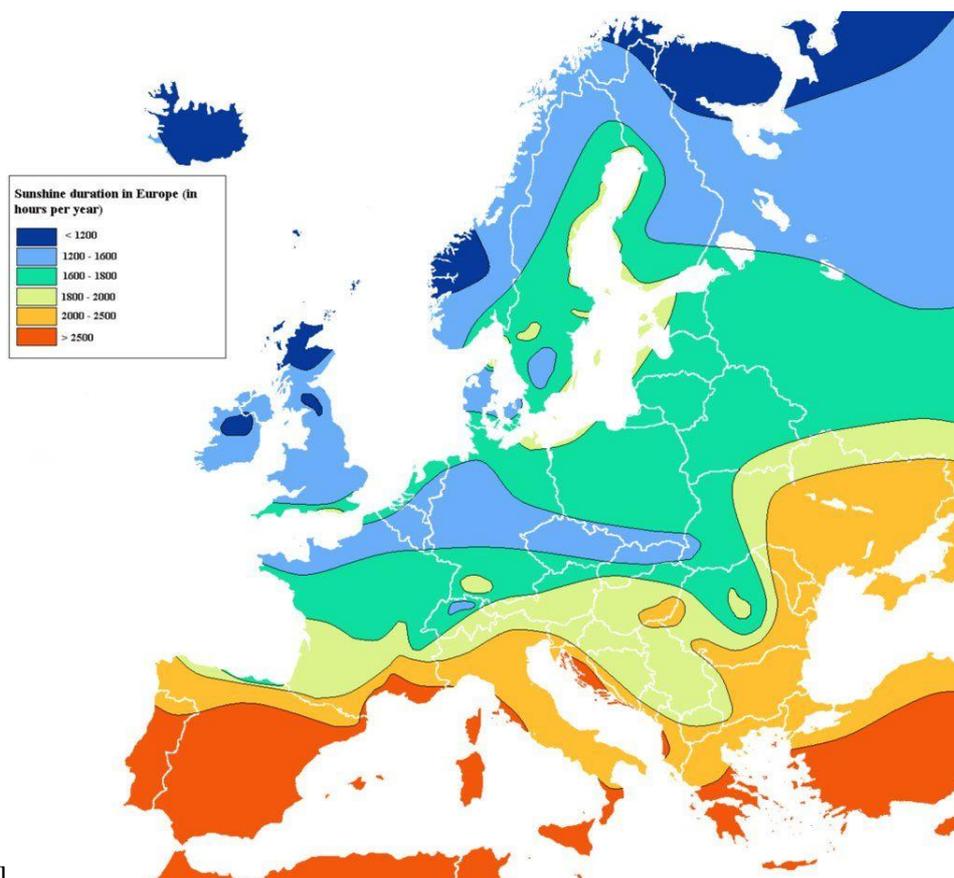
A la vista de la Figura 1-1, España tiene como objetivo aumentar el peso de las energías renovables, ya que estas tienen mayor posibilidad de desarrollo en el territorio. En este destacan las numerosas horas de sol, las rachas de viento en cantidad de zonas o el alto número de ríos y presas, entre otras fuentes primarias que favorecen la existencia de este tipo de energías. De este modo podría alcanzar mayor independencia energética.

En España el sector de la edificación supone alrededor de un tercio de la energía consumida, encabezada por la climatización que abarca un 45% de esta fracción, y seguida inmediatamente por la producción de agua caliente sanitaria con un 30%.

Esto corrobora la decisión tomada en este proyecto de diseñar una instalación basada en energías renovables, concretamente en la energía solar térmica a través de una instalación de captadores. Dicho tipo de energía supone una serie de ventajas desde el punto de vista económico, medioambiental y de la confortabilidad del usuario [2]:

- Es una energía cuya fuente es gratuita y considerable como inagotable como es el Sol.
- Es una energía limpia que por tanto reduce la emisión de gases productores de efecto invernadero.
- Reduce la dependencia central de los precios de gas y electricidad.
- Coste diferencial de la instalación amortizable a corto-medio plazo.

Para la implantación de una instalación basada en energía solar es principalmente relevante las horas de sol de la zona en que se ubique, destacando positivamente la ubicación de España, y concretamente de Andalucía que ha dispuesto de entre 2500 y 3000 horas de sol en la última década (Véase Figura 1-2):



[3]

Figura 1-2: Horas de sol anuales en Europa

1.3 Metodología de cálculo

1.3.1 Método f-chart

Para el cálculo de la fracción solar cubierta por la instalación de captadores solares, o, en definitiva, por energía solar, es habitual el uso del método f-Chart. Éste es un método de diseño basado en correlaciones aceptado como exacto para estimaciones a largo plazo. Sin la intención de recalar mucho en la explicación del método, cabe mencionar que este se aplica habitualmente adaptándose a la siguiente secuencia: En primer lugar, se valora las cargas caloríficas requeridas para el calentamiento de agua caliente sanitaria (ACS), así como la radiación solar incidente sobre el campo de captadores en la situación geográfica que ocupe. Posteriormente se lleva a cabo el cálculo de las variables X e Y adimensionales y con estas se determina la fracción de demanda cubierta f . Para concluir, se valora esta demanda calculada para cada mes, y suele interesar y se calcula esta cobertura también anual.

El método f-Chart tiene un rango de alcance en el que los cálculos se consideran veraces. Entre los requisitos se encuentra la necesidad de que sean sistemas de calefacción y producción de ACS donde la carga de ACS es menor que 20% que la de calefacción o la consideración de que es un sistema base de energía solar que no consta de intercambiador de calor en el circuito de captación.

1.3.2 Método CHEQ4

Sin embargo, para este proyecto se va a llevar a cabo una metodología de cálculo alternativa, que facilita el diseño de la instalación, pues, aunque se basa en el mismo método f-chart, evita el manejo de los cálculos numéricos que este conlleva. Se trata del uso del software CHEQ4. Este software es una herramienta de gran comodidad, ya que aparte de ser altamente dinámica para el diseño, se adapta y se actualiza según la normativa vigente española, además de disponer de una amplia base de datos.

El IDAE (*Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía*) en colaboración de ASIT (*Asociación Solar de la Industria Térmica*) llevaron a cabo la implementación del CHEQ4 como programa informático enfocado a que el sector de la energía solar térmica de baja temperatura dispusiese de mayores facilidades para aplicar, cumplir y evaluar la sección HE 4: *Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria*. Ésta, forma parte de la exigencia básica HE de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (CTE). Una de las causas por las que el CHEQ4 es de gran utilidad es la documentación que aporta a la finalización del diseño, otorgando viabilidad o no a la instalación en función de los requerimientos comentados, y generando automáticamente un certificado en caso de viabilidad.

La comodidad del software reside en que basta con rellenar una serie de pestañas y huecos que el programa muestra para ir dando forma a la instalación. Es por tanto un programa de manejo simple, si bien han de conocerse los datos necesarios a la mayor exactitud posible a cerca de cómo se pretende diseñar, para que el análisis y los resultados sean verídicos y válidos.

A continuación, se hará una explicación detallada del funcionamiento del software CHEQ4, y los pasos y procedimientos a seguir para la obtención de los resultados comentados anteriormente. (Toda la ejemplificación se llevará a cabo con la versión 2.0.1 del programa y la actualización de la base de datos con fecha de 29/11/2017)

Se mostrarán y explicarán seguidamente dichas pestañas ejemplificadas para el caso concreto de la instalación a estudiar.

1. Localización: El sistema solicita la introducción de la provincia y municipio concretos donde se ubicará la instalación, y, aunque aporta una altitud por defecto, puede modificarse este campo para precisar dicho parámetro de los captadores y demás equipos de la instalación. Además, aporta datos como zona climática donde se encuentra o latitud, así como una tabla con valores obtenidos del CTE de la radiación, temperatura de agua de red, y temperatura ambiente (todo ello valores medios mes a mes). (Véase Figura 1-3)

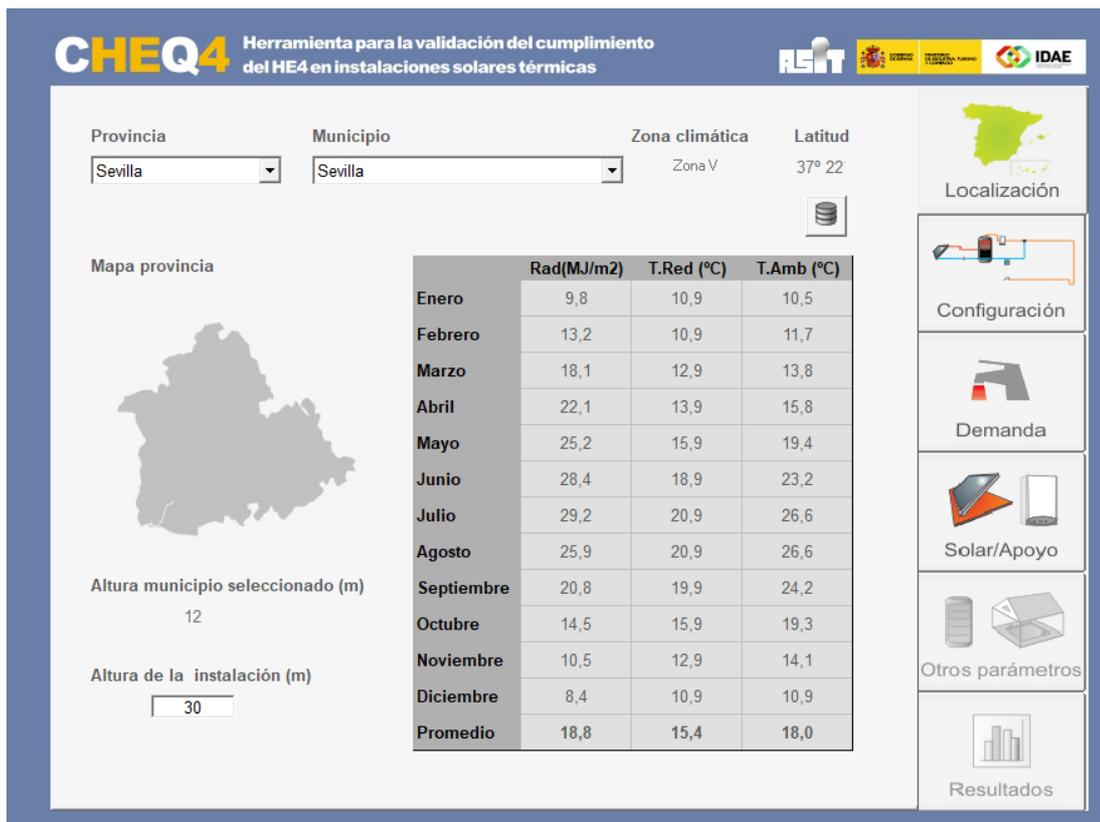


Figura 1-3:CHEQ4; Pestaña de Localización

2. **Configuración:** En esta pestaña se ha de escoger la disposición en la que se encontrarán los principales elementos de la instalación e incluso la aparición o no de algunos. Existe una primera subdivisión entre la que escoger una configuración de consumo único o bien de consumo múltiple. La primera de estas suele estar asignada a edificios de uso público, mientras que la configuración múltiple suele caracterizarse para viviendas. (Figura 1-4)

Debido a que las configuraciones genéricas que recoge CHEQ4 no se adaptan completamente a lo que se desea proyectar, y con el fin de ajustar dicha herramienta para los cálculos posteriores en la instalación, se llevará a cabo un proceso alternativo. La intención es poder adaptar la configuración que refleja CHEQ4 de una instalación con caldera contra un depósito auxiliar, pero para instalación de mayor tamaño como la que se trata. Se seleccionará en primer lugar la configuración de consumo único de “Instalación con acumulador”, para de la siguiente pestaña, que a continuación se explicará, poder disponer de un dato de referencia de *demanda diaria*. Una vez conocido este dato, se irá aguas arriba de nuevo, para seleccionar la configuración de consumo múltiple de “instalación con todo centralizado”.

3. **Demanda:** Esta pestaña se divide en tres partes diferenciadas: *consumo único*, *consumo múltiple* y *consumo total*. Debido al proceso alternativo explicado anteriormente, se pasará por esta pestaña en dos ocasiones. En primer lugar, al seleccionar la *instalación con interacumulador* quedará desbloqueada la sección de *consumo único* (véase Figura 1-5)



Figura 1- 4: CHEQ4; Pestaña de Configuración

Figura 1-5: CHEQ4; Pestaña Demanda, consumo único

El CHEQ4 proporciona el dato de *demanda calculada*, que se usará como posterior referencia. A continuación, seleccionando la pestaña de configuración de *Instalación con todo centralizado*, se interviene en la sección de *consumo múltiple* y *consumo total*, ajustando la suma de la demanda para alcanzar la cifra de 2982 litros diarios. Además, esta pestaña muestra la contribución mínima exigida, en este caso considerado como *caso general*, es del 60%. (Véase Figura 1-6)

4. **Solar/Apoyo:** Esta cuarta pestaña desglosa lo que podría considerarse como la información más técnica de la instalación, ya que recoge en cuatro subapartados: la empresa, marca, modelo y datos de ensayo de los captadores solares; los datos elementales del campo de captadores como la distribución, la orientación o la inclinación de estos; información de los circuitos primario y secundario, y por último un subapartado sobre el sistema de apoyo. (Véase Figura 1-7)

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

CONSUMO ÚNICO
 Aplicación:
 Número de...:
 Demanda calculada (l/día a 60 °C):

CONSUMO MÚLTIPLE

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="2"/>	120,0	2.856
Tipo B	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	0,0	0
Tipo C	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	0,0	0
Tipo D	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	0,0	0
Demanda calculada (l/día a 60 °C)		2.856		

CONSUMO TOTAL
 Otras demandas (l/día a 60°C):
 Demanda total (l/día a 60°C):

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA

OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100

Figura 1-6: CHEQ4; Pestaña Demanda

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

CAPTADORES
 Empresa:
 Marca/Modelo:
AVISO: Verificar la existencia y vigencia de la certificación del captador seleccionado.

Datos de ensayo

Área (m2)	2,37
n0 (-)	0,72
a1 (W/m2K)	3,45
a2 (W/m2K2)	0,024
Qtest(l/hm2)	72
k50	0,86
Laboratorio	Demokritos
Certificación	NPS-18916

CAMPO DE CAPTADORES
 Núm. captadores: Captadores en serie: Pérdidas sombras (%):
 Orientación (°): Inclinación (°): Área total captadores (m2): 66,36

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO
 Caudal prim.(l/h): Anticongelante (%): Long. circuito (m):
 Diám. tubería (mm): Esp. aislante (mm): Aislante:

SISTEMA DE APOYO
 Tipo de sistema:
 Tipo de combustible:

Figura 1-7: CHEQ4; Pestaña Solar/Apoyo

5. Otros parámetros: Se introducen en esta pestaña los datos relevantes respecto al volumen de acumulación, la distribución de los circuitos, y, en el caso que tenga lugar, los datos relevantes a una piscina cubierta en la instalación. (véase Figura 1-8)

Figura 1-8: CHEQ4; Pestaña Otros parámetros

6. **Resultados:** Es la última pestaña, en la que, a partir de toda la información anterior, se muestran los resultados, y da o no viabilidad legal a la instalación. La propia web del Ministerio para la transición económica del Gobierno de España cita que “en función de los datos introducidos el programa validará el cumplimiento de la contribución solar mínima definida por la exigencia HE4 y permitiendo a su vez generar un informe justificativo de los resultados obtenidos de forma rápida y sencilla.” (véase Figura 1-9)

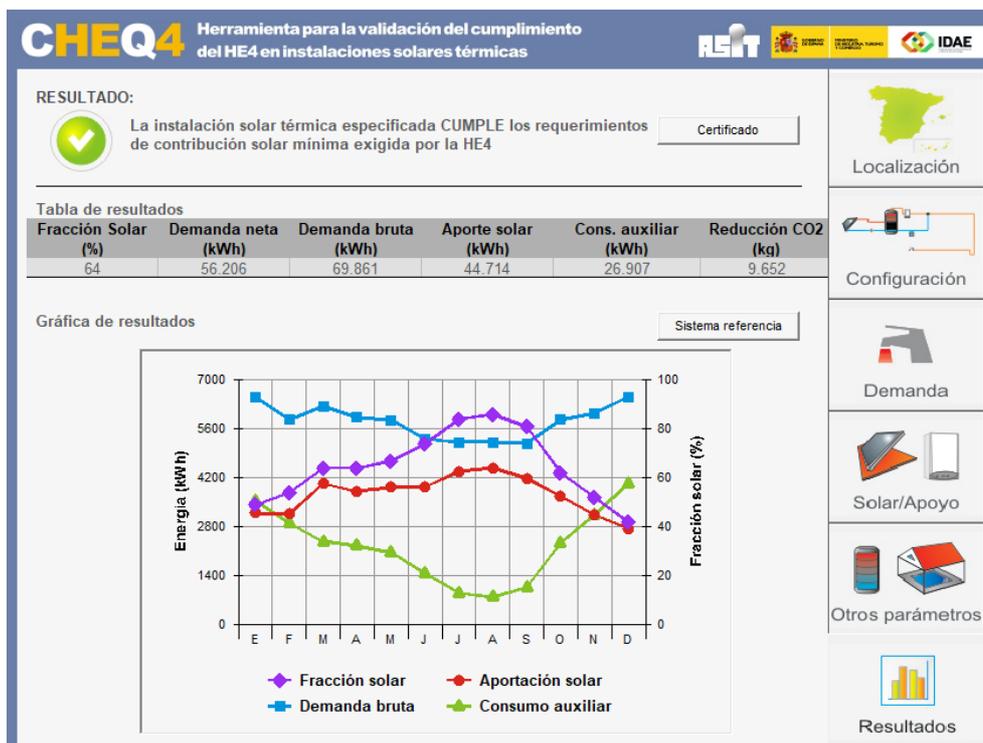


Figura 1-9: CHEQ4; Pestaña Resultados

1.4 Características del edificio

El edificio en cuestión en el que se basa el proyecto es el Palacio de Congresos y Exposiciones de Sevilla, Fibes, ubicado más concretamente en la Avenida Alcalde Luis Uruñuela, 1, en el barrio de Sevilla Este (Sevilla).

Actualmente, el palacio de congresos se divide en dos edificios diferenciados, conocidos como Fibes I, el edificio original, abierto al público en el año 1989, y Fibes II, inaugurado en septiembre de 2012. En realidad, el segundo edificio se trató de una ampliación del recinto, que vio como en apenas 23 años, el éxito de la sede requería de nuevas instalaciones. En Fibes II, se encuentra el, hasta la fecha, auditorio con mayor capacidad de España, con aproximadamente un aforo de 3200 personas.

Dicho esto, el estudio se basará en el edificio Fibes II, desarrollando pues la instalación de captadores solares en este edificio, de arquitectura y servicios muy diferentes al de Fibes I.

Del edificio original de 2012, se mantendrá el sistema auxiliar de apoyo constituido por dos calderas convencionales de gas natural, así como un interacumulador. Estos equipos entrarán en funcionamiento cuando el sistema de captación sea incapaz de abastecer la demanda completa del edificio. Aunque se harán alusiones al circuito de consumo, como se comenta, el diseño detallado de esta parte no será objeto del proyecto.

A continuación, se muestra una vista aérea de la localización geográfica del edificio (Figura 1-10) y una vista aérea en 3D (Figura 1-11):



[23]

Figura 1-10: Vista aérea del Palacio de Congresos de Sevilla, Fibes



[4]

Figura 1-11: Vista 3D edificio Fibes II

1.5 Descripción de la instalación

La instalación a diseñar abastecerá de ACS al edificio completo de Fibes II, el cual consta de tres módulos con distintas funcionalidades: los módulos A, B y C. En estos módulos se distinguen más de 30 salas multiusos, zonas de catering, camerinos, salas VIP, enfermería, taquillas, almacén, aseos, vestuarios y el auditorio; integrante principal del módulo C, y prácticamente del edificio.

A través de la instalación de energía solar térmica con captadores de placa plana se suministrará la demanda de ACS exigida por todos los consumos en cada uno de los espacios (que así lo requieran) anteriormente nombrados del edificio.

Al tratarse de un edificio de nueva construcción, requerirá de una instalación sin partir de ninguna previa.

Forman el circuito primario el campo de captadores solares junto con el depósito interacumulador, además de otros elementos como la bomba de circulación y el vaso de expansión. Por otro lado, se ha decidido mantener la instalación convencional existente en el edificio, ya comentada anteriormente.

1.5.1 Principio de funcionamiento

Con independencia de las posibles variables en tamaño, disposición o equipos, el principio de funcionamiento de una instalación solar térmica será común. Este se basa en la transformación del calor que los captadores reciben por la radiación solar, en energía solar térmica. Consta de un circuito primario, en el que dicho calor se transfiere del campo de captadores a un fluido caloportador y posteriormente cabe la opción de almacenarse o no para su aprovechamiento. Se considera prescindible la acumulación en casos en que la demanda de energía de la instalación es prácticamente constante durante horas de disponibilidad de sol. Por el contrario, se usará la acumulación en aquellas instalaciones en que no se cumpla esta regularidad, para suplir el desfase que existe entre la radiación solar y el consumo. Si se consideran las ventajas de la acumulación y se decide diseñar de esta manera, cabe la posibilidad de hacerlo en el mismo fluido del circuito primario, o bien transferir dicha energía térmica a otro fluido, dando lugar a otro circuito que abastecerá los puntos de consumo.

1.5.2 Principios físicos de la captación solar

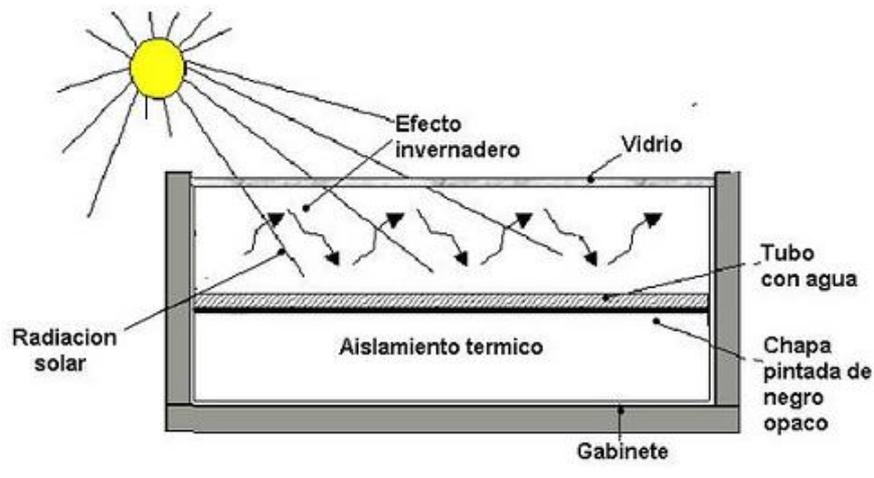
Aunque esta instalación térmica no depende exclusivamente de la captación, podría considerarse el equivalente a un motor, o a otra fuente convencional de energía que hace posible el comienzo del funcionamiento de una instalación. Por ello, aunque se mostrarán más adelante las partes de un captador plano, se desarrollan a continuación los principios físicos que hacen posible y útil el uso de captadores:

- 1. Cuerpo negro:

El absorbedor es el elemento del captador responsable de captar la radiación solar y transformarla en energía térmica. Sin embargo, no absorbe toda la radiación que recibe, sino que un cierto porcentaje se deja de absorber al ser reflejada o atravesada. Un cuerpo negro se define como aquel cuerpo ideal que absorbería toda la radiación solar recibida, y debido a que cuerpos oscuros y mates tienen mayor absorptividad que otra gama de colores, así se fabricarán los captadores, procurando asemejarse al concepto de cuerpo negro explicado.

- 2. Efecto invernadero:

Este efecto tan utilizado para el ámbito ambiental tiene también lugar en equipos como los captadores, cubiertos por un vidrio. Está ligado directamente con la longitud de onda de las radiaciones y la transmisividad del vidrio. La longitud de onda de la radiación solar oscila entre 0.3 y 2.4 micras, encontrándose dentro del rango de longitud que atraviesa al vidrio (entre otros elementos transparentes) que oscila entre 0.3 y 3 micras. Sin embargo, al encontrarse con el absorbedor, aumenta la temperatura y emite radiaciones de una longitud de onda de entre 4.5 y 7.2 micras. Esta longitud de onda no traspasa el vidrio de dentro hacia fuera, que actúa como cuerpo opaco, y se refleja de nuevo hacia el absorbedor, lo que provoca un aumento de la temperatura de nuevo y favorece la posterior transferencia al fluido caloportador. (véase Figura 1-12)



[5]

Figura 1-12: Efecto invernadero en el interior de un captador solar

- 3. Aislamiento:

El aislamiento térmico del conjunto respecto al exterior es un principio básico a la hora de configurar los captadores. Es imprescindible que el calor se mantenga para poder realizar la transferencia al circuito primario, es decir, que no sufra pérdidas hacia el exterior.

Del mismo modo, este principio ha de cumplirse para el resto de la instalación, ya que si en cualquiera de los equipos, o conexiones se produjeran pérdidas significativas, a parte de una caída de rendimiento de la instalación, podría ocurrir que no se cubriese la demanda exigida.

1.5.3 Sistemas de la instalación

Aunque existe variedad en el diseño de instalaciones termosolares, al igual que para el principio de funcionamiento de estas, la configuración general no distará en exceso del siguiente esquema que se muestra en la Figura 1-13. Para casos generales, puede hablarse de sistemas o subsistemas (en adelante *sistemas*, por abreviar) que conforman la instalación, pudiéndose distinguir hasta seis.

Para precisar, lo que se distingue como *Circuito secundario* en la Figura 1-13, constaría de una serie de tuberías y accesorios que unirían el intercambiador de calor con el depósito acumulador. Sin embargo, al incluir ambos elementos en uno solo, a través de la instalación de un interacumulador, este circuito de tuberías se verá suprimido.

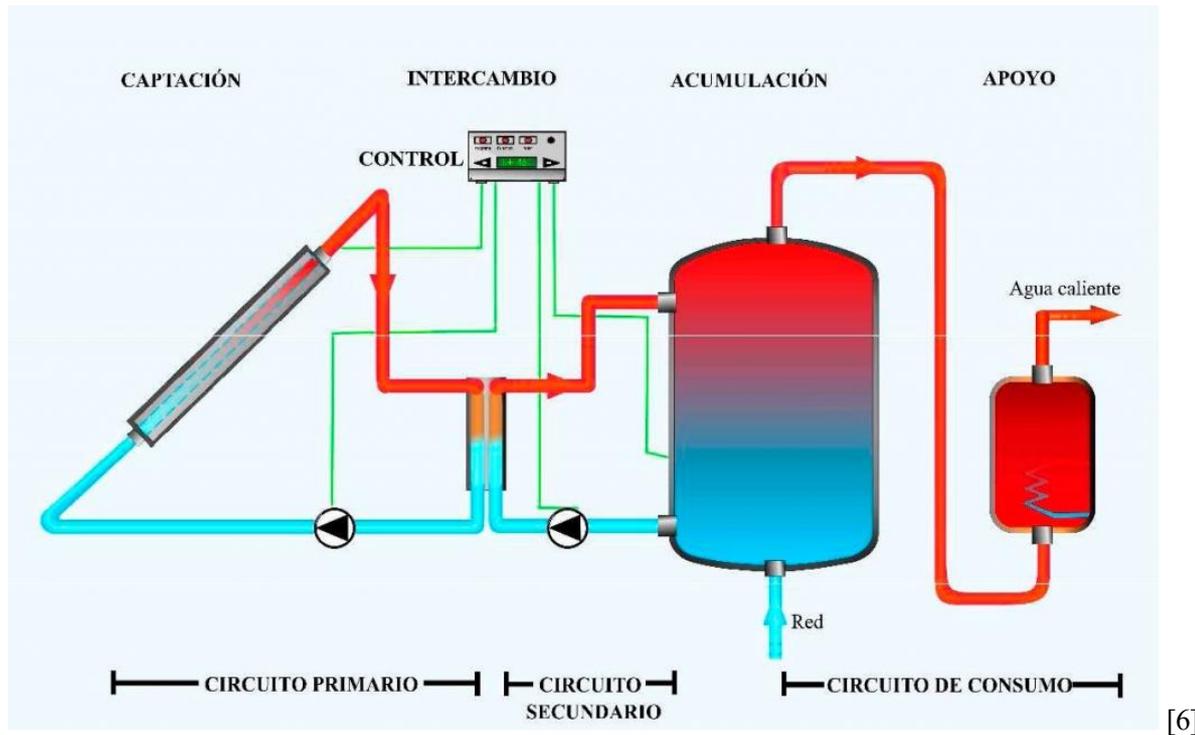


Figura 1-13: Esquema de sistemas de la instalación solar térmica

1.5.3.1 Sistema de captación

Es el sistema compuesto por el campo de captadores solares, encargado de la transformación de energía de la radiación solar en calor y la transferencia de este al fluido caloportador. Los captadores han de adecuarse a la geografía en la que se encuentren, tanto su posicionamiento, como las características de las que estén fabricados.

Captadores solares:

Los captadores solares planos que forman el campo de captadores son los elementos más reconocibles dentro de una instalación solar térmica, y son intercambiadores de calor que consiguen transformar la energía radiante solar en energía térmica. El fluido caloportador al que la trasmite ha de estar dentro del propio captador para que el intercambio se realice, y conjuntamente conectado formando parte del circuito primario de la instalación.

La energía radiante captada es la base de funcionamiento de la instalación, por lo que este proceso ha de procurar optimizarse de la mayor forma posible, y se atiende a distintos aspectos:

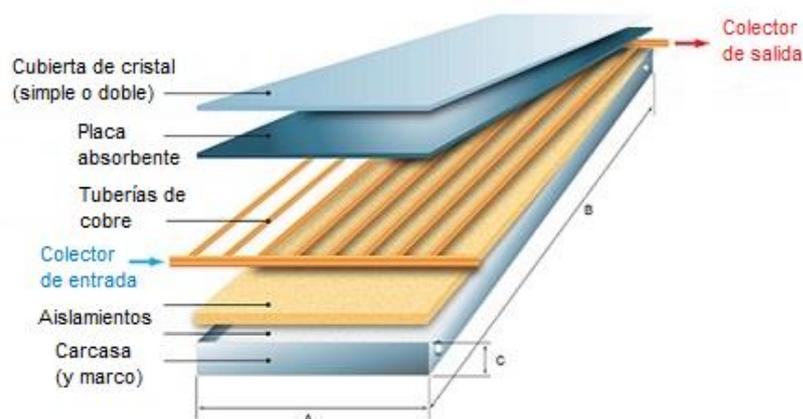
- **Orientación:** En el hemisferio norte del planeta, se considera que la orientación óptima es la orientación Sur. Los captadores irán ubicados en la cubierta, la cual es particularmente plana y extensa, lo que permitirá en esta instalación coloquen en dicha orientación de 0° , es decir, hacia el sur.
- **Inclinación:** Al igual que para la orientación de los captadores, el CTE rige que la inclinación óptima dependerá del periodo de utilización, y en el caso en que la demanda es aproximadamente constante, la latitud óptima sería igual que el valor de la latitud del lugar geográfico.
- **Sombras:** Las posibles sombras totales o parciales de un panel pueden causar unas disminuciones de rendimiento muy grandes, por lo que deben evitarse. Estas pueden ocurrir por agentes externos, o por sombra entre un panel y otro. En el caso de este proyecto, el campo de captadores no sufrirá sombras destacables.

Estos son algunos de los aspectos importantes a tener en cuenta para la instalación de los captadores con respecto a su posicionamiento, que demuestran la variación que puede sufrir el rendimiento en función de estos parámetros.

Además, aparecen una serie de fundamentos que controlan el uso de los captadores solares en la instalación:

- Cuánto mayor es la temperatura del agua de red de alimentación, mayor será el rendimiento de la instalación, puesto que el salto de temperatura será menor.
- La temperatura de captación conviene que sea lo mayor posible mientras se asegure un alto rendimiento.
- Debe darse preferencia a la utilización de la energía solar térmica sobre la fuente de energía convencional instalada. El CTE establece un rango de entre 60% y 80% para este tipo de instalaciones.
- La disposición de los captadores para su conexión es de gran importancia. Principalmente se distinguen 3 formas de conexión: Serie, paralelo y mixto serie-paralelo.
 - Serie: el fluido recorre las tuberías de cada captador y a su salida entra en el siguiente.
 - Ventajas: El caudal necesario en el circuito primario es menor, y con esto, la longitud de la red de tuberías y el diámetro de estas también lo será. Todo ello reducirá los costes de material, la pérdida de fluido, y hará válida la instalación de una bomba de circulación de menores prestaciones, y por tanto más barata.
 - Inconvenientes: El rendimiento disminuye a cada paso en serie por un captador. También la temperatura de salida a cada paso se va incrementando, lo que puede generar un sobrecalentamiento (con accionamientos de válvulas de protección). Además, ya que el CTE regula la temperatura de los puntos de consumo, podrían generarse pérdidas forzadas de fluido caloportador y presión de la instalación.
 - Paralelo: el fluido recorre por tuberías independientes cada captador solar.
 - Ventajas: El rendimiento se mantiene constante en todos los captadores, obteniendo alta eficiencia. La temperatura a la salida de cada colector será menor, pero suficiente para ACS, por lo que se evitarán los problemas con sobrecalentamientos.
 - Inconvenientes: El caudal necesario del circuito primario se multiplica con cada rama, así como el diámetro de tubería y longitud del propio circuito. Por tanto, se encarece el diseño de la red, incluyendo el precio de el mayor de número de accesorios de tuberías, y de la bomba de circulación.
 - Mixto serie-paralelo: Según la combinación de la conexión que se haga, se podrán equilibrar las ventajas e inconvenientes de la disposición en serie y en paralelo.

Con todo lo anterior, el campo de captadores diseñado para este proyecto resultará tener una configuración mixta con 24 captadores, 2 en serie, con orientación Sur, inclinación de 43.3° de todos los captadores, los cuales producen un 0% de pérdidas por sombras entre sí. Todo esto resultado del estudio en busca de la instalación óptima.



[7]

Figura 1-14: Partes de un captador solar plano

1.5.3.2 Sistema de intercambio

Es el sistema que da lugar a la transferencia de calor desde un circuito primario a uno secundario, tras el cual, se llevará el ACS a los puntos de consumo a través de un circuito que recibe dicho nombre. Este sería el caso de intercambio indirecto, y puede encontrarse el acumulador integrado o no en el depósito. La otra opción es el intercambio directo a través del fluido de trabajo de los captadores.

1.5.3.3 Sistema de acumulación

Este sistema hace posible el mejor aprovechamiento de una energía renovable como es la de la radiación solar, ya que solventa los desfases existentes entre esta y el consumo. Como ya se ha comentado, existen casos en que es prescindible, pero la incorporación de este sistema hace posible la búsqueda de la optimización para el dimensionado de una instalación, ya que pueden satisfacerse distintas fracciones de demanda.

Interacumulador:

En el caso de esta instalación, se ha decidido en el diseño utilizar interacumuladores, aunando así los dos sistemas explicados anteriormente en un solo equipo. Como se ha mencionado en el apartado *1.5.3.2 Sistema de intercambio*, existe el caso de intercambio de calor directo, con intercambiador (serpentín) integrado en el depósito acumulador de agua.

El desfase entre la oferta y la demanda de energía comentado anteriormente se produce debido a que una de las principales características de la energía solar (así como de la mayoría de las energías renovables), es que el aporte no es controlable. No es posible “apagar” y “encender” el Sol como se haría con una fuente de energía convencional como por ejemplo una caldera. Por tanto, existirán periodos de tiempo en que el aporte será mayor que el demandado, y viceversa.

El interacumulador es a todos los efectos un depósito, y como tal ha de cumplir una serie de requisitos:

- Se coloca habitualmente en posición vertical y suelen ser esveltos (con alta relación “longitud/diámetro):

Ambos factores favorecen la estratificación del agua. Este fenómeno consiste en la separación en distintas “capas” a distintas temperaturas dentro de una masa de agua (o cualquier otro líquido) debido a la diferencia de densidades. En otros muchos equipos de instalaciones térmicas como los desgasificadores², se pretende evitar la estratificación para unificar en la medida de lo posible la temperatura dentro de un depósito, sin embargo, en este caso ocurre lo contrario. Es conveniente contar por un lado con el agua a mayor temperatura en la zona alta del depósito donde se ubicará la salida hacia el acumulador de apoyo o bien directamente a los puntos de consumo, y por otro, en la zona inferior del depósito el agua a menor temperatura por donde el interacumulador recibe el agua de red, y esta se calentará en el circuito primario.

- La vida útil ha de ser al menos del orden de la vida útil de los captadores.
- Debe tener buenas propiedades medioambientales y de higiene.
- Debe poder soportar las temperaturas y presiones de trabajo.
- Conviene introducir un by-pass en la zona inferior del interacumulador para casos en que la instalación solar deje de funcionar.

En la instalación aparecerán dos interacumuladores, ya que el interacumulador en contacto con los captadores (el del circuito primario), interacumulador solar en adelante, a su vez actuará frente al interacumulador del circuito de consumo, que tendrá características idénticas.

² Un desgasificador es un equipo común en instalaciones térmicas en industrias encargado de eliminar el oxígeno y otros gases con la función de evitar corrosión y traslados bifásicos de agua a lo largo de la instalación.



[6]

Figura 1-15: Interacumulador vertical

1.5.3.4 Sistema de apoyo

También calificado como sistema auxiliar, es el encargado de cubrir la demanda inalcanzada por la instalación en ciertos momentos. Requiere de un equipo auxiliar, que comúnmente es una caldera convencional, o termo eléctrico, pudiéndose utilizar también calderas de condensación, de baja temperatura, de biomasa o eléctricas. Este equipo se encargará de calentar agua, u otro fluido caloportador, y transferirlo a través del sistema hidráulico al intercambiador ubicado dentro o fuera del depósito de apoyo, y gracias al serpentín transfiere el salto de temperatura que requiere el agua antes de trasladarse a los puntos de consumo.

En el caso estudiado, el sistema de apoyo se ha conservado como se encuentra el edificio previa instalación solar, en el que los principales equipos son dos calderas idénticas que funcionarán con gas natural, en conexión a un interacumulador.

Caldera convencional:

Se ha escogido la instalación de dos calderas convencionales como equipos de apoyo, que cubran la demanda en los casos en que el sistema prioritario, el de los captadores solares, no sea capaz de cubrirla. Estas ocasiones se darán bien porque la producción de energía térmica sea escasa; por motivos meteorológicos, por averías, por periodos de desconexión necesaria por mantenimiento, etc., o bien porque la demanda sea inusualmente elevada, y sea necesario un sistema de apoyo que permita abastecer la demanda requerida.

El consumo del sistema auxiliar dependerá del tiempo que se requiera de su utilización y del salto de temperatura que requiera el agua. Con todo esto, se reitera, que debe minimizarse en la medida de lo posible el uso de el equipo auxiliar.



[8]

Figura 1-16: Caldera

1.5.3.5 Sistema de regulación y control

Se trata del sistema responsable del correcto funcionamiento de toda la instalación. Ha de coordinar el tiempo de funcionamiento y las funciones de cada elemento de la instalación. Las principales funciones de este sistema son:

- (a) Proteger los elementos de condiciones de funcionamiento fuera de lo común.

Las principales circunstancias posibles que pueden dificultar el funcionamiento de la planta son los sobrecalentamientos o las heladas.

Se debe controlar la temperatura de los elementos de la instalación, de modo que no superen las máximas soportadas por los materiales que los conforman o impidan tratamientos y procesos que se lleven en estos por una temperatura inadecuada. Esto se llevará a cabo a través de un módulo de control diferencial, un dispositivo que gracias a una serie de sensores a la salida de los captadores solares (para el circuito primario) y a del depósito acumulador (para el circuito secundario) advierte al sistema de control para el accionamiento o parada de las bombas en ambos circuitos.

El fenómeno de heladas es muy improbable en un clima como el de Sevilla, pero aún así se requiere de prevención.

Otro requisito a tener en cuenta por el sistema de control es el mantenimiento del fluido caloportador al menos 3°C por encima de su temperatura de congelación.

- (b) Optimizar el uso del sistema auxiliar.

Como ya se ha mencionado, el sistema prioritario de producción de energía ha de ser el sistema de captadores solares, como así exige el CTE, por lo que se debe optimizar el uso del sistema de apoyo en el funcionamiento de la instalación.

Gracias al sensor a la salida del acumulador comentado en el punto (a), se conocerá de forma precisa cuando es necesario el sistema auxiliar. Concretamente, cuando dicho sensor marque una temperatura menor a la temperatura de consumo más un incremento de 5°C, será necesario la intervención del sistema de apoyo.

1.5.3.6 Sistema hidráulico

Es el sistema que une a todos los anteriores sistemas interconectándolos. Permite que el fluido siga el recorrido adecuado en cada momento y llegue a los equipos y a todo punto de la instalación. Está equipado con bombas de impulsión y vasos de expansión entre otros elementos.

1. Bomba de circulación:

Este elemento es el encargado de trasladar el agua de un equipo a otro. La instalación al completo siempre consta de al menos dos, puesto que, en el circuito primario, que es un circuito cerrado, la bomba controla la circulación del agua en el recorrido entre los captadores solares y el intercambiador de calor en el depósito acumulador. En los equipos, el agua debe ser capaz de trasladarse tanto en el recorrido a través de los tubos interiores de los captadores, como en el serpentín del intercambiador a una velocidad adecuada para que se produzca el intercambio de calor. Será necesaria otra bomba de circulación en el circuito de consumo, y, en definitiva, en cada circuito independiente que requiera de traslado forzado de agua.

En el presente proyecto, debido a sus dimensiones y respetando el cumplimiento del CTE, serán cuatro el número de bombas de circulación en la instalación.



[9]

Figura 1-17: Bomba de circulación

2. Vasos de expansión:

El vaso de expansión es un elemento que se encarga de mantener el correcto funcionamiento de la instalación ante variaciones de presión del fluido. En el caso de la instalación de ACS, existen circuitos cerrados de agua, que sufren variaciones de temperatura, lo que conlleva a variaciones de presión. El vaso de expansión absorbe dicho gradiente de presión debido a su geometría interna. Se trata de un depósito que consta de dos cámaras separadas por un elastómero móvil. Una de ellas está en contacto con el agua del circuito y la otra cámara contiene un gas inerte presurizado. Al aumentar la presión, la cámara en contacto con el agua aumenta su volumen y genera la compresión del gas inerte en la segunda cámara, que ejerce presión hacia el elastómero en sentido opuesto. De este modo el circuito continúa presurizado, además de admitir una pequeña variación de volumen por dilataciones del fluido caloportador correspondiente.

3. Tuberías:

La red de tuberías hace posible el traslado del fluido caloportador a lo largo de toda la instalación. La importancia del diseño de la red es crucial, así como su correcto mantenimiento. Cabe distinguir entre aquellas tuberías destinadas al circuito primario y aquellas que se instalarán para el circuito secundario.

El circuito primario, consta de tuberías que estarán expuestas en el exterior, ya que este circuito conecta los captadores solares con el intercambiador de calor correspondiente, y, por lo tanto, las tuberías que conforman este circuito tendrán que adaptarse a las distintas situaciones climatológicas.

Habitualmente se utilizan tuberías de cobre, acero inoxidable o acero galvanizado.

Por el contrario, el circuito secundario, salvo tramos que puedan ser puntuales, serán tuberías de interior, exentas de un gran deterioro por factor climatológico, aunque requieren de igual modo de un mantenimiento muy específico. Y es que, estas tuberías transportan agua en el circuito que contacta con los puntos de consumo final, y aunque el ACS no se utiliza para beber, se considera agua de consumo humano, por estar en evidente contacto, y como tal, los componentes de las tuberías no deben modificar la potabilidad del agua y deben contar con marcado y certificado de las correspondientes normas UNE-ISO.

Habitualmente se utilizan materiales metálicos como el cobre, el acero inoxidable o el acero galvanizado, o bien termoplásticos como el PVC, PE-X, PB, PP, PE-RT o PVC-C.

Para esta instalación se ha escogido la opción del cobre como material para las tuberías de ambos circuitos, debido a una serie de ventajas:

- Económico
- Ligero
- Duradero (resistente ante corrosión y mayor estabilidad en las uniones soldadas)
- Elástico (facilidad para ser curvado)
- Protector ante contaminantes del suministro de agua doméstica.

Muchas de estas ventajas pueden obtenerse con materiales plásticos, pero destaca el cobre por su menor degradación con el tiempo y con la fatiga por dilataciones térmicas, así como por sus buenas propiedades al trabajar en contacto con mezclas de agua y glicol, como será el caso de esta instalación.

1.6 Esquema de principio

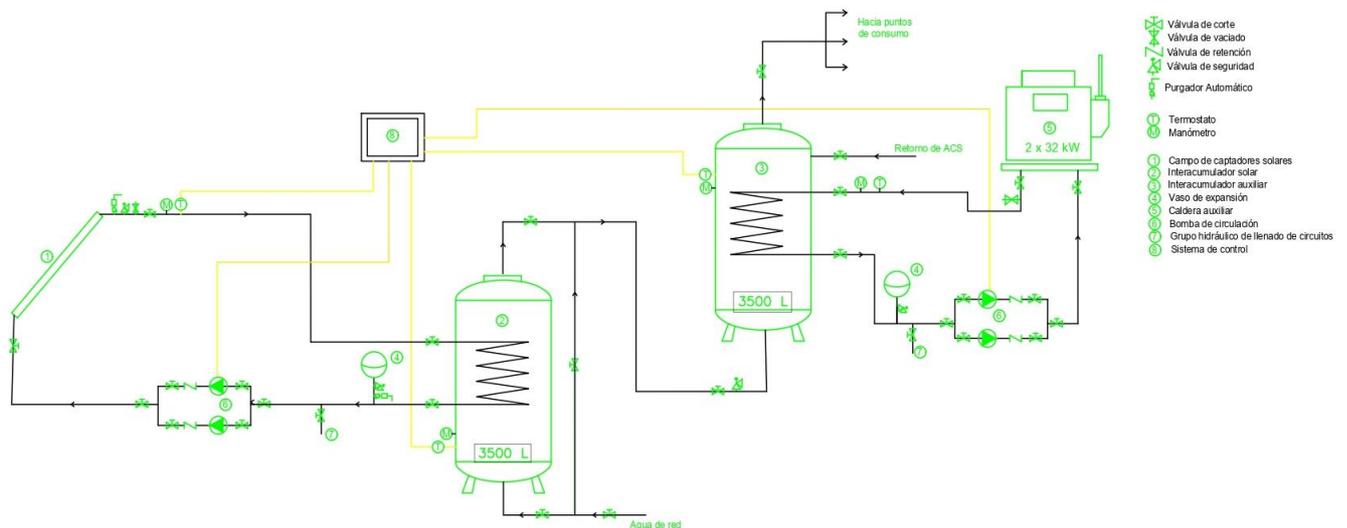


Figura 1-18: Esquema de principio de la instalación

A partir del esquema de principio puede apreciarse el funcionamiento de esta instalación de energía solar térmica. Conociéndose ya las posibilidades de disposición de una instalación solar térmica, se pasa a explicar con brevedad el funcionamiento de la que se llevará a cabo concretamente en este proyecto.

Cuando el campo de captadores solares, o colectores, reciben y absorben la radiación solar la transfieren en forma de calor al circuito primario, y a través de este se transporta el fluido caloportador hacia el serpentín del intercambiador de calor. El serpentín, como se ha comentado anteriormente, puede ubicarse como equipo independiente del depósito de acumulación, pero, por el contrario, en este caso se aúna en un solo equipo colocando un interacumulador. Tras pasar por el serpentín el agua del circuito primario, transfiere el calor al agua de entrada de red, que en un futuro será el agua de consumo. Esta agua se acumulará en el depósito, el cual consta de una salida conectada con el depósito auxiliar o de apoyo. La función de este segundo depósito no es otra que aportar más control y calidad al suministro de agua caliente sanitaria. La alimentación de agua del depósito auxiliar es el acumulador anterior, que viene a cierta temperatura (superior a la de red), pero que en algunos casos no alcanzará la temperatura óptima para el consumo. Por ello, este interacumulador goza también de la conexión a un equipo de apoyo que será una pareja de calderas de gas natural, que, suministrando calor a través de un serpentín, consiguen alcanzar el salto de temperatura necesario para satisfacer la demanda adecuada en los puntos de consumo.

Para el adecuado funcionamiento de todos los sistemas y equipos mencionados, es necesario la intervención del sistema de control y regulación. Coordina el funcionamiento y parada de los equipos implicados en cada momento.

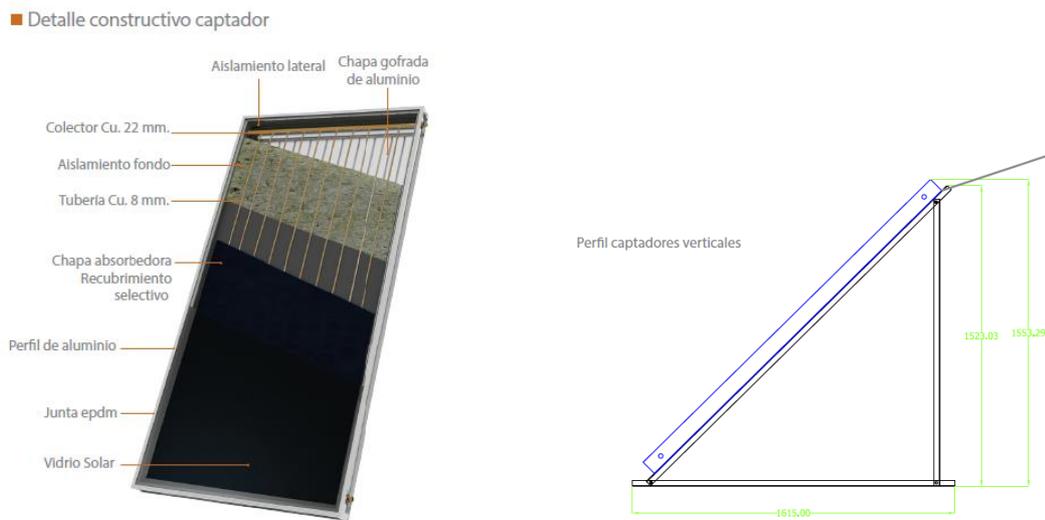
Cabe mencionar el aprovechamiento de las sondas de temperatura a la salida del campo de captadores, a modo de sistema de protección contra heladas. Ya se mencionó anteriormente la existencia de estas sondas, que forman parte del sistema de regulación y accionan o paran las bombas dando lugar al funcionamiento o parada del sistema de captación, pero, además, se ajustan de tal modo que evitan la congelación de los sistemas, ya que, a partir de una temperatura mínima fijada, acciona la bomba, y evita aprovechar la propia energía del depósito para aumentar la temperatura en el circuito. De este modo, se evitan mayores cantidades de anticongelante, o bien, se sobreprotecciona a través de otro método por si el primero se deteriorase.

1.7 Características técnicas

Actualmente existe una variedad muy amplia de equipos, auxiliares, y todo tipo de elementos para las instalaciones. Han de escogerse de entre los que se encuentran en el mercado, aquellos que más convengan por sus características, calidad o precio (entre otros factores a tener en cuenta). Son los fabricantes los que a través de catálogos o fichas técnicas dan a conocer sus productos. A continuación, se desglosan las fichas técnicas de los principales elementos explicados anteriormente.

1.7.1.1 Captador solar

Empresa y modelo: Promasol - PROMASUN 2.6 Verticales



[10]

Figura 1-19: Captador PROMASUN 2.6 (Partes y perfil con medidas)

Tabla 1-1: Documentación técnica del captador solar

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES	Verticales			Horizontales	
	PROMASUN 1.5	PROMASUN 2.0	PROMASUN 2.6	PROMASUN 2.0	PROMASUN 2.6
Largo(mm.)	1.530	2.030	2.030	1.030	1.030
Ancho(mm.)	1.030	1.030	1.280	2.030	2.280
Fondo(mm.)	80	80	80	80	80
Área total(m ²)	1,58	2,09	2,6	2,09	2,6
Área apertura(m ²)	1,4	1,88	2,37	1,88	2,37
Peso en vacío(Kg.)	28	36,5	45	36	44,5
Capacidad (Litros)	1,12	1,28	1,64	1,28	1,64
Material caja	Aluminio Anodizado				
Cubierta					
Aislamiento fondo					
Aislamiento lateral					
Captador solar	Selectivo				
Recubrimiento					
Material					
Tubería					
Conexiones	45 a 70 l/m ² h. 10 bar				
Caudal recomendado					
Presión max. de trabajo					
Curva de Rendimiento					
η_0	0,72	0,67	0,72	0,67	0,72
k_1	3,45	4,05	3,45	4,05	3,45
k_2	0,024	0,012	0,024	0,012	0,024

[10]

1.7.1.2 Interacumulador

Empresa y modelo: Lapesa - *Interacumulador MVV3500SSB*

Tabla 1-2: Documentación técnica del interacumulador

Depósitos de acero vitrificado, de 1500 a 6000 litros **lapesa**

Con serpentines

Descripción
Depósitos de gran capacidad para producción y acumulación de agua caliente sanitaria. Fabricados en acero vitrificado s/DIN 4753 y capacidades de 1500 a 6000 litros.
Incorporan un sistema de serpentines desmontable, fabricado en acero inoxidable, como sistema de producción propia de ACS a través de una fuente calorífica externa que puede ser un circuito de caldera o paneles solares. Los modelos MVV...-SSB tienen la superficie de intercambio del conjunto de serpentines aumentada para un mejor aprovechamiento de la energía procedente de paneles solares (ver tabla).
Aislados térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectada en molde, libre de CFC.
Todos los modelos disponen de conexiones para la incorporación de resistencias eléctricas de calentamiento como sistema de apoyo.
Incorporan de serie equipo de protección catódica permanente "Lapesa Correx-up" (ver pag. 42).

[11]

Características técnicas /Conexiones /Dimensiones		MVV1500 SB/ SSB	MVV2000 SB/ SSB	MVV2500 SB/ SSB	MVV3000 SB/ SSB	MVV3500 SB/ SSB	MVV4000 SB/ SSB	MVV5000 SB/ SSB	MVV6000 SB/ SSB
Capacidad de A.C.S	l	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000
Temperatura máx. depósito de A.C.S	°C	90	90	90	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S. (*)	bar	8	8	8	8	8	8	8	8
Temperatura máx. circuito de calentamiento (**)	°C	120	120	120	120	120	120	120	120
Presión máx. circuito de calentamiento	bar	25	25	25	25	25	25	25	25
Número de serpentines -SB /-SSB	und	2 / 3	2 / 3	3 / 4	3 / 5	4 / 5	4 / 5	5 / 6	5 / 6
Capacidad de serpentines -SB /-SSB	l	17 / 25	19 / 29	28 / 35	29 / 48	38 / 48	38 / 48	48 / 56	48 / 56
Superficie de intercambio -SB /-SSB	m ²	2.8 / 4.2	3.4 / 5.0	4.8 / 6.1	5.0 / 8.4	6.7 / 8.4	6.7 / 8.4	8.4 / 10.0	8.4 / 10.0
Peso en vacío aprox. -SB /-SSB	Kg	430 / 445	495 / 510	675 / 685	740 / 765	810 / 825	980 / 995	1110 / 1120	1216 / 1228
Cota A: diámetro exterior	mm	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910	1910
Cota B: longitud total	mm	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710	3210
Cota C:	mm	160	160	195	195	195	190	190	--
Cota D:	mm	680	680	800	800	800	880	880	946
Cota E:	mm	760	920	910	1015	1015	1055	1055	1136
Cota F:	mm	400	400	400	400	400	400	400	400
Cota G:	mm	1095	1470	1225	1410	1545	1400	1580	2194
Cota H:	mm	1285	1660	1415	1600	1735	1590	1770	2384
Cota M:	mm	210	210	285	285	285	350	350	--
w: entrada agua fría	*GAS/M	2	2	3	3	3	3	3	3
e: desagüe	*GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	2
ww: salida agua caliente	*GAS/M	2	2	3	3	3	3	3	3
z: recirculación	*GAS/M	1-1/2	1-1/2	2	2	2	2	2	2
kv: avance caldera	*GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2
kr: retorno caldera	*GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2
Ra: conexión resistencia de apoyo	*GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	*GAS/M	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
pc: conexión protección catódica	*GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
nº conexiones protección catódica en continuo	und.	2	2	2	3	3	3	3	3

(*) Otras presiones, consultar. (**) Temperatura estándar. Otras temperaturas, consultar.

ErP		MVV1500 SB/ SSB	MVV2000 SB/ SSB	MVV2500 SB/ SSB	MVV3000 SB/ SSB	MVV3500 SB/ SSB	MVV4000 SB/ SSB	MVV5000 SB/ SSB	MVV6000 SB/ SSB
Pérdidas estáticas	W	154	174	194	215	232	245	266	280
Clase de eficiencia energética	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Volumen	l.	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000

* El interacumulador solar del circuito primario y el auxiliar del secundario serán idénticos. Se escogerá la misma marca y modelo para ambos.

1.7.1.3 Bomba de circulación

Empresa y modelo: Wilo - Star-Z 20/7-3

Tabla 1-3: Documentación técnica bomba circulación



Ficha técnica: Star-Z 20/7-3

Datos hidráulicos		Datos del producto	
Caudal máximo	6.0	Presión máxima de trabajo	10 bar
Altura máxima de impulsión	6.0	Temperatura máxima del fluido T	65 °C
		Temperatura mínima del fluido T	2 °C
		Temperatura ambiente máxima	40 °C
Datos del motor		Dimensiones de instalación	
Alimentación eléctrica	1-230 V, 50 Hz	Conexión de tubería del lado de aspiración	G 1 1/4
Emisión de interferencias	EN 61000-6-3	Conexión de tubería del lado de impulsión	G 1 1/4
Resistencia a interferencias	EN 61000-6-2	Longitud entre roscas	150 mm
Entrada de corriente P1 máx.	147 W		
Potencia nominal P2	57 W		
Intensidad nominal I _n	0.58 A		
Tipo de protección	IP44		
Protección de motor	innecesario (resistente al bloqueo)		
Clase de aislamiento	F		
Velocidad máxima	2700 rpm		
Materiales		Información de pedidos	
Eje	Al2O3, Aluminum oxide	Marca	Wilo
Carcasa de la bomba	Red brass	Denominación del producto	Star-Z 20/7-3
Rodete	PPE-GF30	Descripción	4081203
Material del cojinete	Total carbon	Peso neto aproximado	3 kg

[12]

1.7.1.4 Vaso de expansión

Empresa y modelo: Industrias IBAIONDO, S.A. - 18 SMF

VASOS DE EXPANSIÓN

SMF / SMR

Vasos de expansión de membrana

Sistemas cerrados de energía solar

- Membrana especial que soporta picos de temperatura de hasta 130° C durante una hora
- Para mayor seguridad se recomienda instalar un vaso intermedio disipador de temperatura (pag.33)
- Conexión de agua cincada (De 5 a 100 litros) y de latón (De 220 a 1000 litros)
- Temperatura: -10° C.+100° C.
- Aptos para uso de anticongelantes hasta el 50%
- Pintura epoxi blanca
- Precarga de aire: 2,5 bar
- Certificado CE, conforme a la Directiva 97/23/CE

[13]

Figura 1-20: Características generales del vaso de expansión

Tabla 1-4: Documentación técnica vasos de expansión

Peso (Kg)	Código	Modelo	Capacidad (Lt)	Presión Máx. (bar)	Dimensiones		R Conexión agua
					Ø D (mm)	H (mm)	
0,8	02002070	2 SMF	2	10	110	245	3/4"
2	02005070	5 SMF	5	10	200	250	3/4"
2,5	02008070	8 SMF	8	10	200	340	3/4"
3,2	02012070	12 SMF	12	10	270	310	3/4"
4	02018070	18 SMF	18	10	270	415	3/4"
4,5	02024070	24 SMF	24	8	320	430	3/4"



[13]

* Presión de precarga: 2.5 bar / Rango de temperatura: (-10°C; 100°C)

1.8 Normativa

Para el diseño y puesta en marcha de una instalación de producción de ACS, al igual que cualquier otra instalación energética o de cualquier otro ámbito, es necesario adaptarse a una normativa vigente especificada. Tratándose de una instalación de energía solar térmica en España, en este caso se ha regido estrictamente a las siguientes normas:

1.8.1 Código Técnico de la Edificación (CTE) - Sección HE4

El CTE es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la *Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE)*.³

La sección HE4 es el Documento Básico HE (DB-HE) *Ahorro de Energía*.

- Contribución solar mínima de ACS:

La contribución solar mínima de ACS que debe abastecer una instalación se tabula en función de la demanda total de ACS (a una temperatura de referencia de 60°C) del edificio y la zona climática de este.

Podrá apreciarse en la Tabla 1-5 como la demanda total del edificio (l/día) se encuentra en la franja 50-5000, y ya que Sevilla se encuentra en la zona climática V, se corrobora lo visto en el apartado 1.3 *Metodología de cálculo*, apartado 3. *Demanda*, en que se afirmaba una contribución mínima exigida del 60%.

Tabla 1-5: Contribución solar mínima de ACS

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

[14]

- Pérdidas por inclinación, orientación y sombras.

Se considerará como la orientación óptima el sur y la inclinación óptima, dependiendo del periodo de utilización, uno de los valores siguientes:

- demanda constante anual: la latitud geográfica
- demanda preferente en invierno: la latitud geográfica + 10 °
- demanda preferente en verano: la latitud geográfica – 10 °

- Sistemas de acumulación solar y conexión de sistema de generación auxiliar

El CTE cita:

“El sistema de acumulación solar se debe dimensionar en función de la energía que aporta a lo largo del día, y no solo en función de la potencia del generador (*captadores* solares), por tanto, se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser esta simultánea con la generación.

Para la aplicación de ACS, el área total de los *captadores* tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

donde,

³ <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/queEsElCTE/marcoReglamentario/LOE.pdf>

A suma de las áreas de los *captadores* [m²]

V volumen de la acumulación solar [litros].”

Atendiendo a estas condiciones, en el apartado 2.4 Cálculo de acumulación y captación, se estimarán los datos adecuados para el diseño.

1.8.2 Norma UNE

- UNE 94003: “*Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas*”.

Norma UNE encargada de recoger los datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas. Son necesarios registros de la localización donde se implantará la instalación. Se ha utilizado esta norma para el conocimiento de temperaturas y radiaciones principalmente, para la ciudad de Sevilla.

- UNE 94002:

Norma UNE relacionada con el cálculo de la demanda de energía térmica para instalaciones de producción de ACS. Dicha norma recoge a través de tablas los datos de consumo de agua caliente y temperaturas de referencia y de agua fría para cada provincia de España.

- UNE 100155: *Diseño y cálculo de sistemas de expansión*.

Esta norma regula el dimensionado de los vasos de expansión y es la principal a considerar al llevar a cabo este proceso en el apartado 2.7

1.8.3 Reglamento de Instalaciones térmicas de los edificios (RITE)

- IT 1.2.4.2.1 Aislamiento térmico de redes de tuberías
 - 1.2.4.2.1.1 Generalidades
 - 1.2.4.2.1.2 Procedimiento simplificado: Este procedimiento establece los espesores de aislamiento de las tuberías en tablas diferenciando de estas la temperatura máxima del fluido que contendrán, el diámetro exterior y si discurren por el interior o por el exterior de de edificios.
- IT 2.3.4 Control automático
 - 1. Se ajustarán los parámetros del sistema de control automático a los valores de diseño especificados en el proyecto o memoria técnica y se comprobará el funcionamiento de los componentes que configuran el sistema de control.
 - 2. Para ello, se establecerán los criterios de seguimiento basados en la propia estructura del sistema, en base a los niveles del proceso siguientes: nivel de unidades de campo, nivel de proceso, nivel de comunicaciones, nivel de gestión y telegestión.
 - 3. Los niveles de proceso serán verificados para constatar su adaptación a la aplicación, de acuerdo con la base de datos especificados en el proyecto o memoria técnica. Son válidos a estos efectos los protocolos establecidos en la norma UNE-EN-ISO 16484-3.
 - 4. Cuando la instalación disponga de un sistema de control, mando y gestión o telegestión basado en la tecnología de la información, su mantenimiento y la actualización de las versiones de los programas deberá ser realizado por personal cualificado o por el mismo suministrador de los programas.

1.9 Bibliografía

- [1] IDAE, *Evolución mensual de consumos de energía primaria en España. Año 2016*, 2017.
- [2] "ekidom Energías renovables,"
- [3] G. Prieto, "Geografía Infinita," 24 Julio 2017. Available: <https://www.geografiainfinita.com/2017/07/reparto-las-horas-sol-mundo/>.
- [4] "Google Maps,"
- [5] "ARQUIGRÁFICO," Available: <https://arquigrafico.com/calentador-de-agua-con-paneles-solares/>.
- [6] "Biosolenergía," Available: <http://biosolenergia.com/energia-solar-termica/>.
- [7] "Ingemecánica," Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>.
- [8] "www.buderus.es,"
- [9] "es.grundfos.com,"
- [10] "PROMASOL," Available: <http://promasol.com/wp-content/uploads/2016/11/Ficha-Captadores-PROMASUN.pdf>.
- [11] LAPESA, "www.lapesa.es - Máster vitro: Acero vitrificado,"
- [12] WILO, "www.wilo.com,"
- [13] S. Industrias IBAIONDO, "http://www.ibaiondo.es,"
- [14] "Código Técnico de Edificación (CTE),"
- [15] D. J.A. and Beckman W.A, *Solar engineering of thermal processes*, Wiley, 2013.
- [16] K. S.A, *Solar energy engineering. Processes and systems*, Academic Press, 2014.
- [17] INM, *Zonas climáticas*.
- [18] J. F. C. y. L. Pérez-Lombard, "Web docente del Profesor Pérez-Lombard," Septiembre 2016. [Online].
- [19] datosclima.es, "Aemethistorico," Available: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Tempestad.php>.
- [20] J. F. C. Toro, *Funciones para el cálculo de redes de agua*, 2018.
- [21] AENOR, UNE 100155: Diseño y cálculo de sistemas de expansión.
- [22] "WIKIPEDIA ; Ángulo horario," 2017. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81ngulo_horario.
- [23] "Google Earth,"

2 MEMORIA DE CÁLCULO

2.1 Introducción

En el siguiente apartado se realizarán los cálculos y estimaciones necesarias para el dimensionado de la instalación presentada anteriormente, una instalación solar térmica para consumo de agua caliente sanitaria. Se han escogido los equipos que conforman la instalación a partir de las necesidades calculadas y bajo la premisa del cumplimiento de la normativa vigente. [15] [16]

2.2 Datos de partida

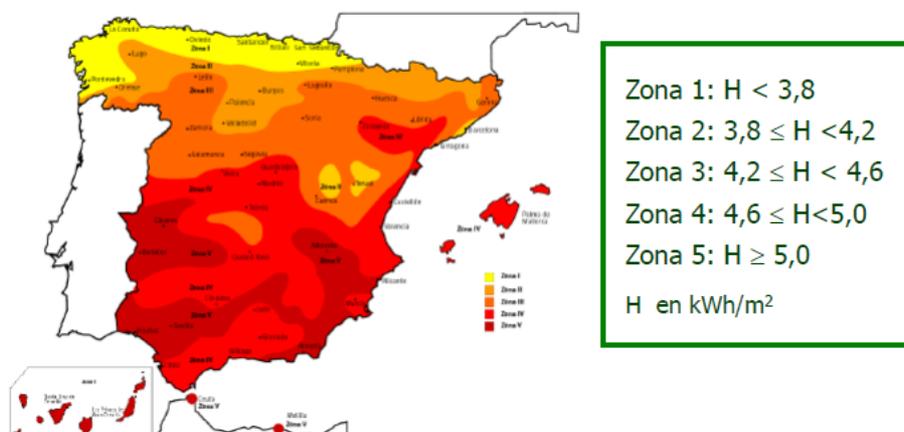
2.2.1 Datos geográficos

Tabla 2-1: Datos geográficos del edificio

<i>Palacio de congresos y exposiciones de Sevilla, Fibes II</i>	
Localidad	Sevilla Este
Provincia	Sevilla
Ocupación	Palacio de congresos
Altitud (m.s.n.m.)	30
Latitud (°)	37.403300
Longitud (°)	-5.935191
Zona climática	V

2.2.2 Datos climatológicos

Las zonas climáticas son regidas por la norma UNE 94003:2007 y estas de igual modo se especifican en el CTE dividiendo el territorio español en 5 categorías distintas según la radiación global media diaria sobre superficie horizontal (H) en kWh/m² que reciban. Como ya se comentó en el apartado 1.2.2 *Apuesta renovable*, Andalucía destaca por estar entre las comunidades autónomas españolas con mayor número de horas de sol, lo que va directamente ligado al parámetro H. Para valores de H mayores de 5,0 kWh/m² la zona pertenecerá al rango de “zona V” (Véase Figura 2-1), teniendo Sevilla un valor medio aproximado de 5,3 kWh/m², es decir, alrededor de 19 MJ/m².



[17]

Figura 2-1: Zonas climáticas de España

A través de la propia herramienta CHEQ4 se obtendrá la Tabla 2-2. El software aporta la tabla según la versión del programa 2.0.1 con fecha de base de datos: 27/11/2017, en la que se recogen los datos de radiación solar global sobre superficie horizontal, la temperatura de agua de red de la instalación y la temperatura ambiente, todos estos valores mensuales medios y para la provincia y municipio escogidos, en el caso que ocupa, en Sevilla. Se usarán los siguientes valores de referencia para futuros cálculos.

Tabla 2-2: Radiación sobre superficie horizontal, temperatura de red y ambiente en Sevilla

	H_{G0} : Rad. Solar global (MJ/m ²)	Temperatura de red (°C)	Temperatura ambiente (°C)
Enero	9,80	11,0	10,7
Febrero	13,20	11,0	11,9
Marzo	18,10	13,0	14,0
Abril	22,10	14,0	16,0
Mayo	25,20	16,0	19,6
Junio	28,40	19,0	23,4
Julio	29,20	21,0	26,8
Agosto	25,90	21,0	26,8
Septiembre	20,80	20,0	24,4
Octubre	14,50	16,0	19,5
Noviembre	10,50	13,0	14,3
Diciembre	8,40	11,0	11,1
PROMEDIO	18,84	15,5	18,2

2.2.3 Radiación solar sobre superficie inclinada

Debido a que la superficie absorbadora de los captadores solares no se encuentra horizontal, habrá que adaptar los datos de la Tabla 2-2 según la inclinación y orientación en la que se encuentren los captadores de la instalación sobre la cubierta del edificio.

El aprovechamiento de la radiación solar es uno de los factores más importantes a la hora de llevar a cabo la instalación de los captadores solares, y por tanto es recomendable con el fin de optar a la mayor eficiencia posible, seguir las indicaciones del CTE respecto la orientación e inclinación óptimas del campo de captadores ya explicadas en el punto *1.5.4.1 Descripción de los elementos*.

El edificio Fibes II presenta una ventaja y es que dispone de una cubierta de gran extensión y horizontalidad, en la cual se podrán ubicar los captadores con una gran versatilidad. De este modo se ubicarán de la forma óptima en dirección Sur (0°). Respecto a la inclinación, se considerará la que aporta el fabricante del modelo vertical, en el que los captadores van apoyados en soportes formando un ángulo de 43,32°. Este ángulo difiere apenas 6° de la inclinación óptima recomendada para una demanda aproximadamente continua en el año para una ciudad como Sevilla, cuya latitud es 37,40°.

Conociendo esto, se podrá realizar el estudio en el que se obtendrán los datos de “irradiación solar sobre la superficie inclinada”. Resultan valores mensuales con una variación importante respecto al valor de irradiación global horizontal que aporta el Documento Básico HE4 debido principalmente a que la inclinación de los captadores difiere en un ángulo considerable de la horizontal. En la Tabla 2-3 se muestra la comparativa en MJ/m² de los valores de radiación en ambos casos. (horizontal y con una inclinación de 43,32°)

Tabla 2-3: Comparativa radiación solar sobre superficie horizontal y superficie inclinada

	H_{G0} : Rad. Solar global (MJ/m ²)	H_i : Rad. Solar superficie inclinada (MJ/m ²)
Enero	9,80	18,10
Febrero	13,20	20,03
Marzo	18,10	21,32
Abril	22,10	21,22
Mayo	25,20	20,97
Junio	28,40	22,11
Julio	29,20	23,34
Agosto	25,90	23,47
Septiembre	20,80	22,70
Octubre	14,50	19,71
Noviembre	10,50	18,24
Diciembre	8,40	16,32

En la representación gráfica de la Figura 2-2 se aprecia la diferencia entre los datos de las radiaciones según como sean tomadas, lo que acentúa la importancia de un buen análisis e introducción de datos a la hora de utilizar la herramienta CHEQ4.

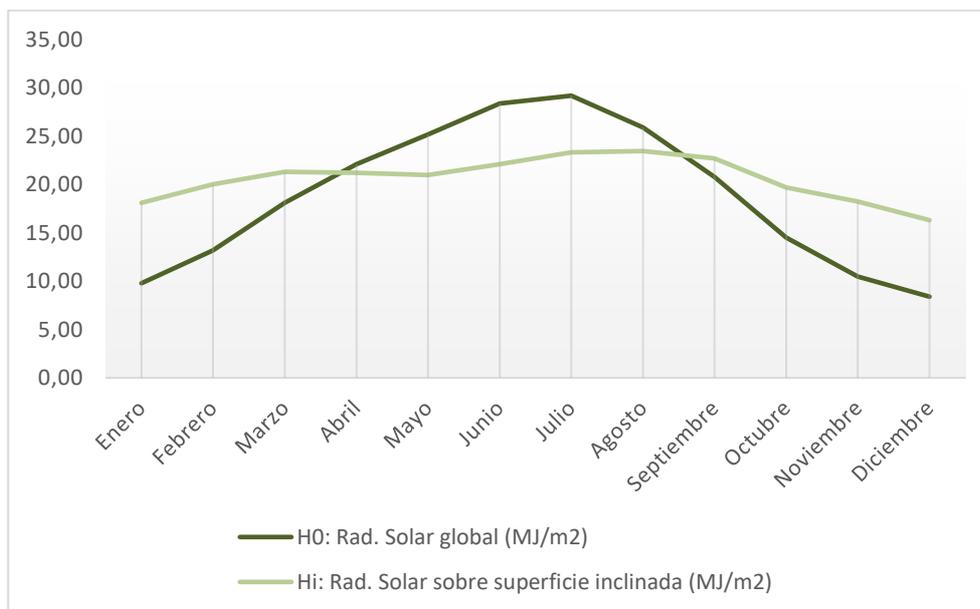


Figura 2-2: Curvas comparativas de la radiación solar sobre superficie horizontal y superficie inclinada

*El procedimiento se realiza internamente en el software CHEQ4 gracias a los datos introducidos. Se incluirán en esta memoria de proyecto los cálculos pertinentes en:

Anexo II: Cálculo de la irradiación global sobre superficie inclinada.

2.3 Cálculo de demanda

2.3.1 Cálculo de la demanda de ACS

Para el cálculo de ACS se recurre en primer lugar al Código Técnico de la Edificación (CTE), donde puede encontrarse en el Documento Básico y dentro de la Sección HE 4, *Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria* la siguiente información (Tabla 2-4):

Tabla 2-4: Demanda de ACS unitaria de referencia a 60°C

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

[14]

Como puede apreciarse, la Tabla 2-4 muestra datos de referencia de demanda de agua (a 60°C, y en litros/ día por persona) en diferentes edificaciones comunes para cualquier ciudad española, clasificándolas en distintos criterios de demanda, pero el caso del presente proyecto no se recoge explícitamente, ya que no aparece un palacio de congresos, sala de conciertos o teatro de ciertas dimensiones.

A raíz de los datos aportados por la propiedad a cerca de los horarios y el número de trabajadores en Fibes II, se desglosan las distintas zonas del edificio donde existe consumo de agua caliente sanitaria, y consultando la Tabla 2-4, se calcula un consumo pertinente. El edificio consta de:

- Zona de vestuarios de personal técnico (300 m²) de la que hacen uso 66 personas al día durante tres turnos de trabajo:

$$Q_{ACS_{VPT}} = 66 \text{ pers} * 21 \frac{l}{\text{día} * \text{pers}} = 1386 \frac{l}{\text{día}}$$

- Zona de vestuarios de personal vario (180 m²) de la que hacen uso 70 personas al día durante dos turnos de trabajo:

$$Q_{ACS_{VPV}} = 70 \text{ pers} * 21 \frac{l}{\text{día} * \text{pers}} = 1470 \frac{l}{\text{día}}$$

- Zona de oficinas, taquillas y salas de exposiciones que utilizan lavabos. Hacen uso de estas unas 55 personas en dos turnos de trabajo:

$$Q_{ACS_{OFI}} = 55 \text{ pers} * 2 \frac{l}{\text{día} * \text{pers}} = 110 \frac{l}{\text{día}}$$

- 2 cocinas industriales para abastecer zonas de cafetería. El número de trabajadores entre las dos cocinas en dos turnos de trabajo es de 16 personas:

$$Q_{ACS_{CAF}} = 16 \text{ pers} * 1 \frac{l}{\text{día} * \text{pers}} = 16 \frac{l}{\text{día}}$$

Con todo lo anterior, el consumo total diario del edificio será:

$$Q_{ACS_{TOT}} = 1386 + 1470 + 110 + 16 = \mathbf{2982 \text{ l/día}}$$

2.3.2 Cálculo de la demanda energética

A través del dato calculado de demanda de agua de consumo, podrá calcularse a través de la siguiente fórmula la demanda energética del edificio:

$$Dem_{ACS} = Q_{ACS} * t * C_p * (T_{aC} - T_{aF}) * \rho_{agua}$$

Siendo: t el número de días del mes, T_{aF} la temperatura del agua fría, o de red y el resto parámetros de la Tabla 2-5 que se considerarán constantes:

Tabla 2-5: Parámetros constantes para el cálculo de demanda energética

<i>Parámetro</i>	<i>Simbología (unidad)</i>	<i>Valor constante</i>
<i>Demanda diaria ACS</i>	$Q_{ACS} \left(\frac{L}{\text{día}} \right)$	2982
<i>Calor específico del agua⁴</i>	$C_p \left(\frac{kJ}{kg * K} \right)$	4,183
<i>Densidad del agua</i>	$\rho \left(\frac{kg}{L} \right)$	0,992
<i>Temperatura caliente de ref.</i>	$T_{aC} \text{ (}^\circ\text{C)}$	60

⁴ Calor específico: Cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia para elevar su temperatura en una unidad.

* Los valores de C_p y ρ son la media aritmética de cada uno de los valores para dichos parámetros a 60°C y 15°C (media anual de la temperatura fría, o de red, mensual). [18]

Con estas consideraciones y aplicando la expresión anterior para cada mes del año, se podrá obtener la siguiente Tabla 2-6, y ver además en la Figura 2-3 como destaca la demanda de ACS en los meses de invierno, aunque con un carácter aproximadamente constante todo el año.

Tabla 2-6: Demanda energética mensual

<i>MES</i>	<i>Nº Días</i>	<i>Q_{ACS} (L)</i>	<i>T_{AF} (°C)</i>	<i>Dem_{ACS} (MJ)</i>
<i>ENERO</i>	31	92.442	11	18.796,0
<i>FEBRERO</i>	28	83.496	11	16.977,0
<i>MARZO</i>	31	92.442	13	18.028,8
<i>ABRIL</i>	30	89.460	14	17.076,0
<i>MAYO</i>	31	92.442	16	16.878,0
<i>JUNIO</i>	30	89.460	19	15.219,9
<i>JULIO</i>	31	92.442	21	14.960,1
<i>AGOSTO</i>	31	92.442	21	14.960,1
<i>SEPTIEMBRE</i>	30	89.460	20	14.848,7
<i>OCTUBRE</i>	31	92.442	16	16.878,0
<i>NOVIEMBRE</i>	30	89.460	13	17.447,2
<i>DICIEMBRE</i>	31	92.442	11	18.796,0
TOTAL (Anual)	365	1.088.430	15,1*	200.865,8

*Media aritmética

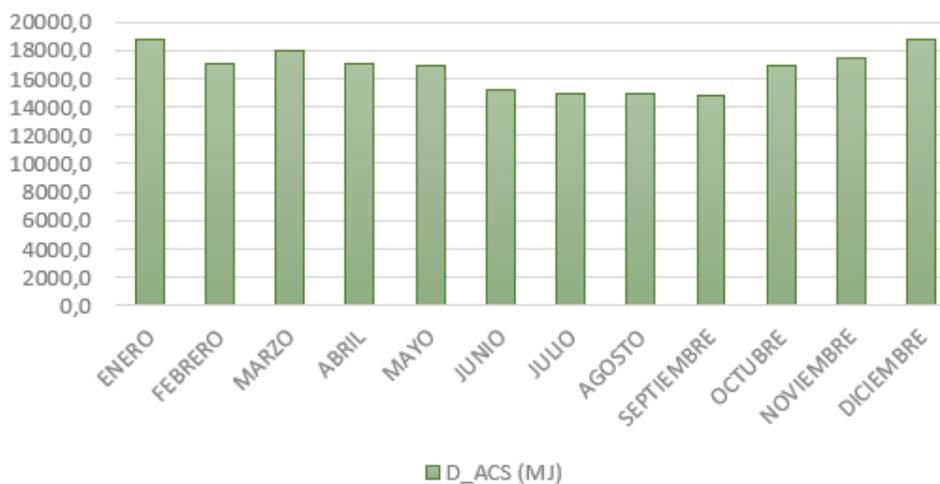


Figura 2-3: Demanda energética mensual (MJ/mes)

2.4 Cálculos de acumulación y captación

La elección de equipos para la acumulación y para la captación de energía solar está altamente relacionada.

El CTE en el apartado 2.2.5 *Sistemas de acumulación solar y conexión de generación auxiliar* relaciona los parámetros críticos de ambas instalaciones, como son el volumen de acumulación y el área total del campo de captadores (para acumulación y captación respectivamente) a través de la expresión:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad (1)$$

Siguiendo la restricción del CTE, ha de estudiarse el mercado para la elección de un acumulador que cumpla con las exigencias necesarias en la instalación, y posteriormente adecuar la instalación de captadores.

Analizando el catálogo de modelos de acumuladores para ACS de la empresa LAPESA, se observan depósitos de características muy distintas. Los depósitos que muestran capacidades compatibles con la instalación son acumuladores en acero esmaltado (o vitrificado). Son de alta calidad y alcanzan hasta 6000 litros los modelos de esta marca de estas características.

Se escoge el modelo *MVV3500SBB*, cuyas características se especifican en el apartado 1.7.1.2 *Características técnicas*.

Atendiendo a la expresión (1), junto con la capacidad volumétrica del interacumulador escogido, se relaciona este parámetro con la superficie de captación, pudiéndose conocer el rango de área de captadores totales necesarios para suplir la demanda:

$$19,44 < A < 70 \quad (2)$$

Y ya que el área absorbidora de cada captador es de 2.37 m² la expresión quedaría transformada en:

$$9 < N^{\circ} \text{ Captadores} < 30 \quad (3)$$

Lo que reduce el total de captadores posibles que formarán el campo de captadores de la instalación.

2.4.1 Datos iniciales para diseño

A continuación, y gracias a la herramienta CHEQ4 como se detallaba en el apartado 1.3 *Metodología de cálculo*, se aportarán los datos de partida de forma resumida con los que se ha realizado el diseño en la Tabla 2-7 (Parte 1 y 2):

Tabla 2-7: Datos iniciales de diseño (Parte 1)

<i>Pestaña CHEQ4 (apartado)</i>	<i>Campo a especificar</i>	<i>Dato de diseño</i>
<i>Localización</i>	Municipio	Sevilla
	Zona Climática	V
	Latitud	37, 22°
	Altura(m.s.n.m.)	30

Tabla 2-8: Datos iniciales de diseño (Parte 2)

<i>Pestaña CHEQ4 (apartado)</i>	<i>Campo a especificar</i>	<i>Dato de diseño</i>
<i>Configuración</i>	Consumo: múltiple	Instalación con todo centralizado
<i>Solar/Apoyo (Circuito primario)</i>	Captador	Empresa: Promasol
		Marca/Modelo: PROMASUN 2.6
		Área (m ²): 2,37
		Orientación: 0°
		Inclinación: 43,3 °
		Sombras (%): 0
	Caudal Primario (l/h)	1848,6
	Anticongelante (%)	20
	Longitud circuito (m)	100
	Diam. Tubería (mm)	23
	Aislante	Espesor (mm): 40
Tipo: Lana de vidrio		
<i>Otros parámetros (Distribución)</i>	Longitud circuito (m)	80
	Diám. Tubería	23
	Aislante	Espesor: 40 mm
		Tipo: Lana de vidrio
	Temperatura de impulsión	60°C

Los datos de la Tabla 2-7 servirán de partida para un conocimiento previo de la instalación que se desea obtener a rasgos generales.

2.4.2 Análisis de sensibilidad

A través del software CHEQ4, se ha llevado a cabo un análisis de sensibilidad ante las variaciones de los principales parámetros de diseño de la instalación.

En la Tabla 2-8, se muestran algunos de los parámetros función del número de captadores de la instalación, y a continuación se pasará al estudio de estos parámetros.

Tabla 2-9: Datos referenciales del análisis de sensibilidad para captadores todos en paralelo

<i>NºCAPT. (Todo en serie)</i>	<i>Área Captación (m²)</i>	<i>Vol. Acumul. / Área Capt. (L/m²)</i>	<i>Fracción solar (%)</i>
14	33,2	105,5	47
15	35,6	98,5	50
16	37,9	92,3	52
17	40,3	86,9	55
18	42,7	82,0	57
19	45,0	77,7	59
20	47,4	73,8	61
21	49,8	70,3	63
22	52,1	67,1	66
23	54,5	64,2	68
24	56,9	61,5	70
25	59,3	59,1	71
26	61,6	56,8	73
27	64,0	54,7	75
28	66,4	52,7	76
29	68,7	50,9	78

- (a) En primer lugar, se estudia el área total del campo de captadores. Como se recoge en el apartado 1.8 *Normativa* el área total de captación tiene límite tanto inferior como superior a la hora de diseñar una instalación, por lo cual debe escogerse un área total comprendida en ese rango. En la Figura 2-4, se muestra la evolución del principal parámetro regido por el CTE, la fracción de demanda cubierta, frente al número de captadores total. Además, se incluye el área de captación que cada número de captadores supone en base al modelo escogido.

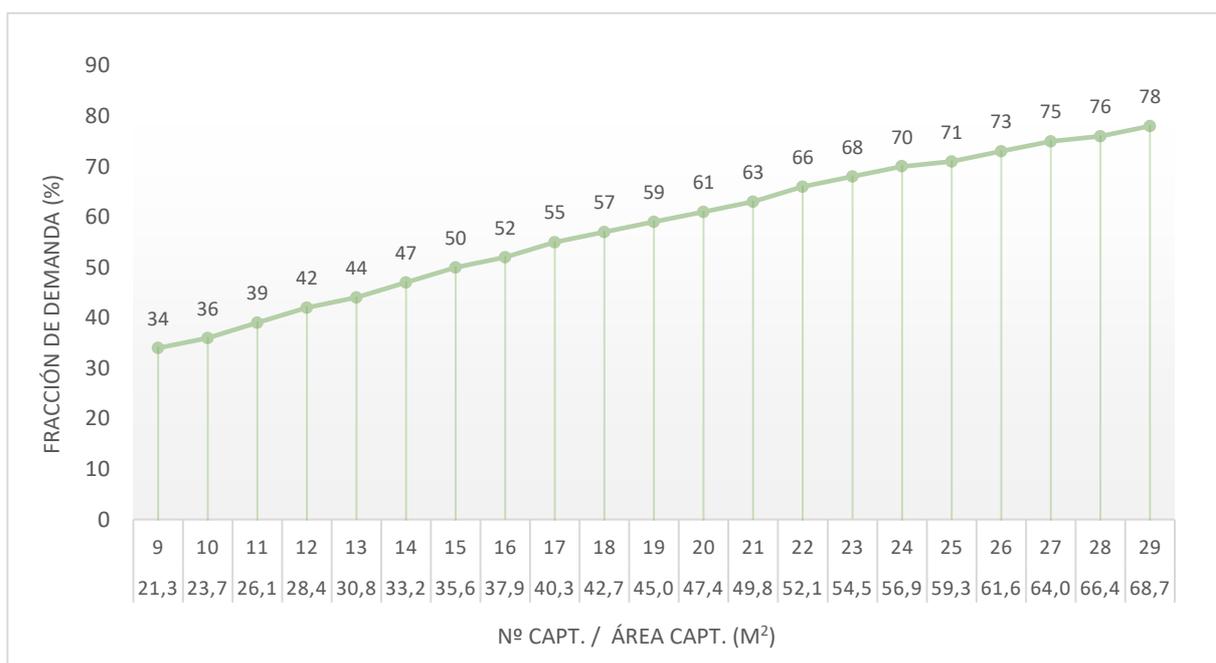


Figura 2-4: Curva de variación de la fracción de demanda (f) con nº de captadores

A partir de que el porcentaje de demanda supera el 78%, lo que se da para una conexión en serie de 30 captadores, la condición $50 < V/A < 180$ no se cumple, y, por lo tanto, no se podrá implantar.

- (b) A raíz de la condición anterior que vincula el cociente entre el volumen de acumulación; estipulado en 3500 litros, con el área de captación, se ha realizado la gráfica de la Figura 2-5 en la que se aprecia el comportamiento opuesto de este cociente a medida que crece el área de captación (lo que se espera, al aparecer este término en el denominador). Se añade la línea de evolución de la fracción de demanda.

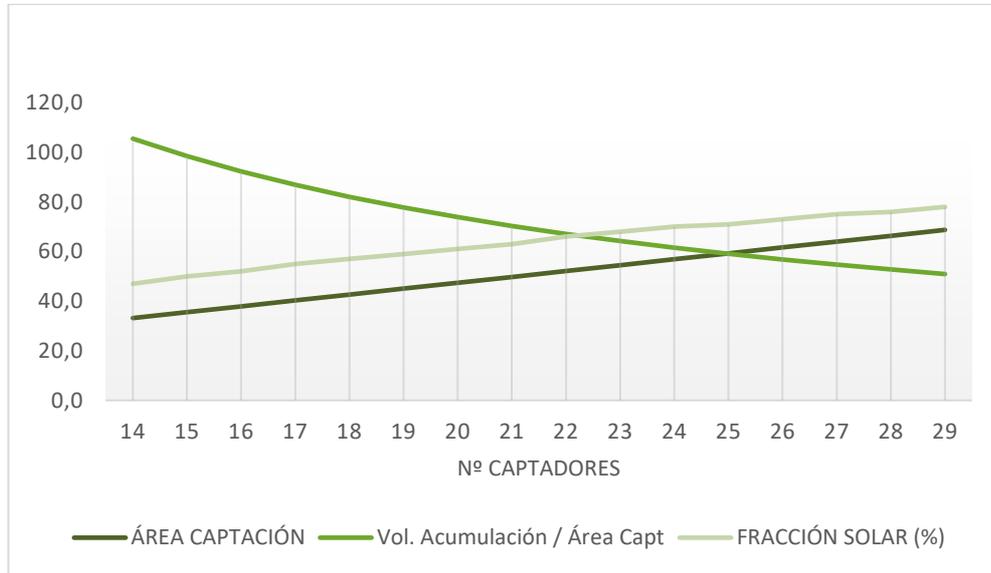


Figura 2-5: Ratio volumen/acumulación frente a área de captación y fracción solar

- (c) Al fijar el área del apartado (a), puede analizarse el comportamiento de la fracción solar de demanda cubierta con las variaciones del volumen de acumulación y el número de captadores conectados en serie.

En la Figura 2-6 se aprecia la estabilidad de la fracción de demanda ante variaciones del volumen de acumulación.

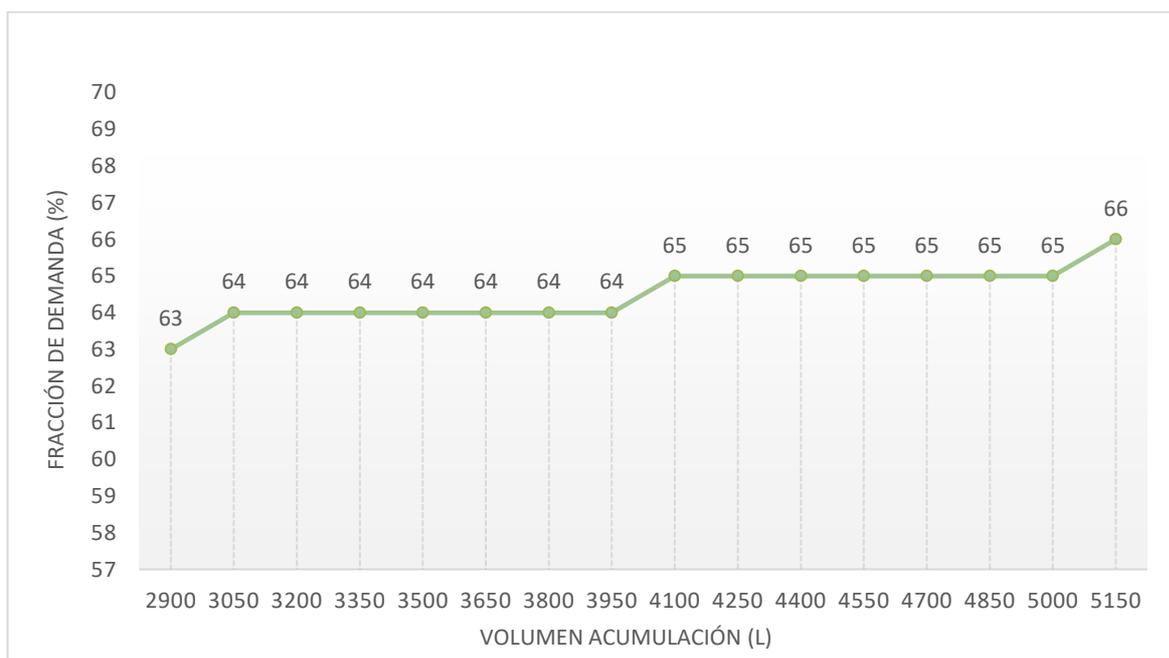


Figura 2-6: Curva de variación de la fracción de demanda (f) frente al volumen de acumulación

Por otro lado, la conexión en que se dispongan los captadores influirá en la fracción de demanda que estos cubran. En la Figura 2-7, se aprecia la fuerte pendiente de la curva a medida que aumenta el número de captadores conectados en serie.

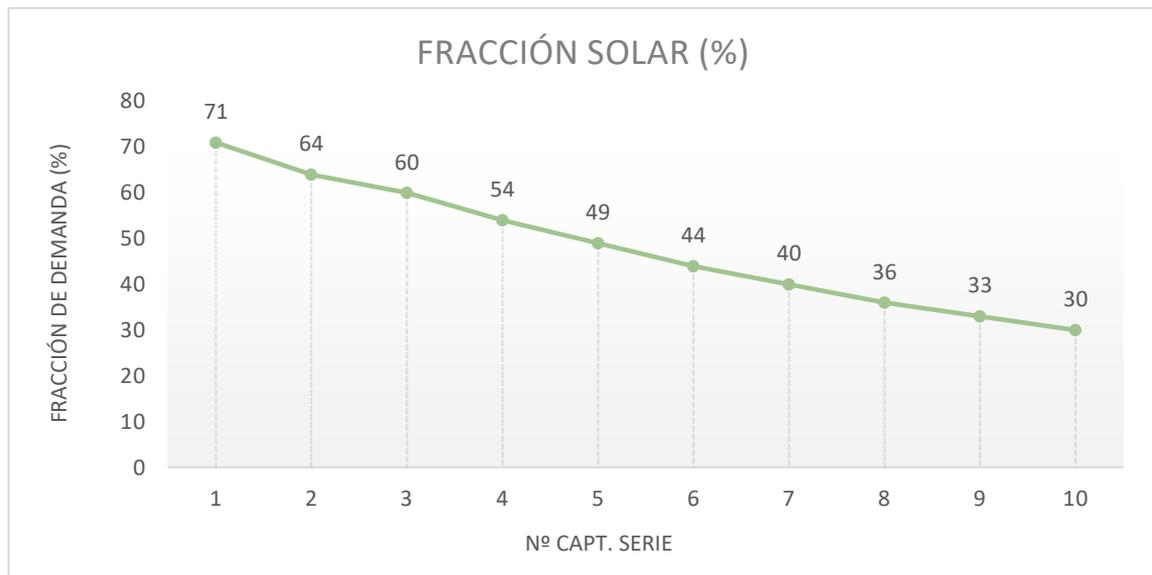


Figura 2-7: Curva de variación de fracción de demanda (f) frente a Ns

Atendiendo a la posibilidad de implantar los captadores con conexión mixta: serie-paralelo, como ya se explicaba en el apartado 1.5.3.1 *Sistema de captación*, se ha barajado la opción, considerando las tablas anteriores de este apartado, y las ventajas e inconvenientes de cada tipo de conexión. En la Tabla 2-9 (Parte 1 y 2) se muestran en modo de resumen las posibles conexiones mixtas del campo de captadores.

Tabla 2-10: Datos referenciales del análisis de sensibilidad para captadores en conexión mixta (Parte 1)

Nº Captadores	Nº Capt serie	Conexión	Fracción Solar (%)
29	5	29;5	54
29	4	29;4	60
29	3	29;3	66
29	2	29;2	72
29	1	29;1	78
28	4	28;4	59
28	3	28;3	64
28	2	28;2	71
28	1	28;1	76
27	4	27;4	57
27	3	27;3	63
27	2	27;2	69
27	1	27;1	75
26	4	26;4	56
26	3	26;3	62
26	2	26;2	67

Tabla 2-11: Datos referenciales del análisis de sensibilidad para captadores en conexión mixta (Parte 2)

Nº Captadores	Nº Capt serie	Conexión	Fracción Solar (%)
26	1	26;1	73
25	4	25;4	55
25	3	25;3	60
25	2	25;2	66
25	1	25;1	71
24	3	24;3	58
24	2	24;2	64
24	1	24;1	70
23	3	23;3	57
23	2	23;2	62
23	1	23;1	68
22	2	22;2	60
22	1	22;1	66
21	2	21;2	58
21	1	21;1	63
20	2	20;2	56
20	1	20;1	61
19	1	19;1	59

Tras el análisis anterior, y conociéndose las consecuencias de las distintas disposiciones de los captadores, se ha seleccionado para el posicionamiento de estos, un campo de captadores de un total de **24 captadores, con 2 en serie**. De este modo, se obtiene un valor adecuado respecto las restricciones del CTE de fracción de demanda (64%), a la vez que se mantiene gracias a la disposición mixta un equilibrio entre las ventajas e inconvenientes de las conexiones puramente en serie y puramente en paralelo vistas en el apartado *1.5.3 Sistemas de la instalación*.

* El certificado emitido por el CHEQ4 que corrobora la viabilidad y legitimidad de la instalación se recoge en:

Anexo I – Certificado CHEQ4

2.4.3 Dimensionado de captadores en cubierta

En los casos en que los captadores se dispongan en más de una fila; y como se ha visto anteriormente que es el caso, o bien en los casos que tengan algún obstáculo cercano, la distancia medida sobre la horizontal que los separe será un parámetro a controlar para evitar pérdidas por sombra, las cuales se han estimado como nulas en el diseño. A través del IDAE se conoce la siguiente expresión:

$$d = h * k$$

Siendo, h la altura del captador u obstáculo que de la posible sombra

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$$
 un coeficiente adimensional, donde la latitud es conocida

Lo que resulta la expresión:

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$$

Se obtiene, (conociendo la altura de cada captador gracias a su ficha técnica en el apartado 1.7.1.1) que la distancia entre cada captador a de ser

$$d = 3,56 \text{ m}$$

2.5 Cálculo y diseño de las redes de tuberías

2.5.1 Fluido caloportador del circuito primario

En el diseño de la instalación se estipula que el fluido caloportador que recorrerá el circuito primario será agua. Sin embargo, para la asignación de este fluido como tal, el CTE requiere que sea capaz de soportar unas ciertas condiciones extremas meteorológicas, que variarán en función de la geografía de la instalación.

En el caso de Sevilla, las condiciones extremas meteorológicas son muy distintas para temperaturas altas y para bajas. En el caso de elevadas temperaturas, son frecuentes en los meses de verano, pero no deben dificultar al funcionamiento de la instalación. Por otro lado, para las bajas temperaturas, se ha estudiado el registro histórico de temperaturas en la provincia de Sevilla para los últimos 25 años (desde el 01/01/1994), y se aprecia en la Tabla 2-12, que la menor temperatura registrada fue de -3.5°C . En este caso, ante el riesgo de heladas, ha de corregirse la afirmación anterior, para asegurar que el fluido del circuito primario ha de ser una mezcla de agua con glicol (anticongelante). Esta mezcla será en proporciones 80% agua, 20% glicol aproximadamente, otorgando un margen de unos $3,5^\circ\text{C}$ inferior a la temperatura mínima histórica mencionada, ya que hasta aproximadamente la temperatura de -7°C no habría congelación del fluido como se aprecia en la Figura 2-8.

Tabla 2-12: Registro histórico de temperaturas en Sevilla (1994-2018)

CARACTERISTICA / VALOR	(Temperatura $^\circ\text{C}$)	FECHA
Temperatura Máxima más alta Registrada:	46.6	23-07-1995
Temperatura Máxima más baja Registrada:	4.0	10-01-2010
Temperatura Mínima más alta Registrada:	29.3	25-07-2004
Temperatura Mínima más baja Registrada:	-3.5	28-01-2005
Mayor diferencia de temperaturas en un mismo día (Tmax-Tmin):	24	23-07-1995
Mayor ascenso de temperaturas Máximas en 24 h:	12.3	entre 10-10-2001 y 11-10-2001
Mayor ascenso de temperaturas Mínimas en 24 h:	11.4	entre 16-01-1995 y 17-01-1995
Mayor descenso de Temperaturas máximas en 24h:	12.3	entre 24-07-1995 y 25-07-1995
Mayor descenso de Temperaturas mínimas en 24 h:	8.8	entre 14-12-1999 y 15-12-1999

VALORES POR AÑOS PARA LA ESTACION METEOROLÓGICA: SEVILLA AEROPUERTO

[19]

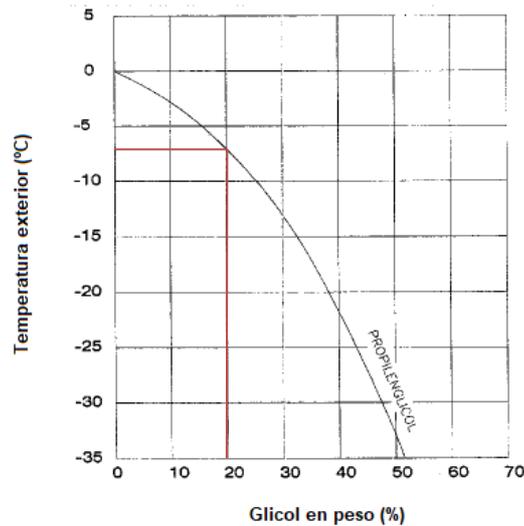


Figura 2-8: Porcentaje de glicol función de la temperatura

Las propiedades del fluido térmico resultante de la mezcla mencionada diferirán de las propiedades del agua. Los valores de las propiedades más relevantes para el cálculo serán valores intermedios ponderados entre las de los fluidos que forman la mezcla; agua y glicol.

Las propiedades del fluido serán:

$$C_{p_{fc}} = 3980 \frac{J}{kg * K}$$

$$\rho_{fc} = 1022 \frac{kg}{m^3}$$

A partir de estos dos datos, se podrá conocer el caudal específico de un captador de la instalación a través de la expresión:

$$M_B = \frac{G * N_{capt} * A_{capt}}{N_s}$$

Donde:

- M_B es el caudal del circuito de captación:

$$M_B = 1848 \frac{l}{h} * \rho_{fc} * \frac{1h}{3600s} * \frac{1m^3}{1000l} = 0,5246 \frac{kg}{s}$$

- G es el caudal específico por el captador ($kg/s * m^2$)
- N_{capt} es el número total de captadores
- N_s es el número de captadores en serie
- A_{capt} es el área de un captador solar

Operando los términos conocidos, se despeja:

$$0,5246 = \frac{G * 24 * 2,37}{2}$$

$$G = 0,018 \frac{kg}{s * m^2}$$

2.5.2 Diseño de la red de tuberías

2.5.2.1 Condiciones iniciales y requerimientos de diseño

A continuación, se procede al dimensionado de la red de tuberías del circuito primario. Como ya se vió en el apartado 1.5.3.6 *Sistema hidráulico*, éste lo conforman distintos elementos, de los cuales dependerá la correcta circulación del fluido caloportador y por tanto el buen funcionamiento de la instalación.

Al tratarse un circuito cerrado, es de vital importancia conocer el caudal total del circuito. Para ello han de seguirse las recomendaciones del fabricante de captadores solares, que aporta un rango para el caudal de ensayo que debe atravesar cada uno de ellos. En el caso de los modelos PROMASUN 2.6 se aprecia en la ficha técnica del producto en el apartado 1.7.1.1 *Captador solar*, que el fabricante recomienda un caudal de entre 45 y 70 l/m²h.

Conocido este rango, se operará siguiendo un valor intermedio, haciendo pasar por los captadores un caudal igual a $Q_{ensayo} = 65$ l/m²h. Se seguirá la siguiente expresión:

$$Q_{prim} = Q_{ensayo} * \frac{N_{capt}}{N_s} * A_{capt}$$

Siendo: - N_{capt} el número total de captadores,

- N_s el número de captadores en serie

- A_{capt} el área absorbadora de un captador.

Ya que se ha seleccionado la conexión de 24 captadores con 2 en serie, se obtiene:

$$Q_{prim} = 65 \frac{l}{m^2 * h} * \frac{24}{2} * 2,37 m^2 = 1848,6 \frac{l}{h}$$

De este modo se ha reducido a la mitad el caudal necesario de agua para el circuito primario, así como el diámetro de las tuberías requerido, a costa de una pérdida de rendimiento y el riesgo de aumento de temperatura a la salida del primer bloque de captadores en paralelo.

Además de estas consecuencias, se analiza la velocidad y pérdidas de carga con la que recorrerá el fluido las tuberías de los distintos tramos, ya que ambos parámetros son críticos. En el pliego de condiciones técnicas del IDAE, Anexo VII, se rige el diseño del circuito hidráulico, de tal modo que establecen una serie requisitos para sus elementos. Aquellos requisitos que aplican de forma más relevante al posicionamiento de tuberías son:

- El diámetro de las tuberías se seleccionará de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s cuando la tubería discurra por locales habitados y a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.

Aunque esto afirma el IDAE, se atenderá a un criterio más estricto regido por el RITE, en el que se exige que la velocidad no supere los 1,2 m/s, puesto que se trata de un edificio en el cuál la acústica es muy relevante, en la representación de conciertos y espectáculos.

- (b) El dimensionado de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm de columna de agua (mmca) por metro lineal. No es recomendable tampoco que sea inferior a 10 mmca.

En el caso de que el fluido sea una mezcla con anticongelante, ha de aplicarse un parámetro de corrección para en busca de un valor máximo de pérdida adaptado a un fluido distinto de agua. La expresión con esta corrección y cambiando el valor de la restricción a unidades más adecuadas resulta:

- (c) El diámetro de las tuberías ha de ser normalizado y en ningún caso el diámetro de las tuberías será inferior a DN15.

La red de tuberías será diseñada buscando el recorrido más reducido posible, disminuyendo pérdidas de carga, de modo que se reduzcan también así las pérdidas térmicas. El hecho de colocar baterías de captadores en serie a parte de las ventajas comentadas anteriormente, permite también reducir la longitud del circuito.

2.5.2.2 Trazado: Pérdidas por tramos

Para el diseño de la red es necesaria la división en tramos del trazado, ya que según el caudal que requiera cada parte del circuito se asignarán distintos diámetros de tuberías que darán lugar a velocidades de circulación y pérdidas de carga distintas. El objetivo del diseño es asegurar la buena circulación manteniendo la velocidad y las pérdidas de carga en valores aceptables a través de la elección del diámetro de tubería.

El esquema de conexión de los captadores con la asignación de tramos se aprecia en la Figura 2-9. Los tramos nombrados dentro de un círculo engloban lo que en realidad son dos tramos de tubería, uno de entrada y otro de salida de cada pareja de captadores. Al ser de corta dimensión e iguales características se han nombrado como uno en cada caso para facilitar cálculos. Pueden apreciarse en azul el trazado de tuberías de entrada a los captadores y en rojo el de retorno. Se trata de un retorno invertido⁵, y se demostrará más adelante la utilidad de esta disposición para controlar el equilibrado hidráulico de la instalación.

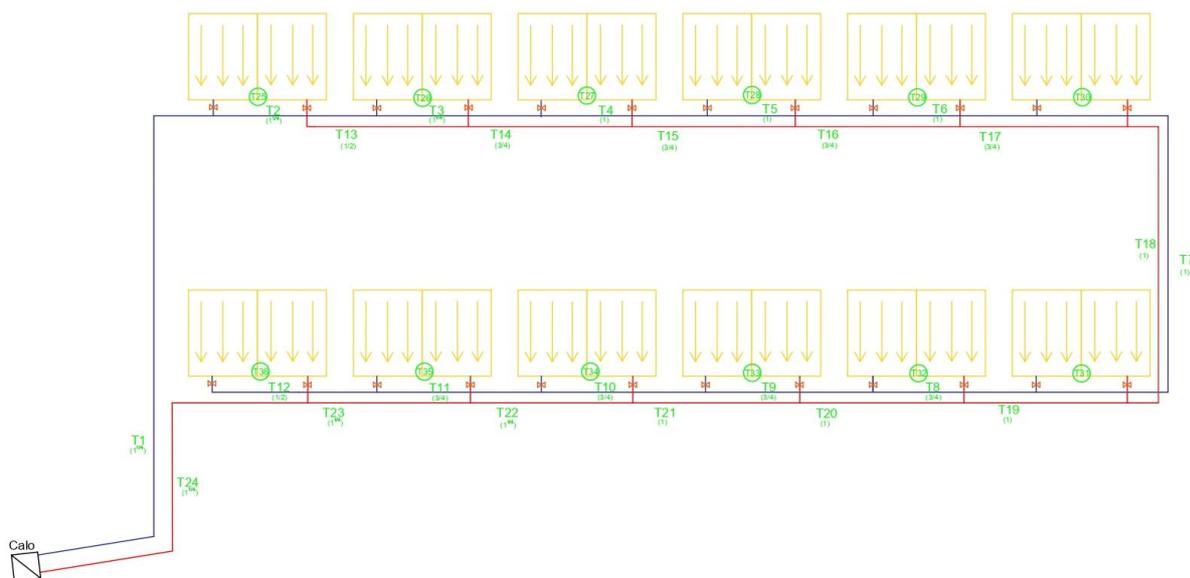


Figura 2-9: Esquema del campo de captadores y conexiones

⁵ El retorno invertido es una forma de diseñar la red de tuberías de modo que se asegure una distribución uniforme de circulación en el campo de captadores. Se consigue principalmente partiendo de la idea que el primer captador al que entre el agua, será el último del que salga con dirección al intercambiador.

Para el diseño de la red de tuberías han de analizarse las distintas pérdidas que afectan a esta. Aunque pueden llegar a afectar numerosas pérdidas, se reducirá el cálculo a tres de distinta procedencia: Pérdidas por tubería, pérdidas por accesorios, y pérdidas en equipos:

$$DP_{Tot} = DP_{Tub} + DP_{acc} + DP_{equipos}$$

* Aunque no corresponda directamente, se incluirá en este apartado de diseño de tuberías el cálculo de todas las pérdidas ya que para la constitución del trazado será necesario el dato de pérdida de presión total.

(a) Pérdidas por tubería:

Tabla 2-13: Velocidad del fluido caloportador en función del caudal y diámetro

		<i>Velocidad (m/s)</i>					
<i>Diámetro (")</i>		<i>3/8</i>	<i>1/2</i>	<i>3/4</i>	<i>1</i>	<i>1^{1/4}</i>	<i>1^{1/2}</i>
<i>Diámetro (mm)</i>		9,525	12,7	19,05	25,4	31,75	38,1
<i>Caudal (L/h)</i>	1848,6	7,2064	4,0536	1,8016	1,0134	0,6486	0,4504
	1694,55	6,6059	3,7158	1,6515	0,9290	0,5945	0,4129
	1540,50	6,0054	3,3780	1,5013	0,8445	0,5405	0,3753
	1386,45	5,4048	3,0402	1,3512	0,7601	0,4864	0,3378
	1232,40	4,8043	2,7024	1,2011	0,6756	0,4324	0,3003
	1078,35	4,2038	2,3646	1,0509	0,5912	0,3783	0,2627
	924,30	3,6032	2,0268	0,9008	0,5067	0,3243	0,2252
	770,25	3,0027	1,6890	0,7507	0,4223	0,2702	0,1877
	616,20	2,4021	1,3512	0,6005	0,3378	0,2162	0,1501
	462,15	1,8016	1,0134	0,4504	0,2534	0,1621	0,1126
	308,10	1,2011	0,6756	0,3003	0,1689	0,1081	0,0751
154,05	0,6005	0,3378	0,1501	0,0845	0,0540	0,0375	

Tabla 2-14: Pérdida de carga del circuito primario en función de caudal y diámetro

		<i>Pérdida de carga (m/s)</i>					
<i>Diámetro (")</i>		<i>3/8</i>	<i>1/2</i>	<i>3/4</i>	<i>1</i>	<i>1^{1/4}</i>	<i>1^{1/2}</i>
<i>Diámetro (mm)</i>		9,525	12,7	19,05	25,4	31,75	38,1
<i>Caudal (L/h)</i>	1848,6	59.040,07	14.804,13	2.129,83	541,33	187,61	79,07
	1694,55	50.512,29	12.683,02	1.827,58	464,98	161,28	68,01
	1540,50	42.593,08	10.710,21	1.545,98	393,78	136,69	57,68
	1386,45	35.290,45	8.887,97	1.285,39	327,81	113,90	48,10
	1232,40	28.613,69	7.218,92	1.046,21	267,19	92,94	39,29
	1078,35	22.573,74	5.706,09	828,94	212,04	73,85	31,25
	924,30	17.183,72	4.353,13	634,14	162,52	56,69	24,02
	770,25	12.459,77	3.164,46	462,50	118,80	41,51	17,62
	616,20	8.422,38	2.145,67	314,88	81,12	28,41	12,08
	462,15	5.098,87	1.304,15	192,42	49,77	17,45	7,12
	308,10	2.528,48	650,42	96,72	24,04	5,89	2,40
154,05	775,50	192,53	19,23	6,08	2,49	1,20	

Se aprecian remarcados aquellos valores seleccionados para los tramos por los que circule el caudal que indica cada fila.

Cabe destacar que aún siguiendo la indicación del IDAE a cerca del rango de pérdidas de carga aceptable, se ha tendido a escoger tuberías de mayor diámetro que disminuyesen la correspondiente pérdida de carga. Este patrón se ha seguido con la idea de diseñar del lado de la seguridad la red de tuberías, al ser consciente de que el fluido caloportador no es realmente agua, sino una mezcla de ésta con un 20% de glicol, lo que modifica las propiedades del fluido. No se trata de una alta proporción de glicol en mezcla, pero la viscosidad se verá incrementada respecto a la del agua a una misma temperatura, y de este modo se ha querido tener en cuenta.

Véase un ejemplo en la Tabla 2-14, en la que para un caudal de 308.1, cuyas pérdidas de carga iguales a 96.72 no alcanzan (por muy poco) los mínimos recomendados (10mmca = 98Pa/m).

Además, véase que el diámetro de tubería menor que se instalará será de 0.5", equivalente a DN15, como mínima medida en instalaciones.

A continuación, se muestra en la Tabla 2-15 la información básica de cada tramo, incluyendo las pérdidas por tubería (D_p tubería).

Tabla 2-15: Información básica de elección por tramos

<i>Tramo</i>	<i>Caudal (L/h)</i>	<i>Velocidad (m/s)</i>	<i>Diámetro (")</i>	<i>Diámetro (mm)</i>	<i>D_p tubería (Pa/m)</i>
1	1848,60	0,6486	1,25	31,75	187,61
2	1694,55	0,59	1,25	31,75	161,28
3	1540,50	0,54	1,25	31,75	136,69
4	1386,45	0,76	1,00	25,40	327,81
5	1232,40	0,68	1,00	25,40	267,19
6	1078,35	0,59	1,00	25,40	212,04
7	924,30	0,51	1,00	25,40	162,52
8	770,25	0,75	0,75	19,05	462,50
9	616,20	0,60	0,75	19,05	314,88
10	462,15	0,45	0,75	19,05	192,42
11	308,10	0,30	0,75	19,05	96,72
12	154,05	0,34	0,50	12,70	192,53
13	154,05	0,34	0,50	12,70	192,53
14	308,10	0,30	0,75	19,05	96,72
15	462,15	0,45	0,75	19,05	192,42
16	616,20	0,60	0,75	19,05	314,88
17	770,25	0,75	0,75	19,05	462,50
18	924,30	0,51	1,00	25,40	162,52
19	1078,35	0,59	1,00	25,40	212,04
20	1232,40	0,68	1,00	25,40	267,19
21	1386,45	0,76	1,00	25,40	327,81
22	1540,50	0,54	1,25	31,75	136,69
23	1694,55	0,59	1,25	31,75	161,28
24	1848,60	0,6486	1,25	31,75	187,61
25 a 36	154,05	0,34	0,50	12,70	192,53

Donde D_p será la designación que se usará para las pérdidas de carga (en el caso de la Tabla 2-13, para pérdidas sólo correspondientes a la circulación a través de la tubería del fluido).

Nota: se agrupan los tramos del 25 al 36 en una sola línea ya que se ha designado como tales la suma de las longitudes de entrada y salida de cada pareja de captadores, como ya se mencionó anteriormente. Las características de estos tramos de las 12 parejas de captadores serán las mismas.

Se han calculado las pérdidas de carga por cada tramo una vez asignados los diámetros de estos, pero existen más pérdidas de carga que afectan al circuito primario, y que se sumarán a las anteriormente mencionadas a continuación.

(b) Pérdidas por accesorios:

Deteniendo el cálculo de pérdidas hasta este punto, se estaría considerando una red de tuberías ficticia en línea recta con distintos grosores, pero esto no es así, y existen una serie de “accesorios” que generan pérdidas de carga con cada ejemplar que interviene. En la Tabla 2-16, puede apreciarse una lista de los accesorios más comunes, y en función del diámetro de la tubería donde se coloque, muestra la *longitud equivalente*⁶ que supondrá este accesorio.

Tabla 2-16: Longitudes equivalentes de accesorios del circuito primario

Diámetro nominal (")	Codo 90°	Curva 90°	Curva 45°	Codo doble 180°	Curva doble 180°	T en ramas alineadas	T en rama derivada	Válvula esférica	Válvula de compuerta	Válvula en ángulo	Válvula de retención
1/4	0.07	0.07	0.04	0.07	0.07	0.05	0.17	2.13		0.68	0.33
3/8	0.12	0.12	0.06	0.12	0.12	0.08	0.28	3.53		1.12	0.55
1/2	0.17	0.16	0.09	0.17	0.17	0.11	0.40	5.01	0.17	1.59	0.80
3/4	0.29	0.26	0.15	0.29	0.27	0.17	0.66	8.05	0.27	2.56	1.34
1	0.40	0.36	0.21	0.40	0.37	0.24	0.92	11.11	0.37	3.52	1.93
1-1/4	0.52	0.46	0.27	0.52	0.47	0.31	1.19	14.09	0.46	4.47	2.55
1-1/2	0.64	0.56	0.33	0.64	0.57	0.37	1.45	16.96	0.55	5.38	3.20
2	0.87	0.74	0.46	0.87	0.74	0.49	1.98	22.27	0.70	7.06	4.57
2-1/2	1.10	0.89	0.59	1.10	0.90	0.59	2.48	26.95	0.83	8.56	6.01
3	1.32	1.03	0.72	1.32	1.03	0.68	2.96	31.01	0.91	9.86	7.52
3-1/2	1.53	1.14	0.85	1.53	1.14	0.76	3.40	34.48	0.97	10.99	9.07
4	1.73	1.24	0.97	1.73	1.22	0.83	3.83	37.46	1.00	11.99	10.68
5	2.10	1.38	1.22	2.10	1.35	0.92	4.60	42.32	0.98	13.71	14.00

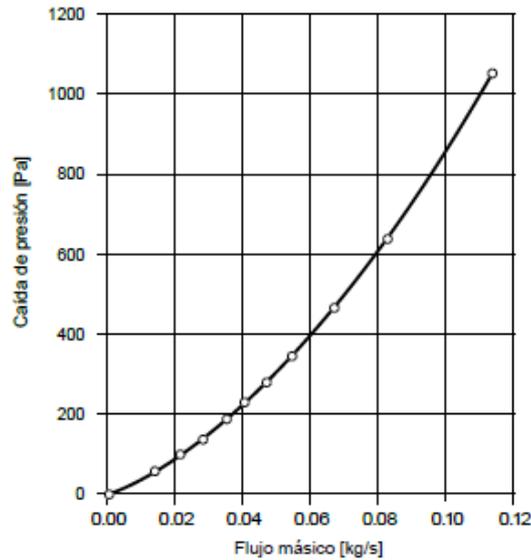
Posteriormente, en la Tabla 2-17, se recogerán todos los accesorios de la instalación por tramo, con la correspondiente pérdida de carga que estos suponen.

(c) Pérdidas en equipos:

Pérdida en captadores: A través del valor del caudal específico del captador calculado anteriormente ($G=0.018 \text{ kg/m}^2\cdot\text{s}$) y conociendo que el área de cada captador es $A_{capt} = 2,37 \text{ m}^2$ se obtiene entrando en la Figura 2-10 con un flujo másico de $0,0853 \text{ kg/s}$ (paso por 2 captadores cada vez) que la caída de presión en estos es de aproximadamente 680 Pa , es decir $D_{p,capt} = 0,68 \text{ kPa}$.

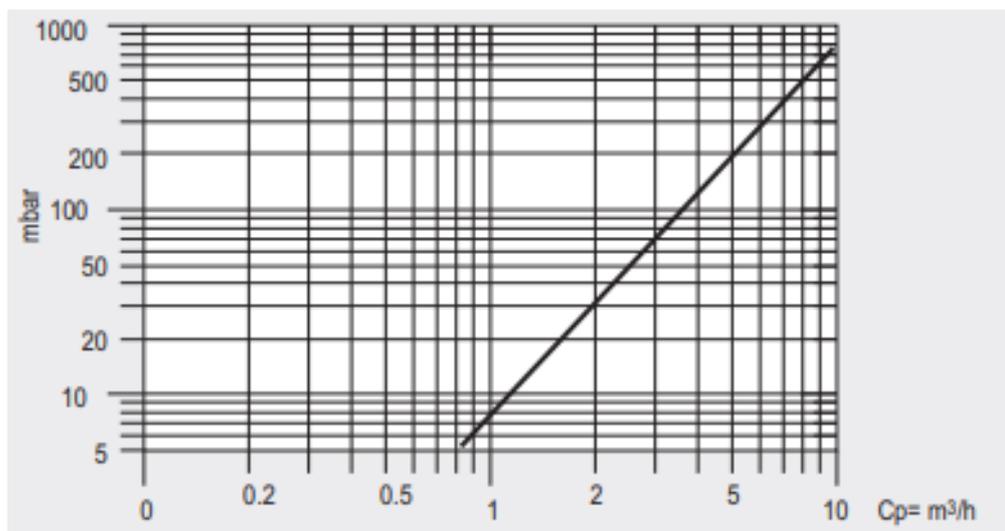
Pérdida en acumulador: El fabricante Lapesa facilita una serie de gráficas en las que analizar las pérdidas de carga debidas al interacumulador. Consultando la ficha técnica del modelo escogido se podrá apreciar que siendo el caudal del circuito primario de 1848 l/h , al realizar la conversión y entrar en la Figura 2-11 la pérdida de carga debido al serpentín del acumulador es aproximadamente 28 mbar , es decir, $2,8 \text{ kPa}$.

⁶ La longitud equivalente es una medida de estimación a través de la cual se asigna a un accesorio la longitud (aproximada) a la cual equivaldría medido en longitud de tramo recto de tubería.



[10]

Figura 2-10: Curva caída de presión en paso por captador como función del caudal específico



[11]

Figura 2-11: Curva caída de presión en paso por interacumulador como función del caudal específico

Conociendo los valores de las distintas pérdidas de carga existentes en el trazado del circuito primario, se realiza la Tabla 2-17 en la que se recoge la información a cerca de estas pérdidas asociada a cada tramo, para sumar en la última columna las pérdidas totales por tramo (*DP total*).

En esta Tabla 2-17 se aprecia que los tramos de mayores pérdidas de carga son los *Tramos 24* y *Tramo 1* (*respectivamente*), debido principalmente a sus longitudes, ya que ambos tramos son los encargados de conectar el campo de captación con el interacumulador y el resto de equipos en la sala de máquinas, y esta conexión supone un largo recorrido a través del calo.

A continuación, y a raíz de los datos de la Tabla 2-17, siguiendo el esquema de la Figura 2-9, se ha desarrollado la Tabla 2-18, la cual recoge en 12 circuitos distintos (simulando el recorrido del fluido caloportador por el circuito primario y por una de las parejas de captadores), las pérdidas totales de carga de cada uno.

Tabla 2-17: Pérdidas de carga por tramos en tuberías, accesorios, equipos y totales

TRAMOS	L(m)	Caudal (L/h)	V (m/s)	Diámetro (")	Diámetro (mm)	Dp (Pa/m)	Dp_tub(kPa)	Accesorios				Leq(m)	Dp_acc(kPa)	Dp_equipos(kPa)	DP_total(kPa)
								Codos 90º	T alineadas	T derivadas	Válvula de corte				
1	42	1848,6	0,6486	1,25	31,8	187,6	7,8796	3	0	0	0	1,5600	0,2927	0,0000	9,4396
2	3,05	1694,55	0,5945	1,25	31,8	161,3	0,4919	0	1	0	0	0,3700	0,0597	0,0000	0,8619
3	3,05	1540,5	0,5405	1,25	31,8	136,7	0,4169	0	1	0	0	0,3700	0,0506	0,0000	0,7869
4	3,05	1386,45	0,7601	1	25,4	327,8	0,9998	0	1	0	0	0,2400	0,0787	0,0000	1,2398
5	3,05	1232,4	0,6756	1	25,4	267,2	0,8149	0	1	0	0	0,2400	0,0641	0,0000	1,0549
6	3,05	1078,35	0,5912	1	25,4	212	0,6467	0	1	0	0	0,2400	0,0509	0,0000	0,8867
7	10,1	924,3	0,5067	1	25,4	162,5	1,6415	2	1	0	0	1,0400	0,1690	0,0000	2,6815
8	3,05	770,25	0,7507	0,75	19,1	462,5	1,4106	0	1	0	0	0,1700	0,0786	0,0000	1,5806
9	3,05	616,2	0,6005	0,75	19,1	314,9	0,9604	0	1	0	0	0,1700	0,0535	0,0000	1,1304
10	3,05	462,15	0,4504	0,75	19,1	192,4	0,5869	0	1	0	0	0,1700	0,0327	0,0000	0,7569
11	3,05	308,1	0,3003	0,75	19,1	96,72	0,2950	0	1	0	0	0,1700	0,0164	0,0000	0,4650
12	3,05	154,05	0,3378	0,5	12,7	192,5	0,5872	0	1	0	0	0,1100	0,0212	0,0000	0,6972
13	3,05	154,05	0,3378	0,5	12,7	192,5	0,5872	1	0	0	0	0,1700	0,0327	0,0000	0,7572
14	3,05	308,1	0,3003	0,75	19,1	96,72	0,2950	0	1	0	0	0,1700	0,0164	0,0000	0,4650
15	3,05	462,15	0,4504	0,75	19,1	192,4	0,5869	0	1	0	0	0,1700	0,0327	0,0000	0,7569
16	3,05	616,2	0,6005	0,75	19,1	314,9	0,9604	0	1	0	0	0,1700	0,0535	0,0000	1,1304
17	3,05	770,25	0,7507	0,75	19,1	462,5	1,4106	0	1	0	0	0,1700	0,0786	0,0000	1,5806
18	6,25	924,3	0,5067	1	25,4	162,5	1,0158	2	1	0	0	1,0400	0,1690	0,0000	2,0558
19	3,05	1078,35	0,5912	1	25,4	212	0,6467	0	1	0	0	0,2400	0,0509	0,0000	0,8867
20	3,05	1232,4	0,6756	1	25,4	267,2	0,8149	0	1	0	0	0,2400	0,0641	0,0000	1,0549
21	3,05	1386,45	0,7601	1	25,4	327,8	0,9998	0	1	0	0	0,2400	0,0787	0,0000	1,2398
22	3,05	1540,5	0,5405	1,25	31,8	136,7	0,4169	0	1	0	0	0,3700	0,0506	0,0000	0,7869
23	3,05	1694,55	0,5945	1,25	31,8	161,3	0,4919	0	1	0	0	0,3700	0,0597	0,0000	0,8619
24	37	1848,6	0,6486	1,25	31,8	187,6	6,9416	3	1	0	0	1,9300	0,3621	2,8000	11,6716
25	0,8	154,05	0,3378	0,5	12,7	192,5	0,1540	0	0	1	2	0,7400	0,1425	0,6800	1,5740
26	0,8	154,05	0,3378	0,5	12,7	192,5	0,1540	0	0	1	2	0,7400	0,1425	0,6800	1,5740
27	0,8	154,05	0,3378	0,5	12,7	192,5	0,1540	0	0	1	2	0,7400	0,1425	0,6800	1,5740
28	0,8	154,05	0,3378	0,5	12,7	192,5	0,1540	0	0	1	2	0,7400	0,1425	0,6800	1,5740
29	0,8	154,05	0,3378	0,5	12,7	192,5	0,1540	0	0	1	2	0,7400	0,1425	0,6800	1,5740
30	0,8	154,05	0,3378	0,5	12,7	192,5	0,1540	0	0	1	2	0,7400	0,1425	0,6800	1,5740
31	0,8	154,05	0,3378	0,5	12,7	192,5	0,1540	0	0	1	2	0,7400	0,1425	0,6800	1,5740
32	0,8	154,05	0,3378	0,5	12,7	192,5	0,1540	0	0	1	2	0,7400	0,1425	0,6800	1,5740
33	0,8	154,05	0,3378	0,5	12,7	192,5	0,1540	0	0	1	2	0,7400	0,1425	0,6800	1,5740
34	0,8	154,05	0,3378	0,5	12,7	192,5	0,1540	0	0	1	2	0,7400	0,1425	0,6800	1,5740
35	0,8	154,05	0,3378	0,5	12,7	192,5	0,1540	0	0	1	2	0,7400	0,1425	0,6800	1,5740
36	0,8	154,05	0,3378	0,5	12,7	192,5	0,1540	0	0	1	2	0,7400	0,1425	0,6800	1,5740
							33,744					3,7269	10,96	63,7174	
165,95															

Tabla 2-18: Pérdidas de carga totales por circuito

TRAMO	C 1	Tot Dp 1	C 2	Tot Dp 2	C 3	Tot Dp 3	C 4	Tot Dp 4	C 5	Tot Dp 5	C 6	Tot Dp 6	C 7	Tot Dp 7	C 8	Tot Dp 8	C 9	Tot Dp 9	C 10	Tot Dp 10	C 11	Tot Dp 11	C 12	Tot Dp 12
1	1	9,9596	1	9,9596	1	9,9596	1	9,9596	1	9,9596	1	9,9596	1	9,9596	1	9,9596	1	9,9596	1	9,9596	1	9,9596	1	9,9596
2	0	0,0000	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619
3	0	0,0000	0	0,0000	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869
4	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	1,2398	1	1,2398	1	1,2398	1	1,2398	1	1,2398	1	1,2398	1	1,2398	1	1,2398	1	1,2398
5	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	1,0549	1	1,0549	1	1,0549	1	1,0549	1	1,0549	1	1,0549	1	1,0549	1	1,0549
6	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	0,8867	1	0,8867	1	0,8867	1	0,8867	1	0,8867	1	0,8867	1	0,8867
7	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	2,6815	1	2,6815	1	2,6815	1	2,6815	1	2,6815	1	2,6815
8	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	1,5806	1	1,5806	1	1,5806	1	1,5806	1	1,5806
9	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	1,1304	1	1,1304	1	1,1304	1	1,1304
10	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	0,7569	1	0,7569	1	0,7569
11	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	0,4650	1	0,4650
12	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	0,6972
13	1	0,7572	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
14	1	0,4650	1	0,4650	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
15	1	0,7569	1	0,7569	1	0,7569	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
16	1	1,1304	1	1,1304	1	1,1304	1	1,1304	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
17	1	1,5806	1	1,5806	1	1,5806	1	1,5806	1	1,5806	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
18	1	2,0558	1	2,0558	1	2,0558	1	2,0558	1	2,0558	1	2,0558	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
19	1	0,8867	1	0,8867	1	0,8867	1	0,8867	1	0,8867	1	0,8867	1	0,8867	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
20	1	1,0549	1	1,0549	1	1,0549	1	1,0549	1	1,0549	1	1,0549	1	1,0549	1	1,0549	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
21	1	1,2398	1	1,2398	1	1,2398	1	1,2398	1	1,2398	1	1,2398	1	1,2398	1	1,2398	1	1,2398	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
22	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	1	0,7869	0	0,0000	0	0,0000
23	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	1	0,8619	0	0,0000
24	1	12,1916	1	12,1916	1	12,1916	1	12,1916	1	12,1916	1	12,1916	1	12,1916	1	12,1916	1	12,1916	1	12,1916	1	12,1916	1	12,1916
25	1	1,5740	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
26	0	0,0000	1	1,5740	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
27	0	0,0000	0	0,0000	1	1,5740	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
28	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	1,5740	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
29	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	1,5740	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
30	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	1,5740	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
31	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	1,5740	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
32	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	1,5740	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
33	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	1,5740	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000
34	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	1,5740	0	0,0000	0	0,0000
35	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	1,5740	0	0,0000
36	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0000	1	1,5740
Dp_total(kPa)		34,2613		34,3660		34,6879		35,1709		35,0954		34,4015		35,0272		35,7211		35,7966		35,3136		34,9917		34,8270

Para el análisis de la Tabla 2-18, se ha generado a modo de resumen la Tabla 2-19, en la que se compara la pérdida de carga por circuitos, comprobándose el desequilibrio de la instalación. Para el estudio de este, se ha tomado como referencia el circuito con mayor pérdida de carga, el circuito 9, y respecto a este, se aprecia que el mayor desequilibrio se obtiene en el circuito 1, el cual es de 1.535 kPa, lo que supone un 4.168 % respecto al circuito 9. Al tratarse de un porcentaje bajo (inferior al 5%), no será necesaria la inclusión de una bomba de equilibrado, corroborando la utilidad de implantar el retorno invertido en la red de tuberías, como se mencionaba al principio de este apartado.

Tabla 2-19: Resumen de equilibrado de circuitos

CIRCUITO	Dp_total(kPa)	deseq(kPa)	Deseq (%)
1	35,301	1,535	4,168
2	35,406	1,431	3,884
3	35,728	1,109	3,010
4	36,211	0,626	1,699
5	36,135	0,701	1,903
6	34,922	1,915	5,199
7	36,067	0,769	2,089
8	36,761	0,075	0,205
9	36,837	0,000	0,000
10	36,354	0,483	1,311
11	36,032	0,805	2,185
12	35,867	0,970	2,632
PROMEDIO	35,968		

2.6 Dimensionado de la bomba de circulación

Las bombas de circulación son uno de los equipos fundamentales del sistema hidráulico de la instalación, y debe regirse al CTE. El Código, estipula que para superficies de captación mayores de 50m² han de colocarse dos bombas en paralelo a modo de precaución. De este modo, una de ellas queda inhabilitada durante el funcionamiento de la otra, pero siendo capaz de suplir las necesidades del circuito en caso de fallo de la primera. Se aprecia en apartado 1.6 *Esquema de principio*, la aparición de las bombas en paralelo. Debido a que la superficie del campo de captación de la instalación en concreto es de 56,88 m², así se llevará a cabo.

Para el dimensionado, se debe cumplir que ambas bombas (por separado) sean capaces de mover el caudal de agua del circuito más desfavorable en cuanto a pérdidas de carga. Atendiendo a esto, en la Tabla 2-19, se aprecia que este circuito supone unas pérdidas totales de 36,837 kPa, lo que equivale a 3.759 mca.

Para la elección de un modelo de bomba se tendrán como datos, por tanto, el caudal del circuito primario igual a 1.8486 m³/h y la altura (en mca) mencionada anteriormente. Se ha seleccionado el modelo Wilo-Star-Z 20/7-3 que cumple con los requisitos anteriores y cuya curva característica se aprecia en la Figura 2-12.

Star-Z

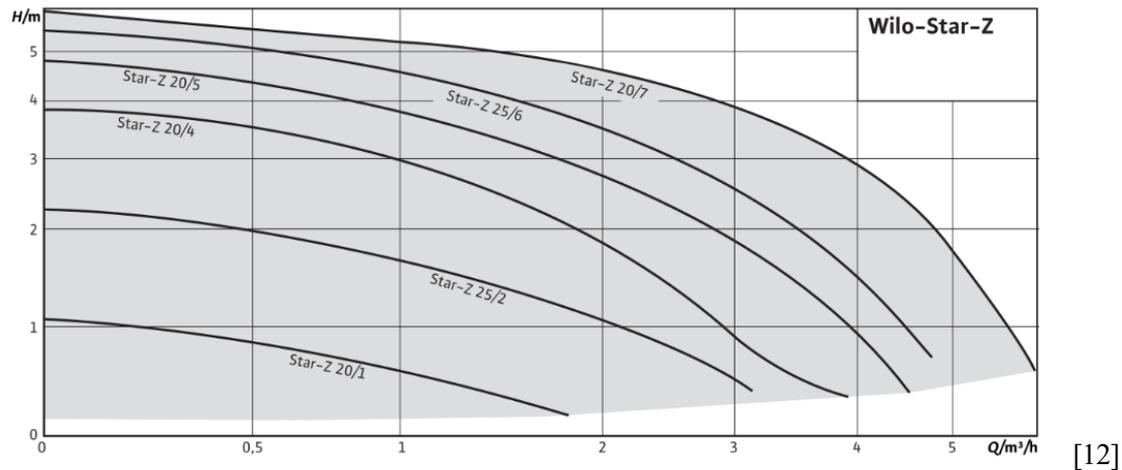


Figura 2-12: Curva característica de la bomba de circulación

[12]

2.7 Dimensionado del vaso de expansión

El factor más determinante del dimensionado del vaso de expansión es el volumen de este. Se trata de un depósito que absorberá las fluctuaciones de volumen en el circuito derivadas de los cambios de temperatura, y deberá dimensionarse de acuerdo a la cantidad de agua que que por este circule.

La norma que regula el dimensionado de los vasos de expansión es principalmente es la UNE 100155: *Diseño y cálculo de sistemas de expansión*. [21]

Para el cálculo del volumen del vaso de expansión se requiere previamente conocer el volumen total de fluido del circuito en el que este se implantará. Se trata del circuito primario, un circuito cerrado del que debe conocerse el volumen del recorrido de sus tuberías, además del volumen en el interior de los serpentines en el interacumulador y en el campo de captadores:

$$V_T = V_{tub} + V_{capt} + V_{inter} \quad (a)$$

* El volumen total se multiplicará por un factor de seguridad que incrementará en un 10% el valor de este.

Para obtener el valor del volumen del vaso de expansión ha de multiplicarse el volumen de fluido caloportador calculado por los coeficientes de expansión de fluido (C_e) y el coeficiente de presión (C_p) resultando la expresión:

$$V_{v.exp} = (V_T * 1,10) * C_e * C_p \quad (b)$$

A continuación, se expondrán los pasos a seguir pertinentes para obtener todos los términos de las expresiones anteriores.

1. Cálculo de los términos por separado de la expresión (a) para hallar V_T .
2. Cálculo de los coeficientes de expansión y de presión.
3. Cálculo del volumen mínimo y elección del vaso de expansión.

1. Cálculo de los términos por separado de la expresión (a) para hallar V_T .

En el apartado 1.7.1.1 y 1.7.1.2 se especifican respectivamente las capacidades (en litros) de los captadores solares y el serpentín del interacumulador. Siendo:

$$V_{capt} = 1,64 * 24 = \mathbf{39,36\ l} \quad ; \quad V_{inter} = \mathbf{48\ l} \quad (\text{se toma el valor mayor aportado en la ficha técnica})$$

Para conocer la capacidad de toda la red de tuberías se recurre a la Tabla 2-17, y mediante la siguiente fórmula se obtendrá la siguiente Tabla 2-20, en la que consultar el volumen de cada tramo:

$$V_{tramo} = \left[\left(\frac{\pi * D^2}{4} \right) * L \right] / 1000$$

Tabla 2-20: Volumen de fluido caloportador por tramos

TRAMOS	L(m)	Diámetro (mm)	VOLUMEN (l)
1	42	31,75	33,253
2	3,05	31,75	2,415
3	3,05	31,75	2,415
4	3,05	25,4	1,545
5	3,05	25,4	1,545
6	3,05	25,4	1,545
7	10,1	25,4	5,118
8	3,05	19,05	0,869
9	3,05	19,05	0,869
10	3,05	19,05	0,869
11	3,05	19,05	0,869
12	3,05	12,7	0,386
13	3,05	12,7	0,386
14	3,05	19,05	0,869
15	3,05	19,05	0,869
16	3,05	19,05	0,869
17	3,05	19,05	0,869
18	6,25	25,4	3,167
19	3,05	25,4	1,545
20	3,05	25,4	1,545
21	3,05	25,4	1,545
22	3,05	31,75	2,415
23	3,05	31,75	2,415
24	37	31,75	29,294
25 a 36	0,8	12,7	0,101
TOTAL	165,95 m		98,707 l

Con esto, el volumen total del circuito primario resulta:

$$V_T = 98,71 + 39,36 + 48 = \mathbf{186,07\ l}$$

2. Cálculo de los coeficientes de expansión y de presión.

$$C_e = f_e * (-1,75 + 0,064 * T + 0,0036 * T^2) * 10^{-3}$$

Siendo T : Temperatura del fluido en el que se instalará el vaso de expansión y estimada como 60°C.

Y f_e un factor corrector incluido por tratarse de una mezcla agua y glicol:

$$f_e = a * (1,83 * T + 32)^b$$

Los coeficientes de esta expresión se extraen a través de las siguientes expresiones, dependientes del porcentaje de glicol existente en la mezcla (G). En este caso $G=20$.

$$a = -0,0134 * (G^2 - 143,8 * G + 1918,2) = 7,475$$

$$b = 3,5 * 10^{-4} * (G^2 - 94,57 * G + 500) = -0,347$$

Lo que da lugar a:

$$f_e = 1,340$$

Y, por tanto:

$$C_e = 0,02016$$

Por otra parte, el coeficiente de presión:

$$C_p = \frac{P_{M\acute{a}x}}{P_{M\acute{a}x} - P_{m\acute{i}n}}$$

- $P_{M\acute{a}x}$ es la presión máxima del circuito. Corresponde a la presión tarada en la válvula de seguridad, ante la que debe actuar si se sobrepasa este valor. Esta presión será igual a 10 *bar*.

En la documentación técnica se corrobora que los equipos principales de la instalación tienen este valor de presión como presión máxima.

- $P_{m\acute{i}n}$ es la presión estática existente debido a la diferencia de altura entre la ubicación del vaso de expansión, y el punto más alto de circulación de agua de la instalación. Esta distancia será de unos 23,5 metros aproximadamente, estando el vaso de expansión en la sala de máquinas a cota 0.00m (siendo la cota 22.00m a la que se encuentra la cubierta, más la altura del propio captador de aproximadamente 1.5m). Esta altura se traduce en una presión de aproximadamente 2.35 *bar* (presión manométrica). Sumando la presión atmosférica (1 *bar*) y otorgando un margen de 0.5 *bar* por seguridad, $P_{m\acute{i}n} = 3.85 \text{ bar}$.

Con lo que el coeficiente de presión resulta: $C_p = 1,626$

3. Cálculo del volumen mínimo y elección del vaso de expansión:

Atendiendo a la expresión (b), podrá obtenerse:

$$V_{v.exp} = (186,07 * 1,10) * 0,02016 * 1,626 = 6,71 \text{ l}$$

Aún obteniendo este valor, se ha tenido en cuenta la exigencia de la norma UNE 100155, que establece que el volumen del vaso ha de ser como mínimo un 6% del volumen total de fluido en el circuito.

Siendo: $186,07 * 0,06 = 11,164 \text{ l} > 6,71 \text{ l}$,

la elección se regirá a partir de este dato.

Se ha escogido el modelo *18 SMF* de vaso de expansión de la empresa Industrias Ibaiondo, S.A. con una capacidad de 18 litros.

2.8 Equipos auxiliares

La instalación constará de un sistema auxiliar de energía, que será capaz de abastecer la demanda por completo en el caso más desfavorable en que la contribución de ACS a partir de la contribución solar sea nula. En la práctica, lo habitual será que sirva como complemento al sistema principal de energía, el sistema de captación de energía termosolar, y que solo entre en funcionamiento como método de apoyo en caso de demandas superiores a las previstas o niveles de radiación solar inferiores.

Al tratarse el edificio estudiado de un palacio de congresos con utilidad y aforo altamente variante, es importante el buen funcionamiento del sistema de apoyo, y se optará por un sobredimensionado considerable.

Este sistema auxiliar o de apoyo se mantendrá con respecto al que era el sistema convencional previo a la instalación termosolar, asegurando de este modo ser completamente capaz de abastecer la demanda en las situaciones desfavorables anteriormente nombradas. Estará formado por dos calderas convencionales de gas natural de 32 kW cada una, del modelo *Logano G124 XE* y marca Buderus y un interacumulador *MVV3500SBB* del fabricante *LAPESA* como equipos principales.

2.9 Cálculo de aislamientos

El espesor mínimo de aislamientos de tuberías y sus accesorios, así como depósitos, equipos y aparatos en general de toda la instalación, está regulado por la normativa de forma concreta. En este caso, el RITE, en el apartado IT 1.2.4.2.1 *Aislamiento térmico de redes de tuberías*, exige la existencia de aislamientos en cualquiera de los elementos nombrados anteriormente en caso de que contengan fluido a una temperatura superior a 40°C.

En el caso que ocupa, todos los elementos incluidos en la instalación disponen de aislamiento de fábrica, especificados en el apartado *1.7 Características técnicas*, y cumpliendo la instrucción técnica nombrada anteriormente.

De este modo, quedará analizar el espesor necesario para la red de tuberías. Tanto para tuberías como para cualquier equipo, será necesario distinguir si se encuentran en el exterior o no, puesto que el grado de deterioro será mucho más elevado. Deberán protegerse de la enterperie, así como de la estanqueidad en juntas.

Para el cálculo de espesores de la red de tuberías se llevará a cabo el *Procedimiento simplificado* (IT 1.2.4.2.1.2), que asigna cuáles han de ser los aislamientos térmicos según las indicaciones de las siguientes Tabla 2-21 y Tabla 2-22.

Tabla 2-21: Espesores mín. asilam. tuberías que transportan fluidos calientes por interior de edificios.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Tabla 2-22: Espesores mín. asilam. tuberías que transportan fluidos calientes por exterior de edificios.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	30	20	20
$35 < D \leq 60$	40	30	20
$60 < D \leq 90$	40	30	30
$90 < D \leq 140$	50	40	30
$140 < D$	50	40	30

Debido a que el diámetro de la red de tuberías no es uniforme en toda la instalación, será necesario asignar según los valores de las tablas anteriores y los diámetros y condiciones de cada tramo, el espesor correspondiente. Se recogerá esta información en la Tabla 2-23.

Tabla 2-23: Espesores de aislamiento en tuberías asignados por tramos

TRAMOS	L(m)	Diámetro	INT/EXT	Espesor
1 (int.)	33	31,75	INT	40
1 (ext.)	9	31,75	EXT	40
2	3,05	31,75	EXT	40
3	3,05	31,75	EXT	40
4	3,05	25,4	EXT	30
5	3,05	25,4	EXT	30
6	3,05	25,4	EXT	30
7	10,1	25,4	EXT	30
8	3,05	19,05	EXT	30
9	3,05	19,05	EXT	30
10	3,05	19,05	EXT	30
11	3,05	19,05	EXT	30
12	3,05	12,7	EXT	30
13	3,05	12,7	EXT	30
14	3,05	19,05	EXT	30
15	3,05	19,05	EXT	30
16	3,05	19,05	EXT	30
17	3,05	19,05	EXT	30
18	6,25	25,4	EXT	30
19	3,05	25,4	EXT	30
20	3,05	25,4	EXT	30
21	3,05	25,4	EXT	30
22	3,05	31,75	EXT	40
23	3,05	31,75	EXT	40
24 (int.)	26,8	31,75	EXT	40
24 (ext.)	10,2	31,75	INT	40
25 a 36	0,8	12,7	EXT	30

La temperatura del fluido tanto en interior como en exterior se considerará en la franja entre 60 y 100 °C en una instalación termosolar tal como esta. (Para el cálculo de la red de tuberías del circuito de consumo, la franja sería entre 40 y 60°C, pero estos tramos de tuberías se consideran prediseñados por completo.)

En la Tabla 2-23 se recogen los espesores asignados teniendo en cuenta el diámetro de tubo y si este se encuentra en el interior o exterior del edificio. Considerando el mínimo de las Tablas 2-21 y 2-22, se han dimensionado con 1 centímetro más del requerido.

Se aprecia como los únicos tramos de interior son aquellos que transcurren por el calor conectando en subida y bajada con la sala de máquinas. Ambos tramos (1 y 24) tienen parte exterior también.

Se agrupan los tramos del 25 al 36 en una sola línea ya que las características de estos tramos de las 12 parejas de captadores serán las mismas como ya se explicó en el apartado 2.5.2.

2.10 Accesorios

- Válvulas

- V. de corte: A la entrada y salida de todos los equipos.
- V. de seguridad: Junto al vaso de expansión y a la salida del campo de captadores.
- V. de retención: A la salida de las bombas de circulación.
- V. de vaciado: A la salida del campo de captación.

- Purgadores

Se ubicarán puntos de purga en todas aquellas ubicaciones de la instalación con riesgo de retenciones de aire inadecuado. Puntos como la salida de cada batería de captadores.

- Purgador automático: A la salida del vaso de expansión y a la salida del campo de captadores.
- Purgador de aire: A la salida de las baterías de captadores.
- Sensores de temperatura: A la salida del interacumulador y el campo de captadores.
- Manómetros: A la salida del interacumulador y el campo de captadores.

ANEXO I - Certificado CHEQ4



La instalación solar térmica especificada CUMPLE los requerimientos mínimos especificados por el HE4

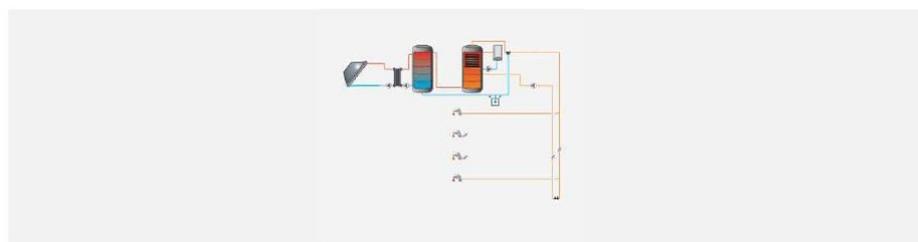
Datos del proyecto

Nombre del proyecto	
Comunidad	
Localidad	
Dirección	

Datos del autor

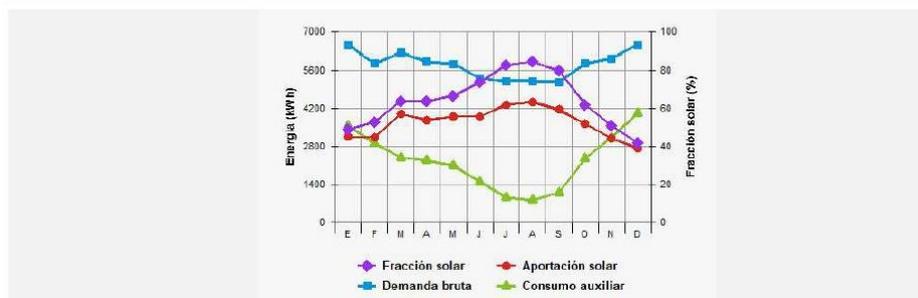
Nombre	
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

Características del sistema solar



Localización de referencia	Sevilla (Sevilla)											
Altura respecto la referencia [m]	18											
Sistema seleccionado	Instalación con consumo múltiple totalmente centralizada											
Demanda [l/día a 60°C]	2.982											
Ocupación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Resultados



Fracción solar [%]	64
Demanda neta [kWh]	56.206
Demanda bruta [kWh]	69.861
Aporte solar [kWh]	44.413
Consumo auxiliar [kWh]	27.229
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	9.587

CHEQ4

La instalación solar térmica especificada CUMPLE los requerimientos mínimos especificados por el HE4

Cálculo del sistema de referencia

De acuerdo al apartado 2.2.1 de la sección HE4, la contribución solar mínima podrá sustituirse parcial o totalmente mediante una instalación alternativa de otras energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia instalación térmica del edificio.

Para poder realizar la sustitución se justificará documentalmente que las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía primaria no renovable, debidos a la instalación alternativa y todos sus sistemas auxiliares para cubrir completamente la demanda de ACS, o la demanda total de ACS y calefacción si se considera necesario, son iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia (se considerará como sistema de referencia para ACS, y como sistema de referencia para calefacción, una caldera de gas con rendimiento medio estacional de 92%).

Demanda ACS total [kWh]	56.206
Demanda ACS de referencia [kWh]	11.793
Demanda calefacción CALENER [kWh]	0
Consumo energía primaria [kWh]	13.716
Emisiones de CO2 [kg CO2]	2.767

CHEQ4

La instalación solar térmica especificada CUMPLE los requerimientos mínimos especificados por el HE4

Parámetros del sistema	Verificación en obra
Campo de captadores	
Captador seleccionado	PROMASUN 2.6 (PROMASOL) <input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	NPS-18916 - Verificar vigencia <input type="checkbox"/>
Número de captadores	24,0 <input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	2,0 <input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0,0 <input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0,0 <input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	43,3 <input type="checkbox"/>
Circuito primario/secundario	
Caudal circuito primario [l/h]	2.048,0 <input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	18,0 <input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	120,0 <input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	23,0 <input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	40,0 <input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	lana de vidrio <input type="checkbox"/>
Sistema de apoyo	
Tipo de sistema	Caldera convencional <input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Gas natural <input type="checkbox"/>
Acumulación	
Volumen [l]	3.500,0 <input type="checkbox"/>
Distribución	
Longitud del circuito de distribución [m]	80,0 <input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	23,0 <input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	40,0 <input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	espuma de poliuretano <input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	60,0 <input type="checkbox"/>
Distribución subestaciones	
Longitud del circuito de distribución [m]	80,0 <input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	23,0 <input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	40,0 <input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	espuma de poliuretano <input type="checkbox"/>

ANEXO II – Cálculo de la radiación global sobre superficie inclinada

El proceso de adecuación de los datos de irradiación global horizontal a los de irradiación sobre superficie inclinada llevará una serie de pasos a seguir.

1. Cálculo de la irradiación extraterrestre.
2. Cálculo del índice de claridad medio.
3. Descomposición de la radiación global horizontal en radiación directa y difusa.
4. Cálculo de la relación de irradiaciones inclinada y horizontal.
5. Cálculo de la irradiación global sobre la superficie inclinada.

A modo de resumen se definirán los conceptos con los que se va a tratar en este apartado, que serán de utilidad para obtener al finalizar los cálculos los valores de irradiación global mensuales sobre una superficie horizontal cuya ubicación, inclinación y orientación es la de los captadores del presente proyecto:

- Irradiación extraterrestre (H_0): Radiación solar diaria que se recibe sobre una superficie horizontal situada en el límite superior de la atmósfera.
- Declinación Solar (δ): Es el ángulo que forma la línea virtual entre los centros del Sol y la Tierra con la proyección de esta línea sobre el plano ecuatorial celeste.
- Ángulo solar (ω): Es el arco de ecuador contado desde el punto de intersección del ecuador con el meridiano del observador hasta el círculo horario del astro. [22]
- Índice de claridad medio (k_t): relación en tanto por uno entre la irradiación global horizontal que recibe una superficie del planeta (H_{G0}) y la irradiación extraterrestre total horizontal (H_0).
- Radiación directa y difusa (H_D y H_d): son respectivamente la irradiación solar que proviene directamente del Sol, y la irradiación consecuencia de la dispersión de la propia irradiación solar.

1. Cálculo de la irradiación extraterrestre.

La siguiente expresión da lugar a la obtención de la irradiación global extraterrestre solar sobre una superficie horizontal.

$$H_0 = G_{CS} * \frac{24 * 3600}{\pi} * \left(1 + 0,033 * \cos\left(\frac{360 * n}{365}\right) \right) * \left(\frac{\omega * \pi}{180} * \sin \delta * \sin \phi + \cos \delta * \cos \phi * \sin \omega \right)$$

Donde $G_{CS} = 1367 \text{ W/m}^2$ es la constante solar.

δ y ω se han definido anteriormente como declinación y ángulo solar respectivamente.

ϕ es la latitud en °

n es el día del año

A través de la ecuación de Cooper se obtiene la declinación solar:

$$\delta = 23,45 * \sin\left(\frac{360}{365} * (n + 284)\right)$$

Y a través de la siguiente expresión se calcula el ángulo solar:

$$\omega = (-\tan \phi * \tan \delta)$$

Se obtendrá la siguiente Tabla 2-24, y por consiguiente se podrá obtener la irradiación global extraterrestre solar sobre una superficie horizontal.

Tabla 2-24: Declinación y ángulo solar mensuales

	Día del año (n)*	Declinación solar δ (°)	Ángulo solar ω (°)
Enero	16	-21,10	72,84
Febrero	45	-13,62	79,32
Marzo	75	-2,42	88,14
Abril	105	9,41	97,28
Mayo	136	19,03	105,29
Junio	166	23,31	109,24
Julio	197	21,35	107,39
Agosto	228	13,45	100,54
Septiembre	258	2,22	91,70
Octubre	289	-9,97	82,28
Noviembre	319	-19,15	74,60
Diciembre	350	-23,37	70,71

* Día intermedio del mes

2. Cálculo del índice de claridad medio.

A través de la siguiente expresión:

$$k_t = \frac{H_{G0}}{H_0}$$

quedará definido el índice de claridad medio, que, junto a las irradiaciones que lo definen se representan en la Tabla 2-25.

Tabla 2-25: Índice de claridad medio

	H_{G0}: Rad. Solar global (MJ/m2)	H_0: Irradiación global horizontal (MJ/m2)	Kt
Enero	9,8	16,71	0,587
Febrero	13,2	21,77	0,606
Marzo	18,1	29,28	0,618
Abril	22,1	36,74	0,602
Mayo	25,2	42,27	0,596
Junio	28,4	44,55	0,637
Julio	29,2	43,52	0,671
Agosto	25,9	39,13	0,662
Septiembre	20,8	32,27	0,644
Octubre	14,5	24,25	0,598
Noviembre	10,5	18,02	0,583
Diciembre	8,4	15,18	0,553

3. Descomposición de la radiación global horizontal en radiación directa y difusa.

Partiendo de los cálculos anteriores y de los datos de radiación global horizontal, se ha de descomponer en radiación directa y difusa sabiendo que:

$$H_0 = H_D + H_d$$

Y la existencia de dos correlaciones que tratan la radiación difusa:

$$\text{Cuando } \omega > 81.4^\circ \quad \frac{H_d}{H_0} = 1,391 - 3,560 * k_t + 4,189 * k_t^2 - 2,137 * k_t^3$$

$$\text{Cuando } \omega < 81.4^\circ \quad \frac{H_d}{H_0} = 1,311 - 3,022 * k_t + 3,427 * k_t^2 - 1,821 * k_t^3$$

Con esto se podrá descomponer viéndose en las columnas de la Tabla 2-26:

Tabla 2-26: Radiación solar directa y difusa

	H0: Rad. Solar global (MJ/m2)	HD: Rad. Solar Directa (MJ/m2)	Hd: Rad. Solar difusa (MJ/m2)
Enero	9,80	6,73	3,07
Febrero	13,20	9,29	3,91
Marzo	18,10	12,27	5,83
Abril	22,10	14,66	7,44
Mayo	25,20	16,59	8,61
Junio	28,40	19,73	8,67
Julio	29,20	21,14	8,06
Agosto	25,90	18,54	7,36
Septiembre	20,80	14,57	6,23
Octubre	14,50	9,57	4,93
Noviembre	10,50	7,18	3,32
Diciembre	8,40	5,53	2,87

4. Cálculo de la relación de irradiaciones inclinada y horizontal.

Previo al cálculo de la irradiación global sobre la superficie inclinada, es necesario hallar la relación entre la parte de radiación directa de esta, y la irradiación directa sobre una superficie horizontal (Dato conocido gracias a la Tabla 2-24).

Se designará como Relación radiaciones directas (R_D):

$$R_D = \frac{\cos(\phi - s) * \cos \delta * \sin \omega' + \frac{\pi}{180} * \omega' * \sin(\phi - s) * \sin \delta}{\cos(\phi) * \cos \delta * \sin \omega + \frac{\pi}{180} * \omega * \sin(\phi) * \sin \delta},$$

Siendo $s = 43.3^\circ$, la inclinación de los captadores establecida

ω' el ángulo solar en la superficie inclinada

Designando previamente: $\omega' = \text{Min}[\omega, \arccos(-\tan(\phi - s) * \tan(\delta))]$

5. Cálculo de la irradiación global sobre la superficie inclinada.

A través de la siguiente expresión se obtiene la irradiación global en la superficie inclinada de los captadores solares; objeto de este apartado:

$$H_i = R_D * H_D + H_d * \left(\frac{1 + \cos(s)}{2} \right)$$

Con la que, aplicando esta para cada mes, se obtiene la Tabla 2-3:

Tabla 2-3: Comparativa radiación solar sobre superficie horizontal y superficie inclinada

	H_{G0} : Rad. Solar global (MJ/m ²)	H_i : Rad. Solar superficie inclinada (MJ/m ²)
Enero	9,80	18,10
Febrero	13,20	20,03
Marzo	18,10	21,32
Abril	22,10	21,22
Mayo	25,20	20,97
Junio	28,40	22,11
Julio	29,20	23,34
Agosto	25,90	23,47
Septiembre	20,80	22,70
Octubre	14,50	19,71
Noviembre	10,50	18,24
Diciembre	8,40	16,32

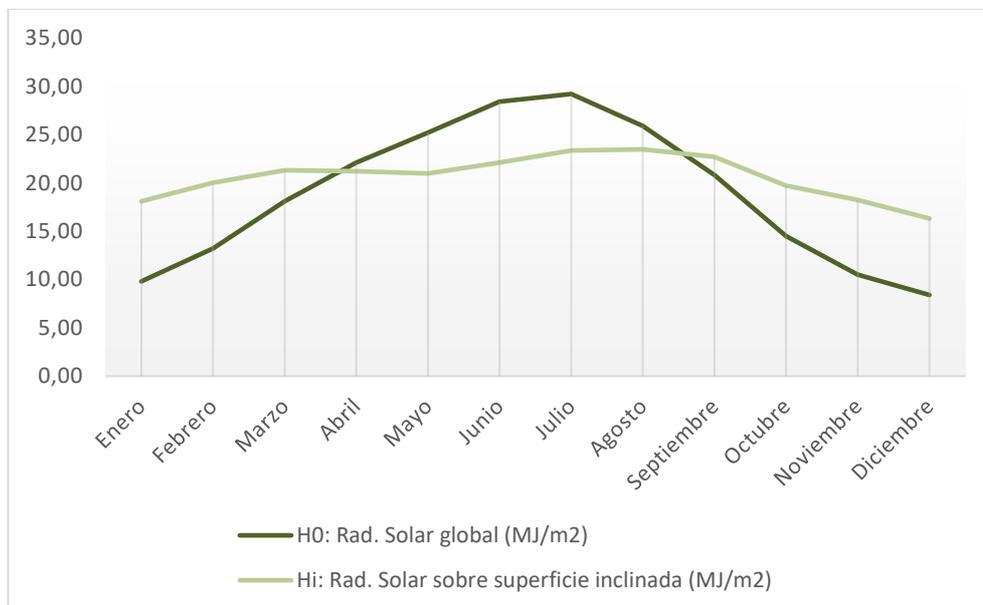


Figura 2-2: Curvas comparativas de la radiación solar sobre superficie horizontal y superficie inclinada

3 PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 Objeto

El pliego de condiciones técnicas de este proyecto fija los criterios generales a cumplir de la instalación de captadores solares planos para producción de agua caliente sanitaria en el Palacio de congresos Fibes II, situado en Sevilla Este, en la provincia de Sevilla.

En el desglose del documento se detallarán los materiales, equipos y montajes de estos, así como las pruebas necesarias, la puesta en marcha y el mantenimiento requerido.

3.2 Normativa

Todos los materiales y tareas que forman parte de la Instalación deberán cumplir con los requisitos exigidos en los siguientes reglamentos:

- Pliego de Especificaciones Técnicas para Instalaciones de Energía Solar Térmica a Baja Temperatura.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE). Real Decreto 1027/2007 de 20 de Julio.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus instrucciones Complementarias MI.BT, incluidas las hojas de interpretación.
- Código Técnico de la Edificación - Acciones en la Edificación (CTE-DB-AE).
- Código Técnico de la Edificación – Seguridad en caso de incendio (CTE-DBSI).
- Código Técnico de la Edificación – Protección frente al ruido (CTE-DB-HR)
- Norma UNE-EN 12975-1:2006. “Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares.”
- Igualmente, se cumplirá con toda la normativa de carácter regional y local (Ordenanzas, etc.).
- Aparte de la Normativa de carácter obligatorio antes mencionada, se utilizarán otras normas como las UNE de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), normas NTE del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo o de las Compañías suministradores de energía eléctrica, etc. En ocasiones, a falta de normativa española, podrán utilizarse de organismos internaciones, como CER, ISO, etc.

De igual manera, se respetarán cualesquiera otras normativas o reglamentos mencionados en el presente pliego.

3.3 Condiciones de materiales y equipos

3.1.1 Captadores solares

a) Generalidades:

Cada captador llevará una etiqueta pegada con al menos la siguiente información:

- Tipo
- Nº serie
- Nombre del fabricante
- Año / Lugar de fabricación
- Presión máxima de trabajo
- Temperatua de estancamiento a 1000 W/m² y 30°C
- Volumen del fluido de transferencia de calor
- Peso del captador en vacío

Se recomienda el uso de captadores solares que se ajusten a las siguientes características técnicas:

- El material de la cubierta transparente sea vidrio templado de espesor no inferior a 3 mm y transmisividad mayor o igual a 0,8.
- La distancia media entre el absorbedor y la cubierta transparente será de entre 2 y 4 cm.
- La instalación de sistemas integrados en cubierta se debería realizar mediante un procedimiento acreditado por el fabricante y de forma que se garanticen las características funcionales y de durabilidad del conjunto.
- Los datos para la caracterización térmica, hidráulica y mecánica del captador solar deberán proceder de los resultados del ensayo realizado conforme a la norma UNE 12975.

b) Modelo:

Se recomienda uniformidad en la marca y modelo de todo el campo de captadores.

Ante la imposibilidad de esto, se dispondrá de un sistema de regulación de caudal por baterías que permita que las nuevas baterías presenten el mismo caudal (diferencia máxima del 10%) que las existentes cuando circule por el circuito primario el caudal de diseño.

c) Estructura soporte y sujeción

La estructura soporte cumplirá los requisitos establecidos en el CTE- SE.

Todos los materiales que la conformen han de proteger contra la acción de los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la acción combinada del aire y el agua.

Las estructuras de acero deberán protegerse mediante galvanizado por inmersión en caliente, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes. La realización de taladros en la estructura se deberá llevar a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería y piezas auxiliares deberán estar protegidas por galvanizado o cincado, o ser de acero inoxidable.

3.1.2 Tuberías

En los circuitos cerrados, como el circuito primario podrán usarse tuberías de cobre, de acero negro, de acero inoxidable o material plástico compatibles con el fluido que utilizan, que soporten las condiciones extremas de funcionamiento del correspondiente circuito y con la protección necesaria en función de la ubicación en que se encuentren.

En los circuitos de agua caliente sanitaria podrán utilizarse cobre y acero inoxidable. También podrán utilizarse materiales plásticos capaces de soportar las condiciones extremas (presión y temperatura) de funcionamiento del circuito, y que estén autorizadas por la normativa.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y sus uniones serán realizadas por accesorios a presión que soporten también las condiciones extremas, o con soldadura por capilaridad de acuerdo con la norma UNE 37153.

Cuando la temperatura pueda superar los 125°C se utilizará soldadura fuerte.

Siempre es recomendable prever la protección catódica del acero según la norma UNE 100050.

En aquellos casos en que el fabricante conceda elementos metálicos no galvanizados no protegidos contra la oxidación, estos deben ser cubiertos por pintura antioxidante. Se han de dar dos manos de pintura para asegurar su protección, una fuera de obra y otra una vez el tubo sea instalado.

Accesorios:

- *Termómetros*

Los termómetros más adecuados son los de mercurio en vidrio, encontrándose estos protegidos en una caja metálica. La escala debe adecuarse a los requerimientos de la instalación y el aparato debe contar con divisiones pequeñas que disminuyan el error de medida.

- *Manómetros:*

Los manómetros serán con válvula de aguja de aislamiento en acero inoxidable e inmersos en glicerina. Los rangos de los manómetros serán tales que la aguja, durante el funcionamiento normal, este en el medio del dial. La precisión será de al menos el 1%.

- *Juntas:*

Como normas generales, no se utilizará amianto. La presión nominal mínima será PN-10 y soportarán temperaturas inferiores a 200°C.

- *Lubricante de roscas:*

Lubricante general, que no actúe como endurecedor, ni sea venenoso. Acoplamientos dieléctricos. Se incluirán acoplamientos dieléctricos también en las uniones entre cobre y acero o fundición.

- *Derivaciones:*

Habitualmente utilizar empalmes soldados. Para el perfeccionamiento de las intersecciones, se realizarán las aberturas en tubería con la mayor precisión posible.

- *Codos en bombas:*

Tanto como para succión como para descarga, el radio del codo será lo suficientemente largo.

- *Sombreretes:*

Son necesarias para proporcionar la protección adecuada a cada una de las tuberías que discurran a través de la cubierta.

- *Guías:*

Serán instaladas de acuerdo a las indicaciones y recomendaciones que aporte el fabricante.

- *Puntos de toma de presión:*

Se incluirán los puntos de toma con válvula necesarios y/o indicados en planos o especificaciones.

- *Válvulas de seguridad:*

Se incluirán todas las válvulas de seguridad indicadas, o necesarias para un funcionamiento completamente seguro y correcto de los sistemas. Durante el periodo de pruebas de la instalación se procederá al timbrado de las mismas. Las válvulas de seguridad de alivio serán de paso angular y carga por resorte. Serán adecuadas para condiciones de trabajo de 0 a 120°C y hasta 25 Kg/cm². Los materiales de fabricación son cobre RG-5 para el cuerpo, vástago, tornillo de fijación, tuerca deflectora y la tobera, latón para el cabezal y obturador, acero cadmiado para el resorte Y PTFE para la junta.

- *Purgadores de aire:*

Cuando sea necesario, y con el fin de disponer de una instalación silenciosa y evitar la formación de cámaras de aire se dispondrá la tubería con pendiente ascendente hacia la dirección del flujo.

Las derivaciones se harán de tal modo que se eviten retenciones de aire y se permita el paso libre del mismo. Se incluirá purgadores de aire, manuales y automáticos, en todos los puntos altos, particularmente en los puntos más elevados de los montantes principales, así como en todos los puntos necesarios, teniéndose especial cuidado en los retornos (ascensos, codos ascendentes).

En el caso de que, una vez que las redes estén en funcionamiento, se den anomalías por presencia de aire en la instalación, se instalarán nuevos empalmes, purgadores, válvulas según se considere necesario y sin costes extra. Si se deben realizar trabajos que requieran rotura, y reposición de acabados, el contratista se hará cargo de los gastos generados. Se preferirán, por regla general, los purgadores manuales, salvo en puntos ocultos o

de difícil acceso, que hagan recomendable la instalación de purgadores automáticos.

- *Compensadores de dilatación:*

Estos se utilizan en los circuitos de agua caliente. Han de ser instalados allí donde indique el plano y donde se requiera según la experiencia del instalador, cumpliéndose las recomendaciones propuestas por el reglamento.

Siempre se colocarán entre dos puntos fijos, capaces de soportar los esfuerzos de dilatación y de presión que se originan.

Los extremos del compensador van a ser de acero al carbono preparados para soldar a la tubería con un chaflán de 37° 30' y un talón de 1,6 mm cuando el diámetro nominal de la tubería sea de hasta 2" inclusive. Si las tuberías son de diámetro superior, las conexiones serán con bridas en acero al carbono según las normal DIN 2502 o 2503, según si las presiones son de 6 y 10 o 16 Kg/cm². Estas bridas van soldadas a los cuellos del compensador por los procedimientos recomendados para soldadura de piezas en acero al carbono de espesores medios.

- *Vaciados:*

Los vaciados, purgadores, válvulas de seguridad, reboses, se dirigirán al sumidero o desagüe más cercano. En cualquier caso, se van a adoptar las medidas oportunas para evitar que una descarga accidental produzca daños o desperfectos. Se suministrarán las válvulas de vaciado que sean necesarias para el vaciado completo de todas las tuberías y equipos.

- *Conexiones a equipos:*

Se utilizarán elementos de unión que permitan una fácil conexión y desconexión de los equipos y elementos de la red de tuberías, dispuestas de tal modo que los equipos puedan ser mantenidos o que puedan retirarse sin tener que desmontar la tubería. La instalación se realizará de tal modo que no se transmitan esfuerzos desde las redes de tuberías hacia los equipos.

3.1.3 Interacumuladores

El depósito estará fabricado de acuerdo con las especificaciones del Reglamento de Aparatos a Presión, instrucción Técnica Complementaria MJE-AP11 y probado con una presión igual a dos veces la presión de trabajo, además de ser homologado por el Ministerio de Industria y Energía.

El interacumulador especificará:

- Tipo
- Volumen cúbico real
- Dimensiones
- Presión de trabajo máximo
- Temperatura máxima de almacenaje
- Ubicación y diámetro de las bocas de conexión
- Ubicación y características de los puntos de apoyo.
- Material y espesor del aislamiento incorporado

Además, para reconocimiento inmediato, el depósito dispondrá de una placa de identificación en la que se recogerá la siguiente información:

- Nombre del fabricante
- Número de fabricación
- Volumen neto de acumulación (l)
- Presión máxima de servicio

En los casos en que el intercambiador está incorporado al acumulador solar, este estará ubicado en la parte inferior del depósito y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El intercambiador sumergido podrá ser de serpentín o de haz tubular.

3.1.4 Bombas de circulación

La bomba de circulación llevará una placa donde debe ir grabado con claridad:

- Fabricante
- Marca y modelo
- Características eléctricas

Además, los grupos de bombeo han de reunir las siguientes características en lo referido a materiales y prestaciones:

- Cuerpo en fundición o bronce. Partidos, o no, según planos. Se incluirán conexiones para cebado, venteo, drenaje y manómetros en impulsión y descarga.
- Rodete de fundición/ polysulfone o bronce.
- Eje en acero inoxidable AISI 316.
- Tubo de estanqueidad en acero inoxidable.
- Cojinete a bolas de carbono, a prueba de polvo y humedad.
- Cierres mecánicos: todas las bombas deberán de estar provistas con cierres mecánicos y separadores de sedimentos.
- Juntas torcas de EPDM.
- Acoplamientos flexibles del tipo todo acero con protector de acoplamiento. Se incluirá espaciador en el acoplamiento para facilitar el mantenimiento del grupo.
- Rotor húmedo o seco, según documentos de proyecto.
- Motor de 2 o 4 polos, 2900 o 1450 rpm, 220V/1 o 220/380V/3, 50 Hz, IP.44 clase F.
- Presión de aspiración 2 maca, para 82°C.
- Caudal, altura manométrica, potencia del motor, número de velocidades y presión sonora según lo establecido en el presupuesto o especificaciones técnicas.
- En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.
- Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

3.1.5 Vasos de expansion

El vaso de expansión ha de ser cerrado. Siempre llevará una placa donde debe ir grabado con claridad:

- Fabricante
- Marca y modelo

La recomendación es que los vasos de expansión utilizados en los circuitos primarios tengan una temperatura máxima de funcionamiento superior a 100°C, pero, en cualquier caso, se adoptarán las medidas necesarias para que no llegue al vaso fluido a temperatura superior a la que el mismo pueda soportar.

De existir fugas, los vasos de expansión deberán presurizarse con nitrógeno puro.

El cuerpo exterior del depósito será de acero, timbrado y construido de forma que sea accesible la membrana interior de expansión. El interior tendrá un tratamiento anticorrosivo y exteriormente un doble tratamiento antioxidante con acabado pintado al duco o esmaltado al horno.

El depósito estará dividido en dos cámaras herméticas entre sí, divididas por una membrana de dilatación, construida en caucho butílico o polipropileno, con elasticidades recuperables a temperaturas inferiores a 60°C, sin degradación del material. La cámara de expansión de gas estará rellena con nitrógeno u otro gas inerte disponiendo de acometida para reposición de gas y manómetro. En la acometida del agua se incluirá manómetro, termómetro, válvula de alimentación, purga de agua y seguridad. Asimismo, esta acometida dispondrá de sifón en cuya parte superior se dispondrá de botellón de recogida con aire con purgador manual y automático.

3.1.6 Válvulas

(a) Generalidades:

Las válvulas llevarán grabado el diámetro nominal, la presión nominal y, si procede, la presión de ajuste.

La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura) siguiendo como criterios:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para seguridad: válvula de resorte.
- Para retención: válvulas de disco, de capeta o de muelle (disco partido).
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.

* Las válvulas de seguridad, por su trascendencia en la instalación, deberán ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

(b) Materiales:

Los componentes fundamentales de las válvulas deberían estar constituidos por los materiales que se indican a continuación:

- *Válvulas de esfera:*

Cuerpo de fundición de hierro o acero. Esfera y eje de acero duro cromado o acero inoxidable. Asientos, estopada y juntas de teflón. Podrán ser de latón estampado para diámetros inferiores a 1 1/2 con esfera de latón duro cromado.

- *Válvulas de asiento:*

- Cuerpo de bronce (hasta 2") o de fundición de hierro o acero.
- Tapa del mismo material que el cuerpo.
- Obturador en forma de pistón o de asiento plano con cono de regulación de acero inoxidable y aro de teflón. No será solidario al husillo.
- El asiento será integral en bronce o en acero inoxidable según el cuerpo de la válvula.
- Prensa-estopas del mismo material que cuerpo y tapa.

- *Válvulas de seguridad de resorte:*
 - Cuerpo de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido.
 - Obturador y vástago de acero inoxidable.
 - Prensa-estopas de latón.
 - Resorte en acero especial para muelle.
- *Válvulas a esfera*
 - Cuerpo de fundición de hierro o acero.
 - Esfera eje de acero duro cromado o acero inoxidable.
 - Asientos, estopado y juntas de teflón.
- *Válvulas de retención de carpeta:*
 - Cuerpo y tapa de bronce o latón.
 - Asiento y capeta de bronce.
 - Conexiones rosca hembra.
- *Válvulas de retención de muelle:*
 - Cuerpo y tapa de bronce o latón.
 - Asiento y capeta de bronce.
 - Conexiones rosca hembra.
 - Resorte en acero especial para muelle.
- Purgadores *automáticos* de aire:
 - Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.
 - Mecanismo de acero inoxidable.
 - Flotador y asiento de acero inoxidable o de plástico.
 - Obturador de goma sintética.

3.1.7 Aislamientos

El material usado como aislamiento deberá cumplir con la norma UNE 100171.

El material aislante situado a la intemperie debería protegerse adecuadamente frente a los agentes atmosféricos de forma que se evite su deterioro. Como protección del material aislante se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio.

En el caso de que el aislamiento esté basado en espuma elastómera se podrá usar pinturas plásticas impermeables cuya exposición prolongada al sol no afecte a sus propiedades fundamentales.

3.1.8 Sistema hidráulico y de control

La instalación eléctrica cumplirá con el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Se construirá un cuadro eléctrico específico para la instalación solar. El sistema de control consistirá en un controlador digital programable e incorporará una adquisición de datos de la instalación en tiempo real, telegestionable a distancia a través de un módem ya incorporado.

Los datos a revisar serán: caudales, temperaturas en captadores, acumuladores, potencia y energía inyectada en cada servicio y número de horas de funcionamiento de las bombas.

Deben realizarse una serie de funciones para el debido control y regulación:

- Activar la bomba de circulación en función del salto de temperatura entre la salida de la batería de captadores y la parte baja del acumulador.
- La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que detecten exactamente las temperaturas que se desean, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los colectores y las zonas de estancamiento (en el caso la piscina).
- La precisión de los sistemas de control y la regulación de los puntos de consigna asegurará que en ningún caso las bombas estén en marcha con diferencias de temperaturas menores de 2°C ni paradas con diferencias superiores a 7°C.
- La diferencia de temperatura entre el punto de arranque y parada del termostato diferencial no será inferior a 2°C.
- El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de alimentación del sistema de funcionamiento de las bombas.

3.1.9 Aparatos de medida

Son necesarios sistemas de medida de temperatura, caudales y energía, que aportan información a cerca del estado de funcionamiento de la instalación. Los aparatos de medida permiten realizar la evaluación de las prestaciones energéticas de la instalación.

(a) Medidas de temperatura:

Se realizarán mediante sondas, termopares, termómetros de resistencia o termistores.

Las medidas de temperatura del fluido de trabajo se realizarán mediante termopilas, termómetros de resistencia o termopares emparejados, de forma que la señal de salida sea única en todos los casos.

Las sondas de temperatura deben ser, preferentemente, de inmersión y deben estar bañadas por el fluido cuya temperatura se pretende medir o situadas, como máximo, a una distancia de 5 cm del fluido.

(b) Medidas de caudal

Los contadores de caudal de agua estarán constituidos por un cuerpo resistente a la acción del agua conteniendo la cámara de medida, un elemento con movimiento proporcional al caudal de agua que fluye y un mecanismo de relojería para transmitir este movimiento a las esferas de lectura por medio de un acoplamiento magnético. La esfera de lectura estará herméticamente sellada y será de alta resolución.

Cuando exista un sistema de regulación exterior, este estará precintado y protegido contra intervenciones fraudulentas. Se suministrarán los siguientes datos, que deberán ser facilitados por el fabricante:

- Temperatura máxima del fluido
- Calibre del contador
- Caudal en servicio continuo
- Caudal máximo (durante unos minutos)
- Caudal mínimo (precisión mínima de 5%)
- Caudal de arranque
- Indicación mínima de la esfera
- Capacidad máxima de totalización

- Presión máxima de trabajo
- Dimensiones
- Diámetro y tipo de conexiones
- Pérdida de carga función del caudal

La medida de caudales de líquidos se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnético, medidores de flujo de desplazamiento positivo o procedimientos gravimétricos, de forma que la exactitud sea igual o superior a 3% en todos los casos.

(c) Los contadores de energía térmica estarán constituidos por los siguientes elementos:

- Contador de agua
- 2 sondas de temperatura
- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado.

La posición del contador 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. Para el cálculo de la cantidad de energía el microprocesador integrará en el tiempo la multiplicación de la diferencia de ambas temperaturas por el caudal instantáneo de agua y su peso específico.

3.4 Provisión del material

Todos los componentes instalados han de estar homologados y serán de marcas acreditadas para que ofrezcan las máximas garantías posibles y garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento.

Se dispondrá de un lugar adecuado y seguro para almacenar los materiales y elementos de la instalación hasta el momento en que estos vayan a ser puestos en obra.

Debido a la especial fragilidad de los captadores, deberán ser suministrados apilados sobre una base de madera adecuada (palet), que permita el correcto traslado en carretilla elevadora.

En el supuesto caso de que los captadores una vez embalados deban quedarse temporalmente a la intemperie, se colocarán con un ángulo mínimo de 20° y máximo de 80°.

3.5 Condiciones de montaje

Para las condiciones de montaje se tendrán en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de cada uno de los componentes (materiales, aparatos o equipos).

A efectos de las especificaciones de montaje de la instalación, éstas se complementarán con la aplicación de las reglamentaciones vigentes que tengan competencia en cada caso.

Es responsabilidad del suministrador comprobar que el edificio reúne las condiciones necesarias para soportar la instalación, indicándolo expresamente en la documentación.

Es responsabilidad del suministrador el comprobar la calidad de los materiales y agua utilizados, cuidando que se ajusten a lo especificado en estas normas, y el evitar el uso de materiales incompatibles entre sí.

El suministrador será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidas durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, hasta tanto no se proceda a su unión, por medio de

elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro del aparato.

Especial cuidado se tendrá con materiales frágiles y delicados, como luminarias, mecanismos, equipos de medida, etc., que deberán quedar debidamente protegidos.

Durante el montaje, el suministrador deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de conducciones y cables.

Asimismo, al final de la obra, deberá limpiar perfectamente todos los equipos (captadores, acumuladores, etc.), cuadros eléctricos, instrumentos de medida, etc. de cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado.

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño, como rebabas, óxidos, suciedades, etc.

La alineación de las canalizaciones en uniones y cambios de dirección se realizará con los correspondientes accesorios y/o cajas, centrando los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización.

En las partes dañadas por roces en los equipos, producidos durante el traslado o el montaje, el suministrador aplicará pintura rica en zinc u otro material equivalente.

La instalación de los equipos, válvulas y purgadores permitirá su posterior acceso a las mismas a efectos de su mantenimiento, reparación o desmontaje.

Una vez instalados los equipos, se procurará que las placas de características de estos sean visibles.

Todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por el fabricante serán recubiertos con dos manos de pintura antioxidante.

Los circuitos de distribución de agua caliente sanitaria se protegerán contra la corrosión por medio de ánodos de sacrificio.

Todos los equipos y circuitos podrán vaciarse total o parcialmente, realizándose esto desde los puntos más bajos de la instalación.

Las conexiones entre los puntos de vaciado y desagües se realizarán de forma que el paso del agua quede perfectamente visible.

Los botellines de purga estarán siempre en lugares accesibles y, siempre que sea posible, visibles.

3.6 Pruebas, puesta en marcha y recepción

La ejecución de la instalación termina con la entrega de la instalación al promotor o usuario para iniciar el periodo de uso, así como el de mantenimiento. Para realizar la recepción de la instalación deberá estar realizado, además del montaje completo, las pruebas y ajustes especificados, así como la puesta en marcha.

El instalador se responsabilizará de la ejecución de las pruebas funcionales, del buen funcionamiento de la instalación y del estado de la misma hasta su entrega a la propiedad.

La memoria de diseño contemplará la relación de las pruebas a realizar. En el documento de Control de Ejecución se recogerán las pruebas parciales, finales y funcionales realizadas, así como la fecha en la que tuvieron lugar, los resultados obtenidos y el grado de cumplimiento de las expectativas. Al objeto de la recepción de la instalación se entenderá que el funcionamiento de esta es correcto, cuando la instalación satisfaga como mínimo las pruebas parciales incluidas en el presente capítulo.

(a) Pruebas parciales:

Todas las pruebas estarán precedidas de una comprobación de los materiales al momento de su recepción a obra.

Durante la ejecución de obra, todos los tramos de tubería, uniones o elementos que vayan a quedar ocultos, deberían ser expuestos para su inspección y debería quedar expresamente aprobado su montaje antes de quedar

ocultos.

Adicionalmente, se inspeccionarán los soportes de tubería utilizados, los diámetros, trazados y pendientes de tuberías, la continuidad de los aislamientos, etc.

Todas las pruebas estarán precedidas de una comprobación de los materiales al momento de su recepción a obra.

Durante la ejecución de obra, todos los tramos de tubería, uniones o elementos que vayan a quedar ocultos, deberían ser expuestos para su inspección y debería quedar expresamente aprobado su montaje antes de quedar ocultos.

Adicionalmente, se inspeccionarán los soportes de tubería utilizados, los diámetros, trazados y pendientes de tuberías, la continuidad de los aislamientos, etc.

- Pruebas a equipos:

Los materiales y componentes deberían llegar a obra con Certificación de Origen Industrial, que acredite el cumplimiento de la normativa en vigor. Su recepción se realizará comprobando el cumplimiento de las especificaciones de proyecto y sus características aparentes.

- Pruebas de estanqueidad de redes hidráulicas:

Todas las redes de circulación de fluidos portadores deberán ser probadas hidrostáticamente, a fin de asegurar su estanqueidad, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, material de relleno o por el material aislante. Son aceptables las pruebas realizadas de acuerdo con la UNE-EN 14336:2005, acorde al tipo de fluido transportado.

- Pruebas de libre dilatación:

Una vez que las pruebas anteriores de las redes de tuberías hayan resultado satisfactorias y se haya comprobado hidrostáticamente el ajuste de los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con captadores solares se llevarán hasta la temperatura de estancamiento de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática. Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se comprobará visualmente que no hayan tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión haya funcionado correctamente.

(b) Pruebas finales

Las pruebas finales permitirán garantizar que la instalación reúne las condiciones de calidad, fiabilidad y seguridad exigidas en proyecto.

Son aceptables, las pruebas finales que se realicen siguiendo la norma UNE-EN 12599. Las pruebas de libre dilatación y las pruebas finales de la instalación solar se realizarán en un día soleado y sin demanda. En la instalación solar se llevará a cabo una prueba de seguridad en condiciones de estancamiento del circuito primario, a realizar con este lleno y la bomba de circulación parada, cuando el nivel de radiación sobre la apertura del captador sea superior al 80% del valor de irradiación que defina como máxima el proyectista, durante al menos una hora seguida.

(c) Ajustes y equilibrado

La instalación solar debería ser ajustada a los valores de proyecto dentro de los márgenes admisibles de tolerancia. Se realizarán de acuerdo con lo establecido en la Norma UNE 100.010 (partes 1, 2 y 3), "Climatización. Pruebas de ajuste y equilibrado", que habrá que particularizar para las características específicas de cada sistema o instalación.

- Sistemas de distribución de agua:

Se comprobará que el fluido anticongelante contenido en los circuitos expuestos a heladas cumple con los requisitos especificados en el proyecto.

Cada bomba, de la que se debería conocer la curva característica, debería ser ajustada al caudal de diseño, como paso previo al ajuste de los caudales en circuitos.

De cada circuito hidráulico se deberían conocer el caudal nominal y la presión, así como los caudales nominales cada uno de los ramales.

Los distintos ramales, o los dispositivos de equilibrado de los mismos, serán equilibrados al caudal de diseño. Se debería comprobar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales mediante el procedimiento previsto en el proyecto.

De cada intercambiador de calor se deberían conocer la potencia, temperatura y caudales de diseño, debiéndose ajustar los caudales de diseño que lo atraviesan.

Cuando exista más de un grupo de captadores solares en el circuito primario del subsistema de energía solar, se debería probar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales de la instalación mediante el procedimiento previsto en el proyecto.

Se comprobará el mecanismo del subsistema de energía solar en condiciones de estancamiento, así como el retorno a las condiciones de operación nominal sin intervención del usuario con los requisitos especificados en el proyecto.

- Control automático

Se ajustarán todos los parámetros del sistema de control automático a los valores de diseño especificados en el proyecto y se comprobará el funcionamiento de todos los componentes que configuran el sistema de control.

(d) Recepción

- Recepción provisional:

El objeto de la recepción es comprobar que la instalación está de acuerdo con los servicios contratados y que se ajusta, por separado cada uno de sus elementos y globalmente, a lo especificado en el proyecto.

Una vez realizadas las pruebas funcionales con resultados satisfactorios, se procederá al acto de Recepción Provisional de la instalación por parte de la propiedad, con lo que se da por finalizado el montaje de la instalación.

El acto de recepción provisional quedará formalizado por un acta donde figuren todos los intervinientes y en la que se formalice la entrega conforme de la documentación referida. La documentación disponible y entregada deberá ser, al menos, la siguiente:

- Una memoria descriptiva de la instalación, en la que se incluyen las bases de proyecto y los criterios adoptados para su desarrollo.
- Una copia reproducible de los planos definitivos, comprendiendo, como mínimo, los esquemas de principio de todas las instalaciones, los planos de sala de máquinas y los planos de plantas donde se debería indicar el recorrido de las conducciones y la situación de las unidades terminales.
- Una relación de todos los materiales y equipos empleados, indicando fabricante, marca, modelo y características de funcionamiento.
- Las hojas desopilativas de los resultados de las pruebas parciales y finales.
- Un manual de instrucciones de funcionamiento de los equipos principales de la instalación.

- Recepción definitiva:

Desde el acta de recepción provisional, la propiedad podrá y deberá notificar cualquier incidencia en el funcionamiento de la instalación. Transcurrido el plazo estipulado desde el acta de recepción, la Recepción Provisional se transformará en Recepción Definitiva. A partir de la Recepción Definitiva entrará en vigor la garantía.

3.7 Mantenimiento

Se definen tres escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma:

- Vigilancia
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

(a) Vigilancia

El plan de vigilancia se refiere a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos.

Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales para verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

En la Tabla 3-1 se muestra el alcance del mismo:

Tabla 3-1: Plan de vigilancia

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia	Descripción
Captadores	<input type="checkbox"/> Limpieza cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	<input type="checkbox"/> Cristales	3 meses	Inspección visual condensaciones en las horas centrales del día
	<input type="checkbox"/> Juntas	3 meses	Inspección visual agrietamientos y deformaciones
	<input type="checkbox"/> Absorbedor	3 meses	Inspección visual corrosión, deformación, fugas, etc
	<input type="checkbox"/> Conexiones	3 meses	Inspección visual fugas
	<input type="checkbox"/> Estructura	3 meses	Inspección visual degradación, indicios de corrosión
Circuito primario	<input type="checkbox"/> Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6 meses	Inspección visual ausencia de humedad y fugas
	<input type="checkbox"/> Purgador manual	3 meses	Vaciar el aire del botellín

(b) Mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento necesarias para que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

El mantenimiento preventivo implicará operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deberían permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con área de apertura de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones superiores a 20 m².

(c) Mantenimiento correctivo

Las actividades de mantenimiento correctivo no pueden estar sometidas a un plan, dado el carácter impredecible de estas acciones. Como su propio nombre indica, las acciones de mantenimiento correctivo se realizarán para corregir anomalías observadas durante el funcionamiento normal de la instalación.

No obstante, si es posible llevar un control de las acciones de mantenimiento correctivo realizado, mediante el uso de un parte de mantenimiento correctivo. En este parte aparecerá recogido el componente afectado, la causa aparente del problema, la acción correctiva realizada, además de la fecha y la firma del responsable de dicha acción.

A continuación, se muestra en la Tablas 3-2 a 3-6 los planes de mantenimiento de los sistemas de la instalación:

Tabla 3-2: Plan de mantenimiento del sistema de captación

Equipo	Frecuencia	Descripción
Captadores	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual diferencias sobre original
		<input type="checkbox"/> Inspección visual diferencias entre colectores
Cristales	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual condensaciones y suciedad
Juntas	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual corrosión, deformaciones
Carcasa	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual aparición de fugas
Estructura	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual degradación, indicios corrosión y apriete tornillos
Captadores	12 meses	<input type="checkbox"/> Tapado parcial campo de captadores
	12 meses	<input type="checkbox"/> Destapado parcial campo de captadores
	12 meses	<input type="checkbox"/> Vaciado parcial campo de captadores
	12 meses	<input type="checkbox"/> Llenado parcial campo de captadores

Tabla 3-3: Plan de mantenimiento del sistema de acumulación

Equipo	Frecuencia	Descripción
Depósito	12 meses	<input type="checkbox"/> Presencia de lodos en fondo
Anodo sacrificio	12 meses	<input type="checkbox"/> Comprobación del desgaste
Anodo corriente impresa	12 meses	<input type="checkbox"/> Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12 meses	<input type="checkbox"/> Comprobar que no hay humedad

Tabla 3-4: Plan de mantenimiento del sistema hidráulico

Equipo	Frecuencia	Descripción
Fluido refrigerante	12 meses	<input type="checkbox"/> Comprobar su densidad y PH
Estanquidad	24 meses	<input type="checkbox"/> Efectuar prueba de presión
Aislamiento exterior	6 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento interior	12 meses	<input type="checkbox"/> Inspección visual uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento y limpieza
Purgador manual	6 meses	<input type="checkbox"/> Vaciar el aire del botellín
Bomba	12 meses	<input type="checkbox"/> Estanquidad
Vaso expansión cerrado	6 meses	<input type="checkbox"/> Comprobación de la presión
Vaso expansión abierto	6 meses	<input type="checkbox"/> Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento actuación
Válvula de corte	12 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento actuación (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento actuación

Tabla 3-5: Plan de mantenimiento del sistema de control

Equipo	Frecuencia	Descripción
Cuadro eléctrico	12 meses	<input type="checkbox"/> Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento actuación
Termostato	12 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento actuación
Sistema de medida	12 meses	<input type="checkbox"/> Verificación y control funcionamiento actuación

Tabla 3-6: Plan de mantenimiento del sistema auxiliar

Equipo	Frecuencia	Descripción
Sistema auxiliar	12 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento actuación
Sondas de temperatura	12 meses	<input type="checkbox"/> Control funcionamiento actuación

4 MEDICIONES Y PRESUPUESTO

4.1 Sistema de captación

Nº Orden	Concepto	Cantida d	Unidad Medida	Precio/ud. (€)	Subtotal (€)
1.1	<p>Captador solar: Promasol - <i>PROMASUN 2.6</i> o similar.</p> <p>Absorbedor con recubrimiento selectivo y lámina continua de aluminio soldada con láser.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones: 2030 x 128 x 80 mm - Área total/ apertura: 2,6 / 2,37 m² - Caudal recomendado: 45 a 70 L/m²h - Curva de rendimiento: $\eta_0=0,72$; $k_1=3,45$; $k_2=0,024$ - Capacidad: 1,64 L - Peso en vacío: 45 kg - P_{máx}: 10 bar - Caja: Aluminio anodizado - Vidrio: solar templado, bajo contenido ferroso - Aislamiento: Lana de vidrio 	24	UN	617,00	14.808,00
1.2	Estructura Soporte para batería de 2 colectores VERTICALES (REF Promasol 4150.45)	12	UN	202,00	2.424,00
1.3	Accesorios por batería de captadores; Promasun - Kit en Cruz completo que incluye vaina y purgador.	12	UN	106,00	1.272,00
1.4	Anticongelante 5 L. <i>Promasol FLUID 40 P.</i>	4	UN	32,00	128,00
TOTAL Sistema de captación					18.632,00

4.2 Sistema de interacumulación

Nº Orden	Concepto	Cantid ad	Unidad Medida	Precio/ud. (€)	Subtotal (€)
2.1	<p>Interacumulador: Lapesa - <i>MVV3500 SSB</i> o similar.</p> <p>Depósito de acero vitrificado con serpentines:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad: 3500 L - Dimensiones: h: 2580 mm ; \varnothing_e : 1660 mm - PN: 10 bar - Peso en vacío 740kg - Superficie intercambio: 6.7 m² 	1	UN	10.989,00	10.989,00
TOTAL Sistema de interacumulación					10.989,00

4.3 Sistema de regulación y control

Nº Orden	Concepto	Cantidad	Unidad Medida	Precio/ud. (€)	Subtotal (€)
3.1	Centralita de regulación solar: Buderus - <i>Logamastic SC40</i> o similar.	1	UN	340,00	340,00
3.2	Sensor con sonda de Temperatura y pantalla. IFM - <i>TN2105</i> o similar.	2	UN	275,70	551,40
3.3	Manómetro con tubo Bourdon, aleación de cobre. (WIKA)	2	UN	56,71	113,42
TOTAL Sistema de regulación y control					1.004,82

4.4 Sistema hidráulico

Tabla Presupuesto (Parte 1)

Nº Orden	Concepto	Cantidad	Unidad Medida	Precio/ud. (€)	Subtotal (€)
4.1	<p>Vaso de expansión: Industrias IBAIONDO, S.A. – Modelo: <i>18 SMF</i> o similar</p> <p>Vaso para sistemas cerrados de energía solar, de membrana no recambiable.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad: 18 L - Dimensiones: h: 415 mm ; Øe : 270 mm - Presión máxima: 10 bar - Peso en vacío: 4 kg - Precarga de aire: 2,5 bar - Tmáx/Tmín: 100°C/-10°C 	1	UN	33,73	33,73
4.2	Kit soporte + válvula aislamiento para vasos de expansión (Modelo 690019050012)	1	UN	49,33	49,33
4.3	<p>Bomba de circulación: Wilo – Modelo: <i>Star-Z 20/7-3</i> o similar.</p> <p>Bomba circuladora de rotor húmedo con conexión roscada.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Incluye juntas - Presión máxima: 10 bar - Caudal Primario: 1,849 m³/h - Pérdida de carga: 36,837 kPa 	2	UN	761,00	1.522,00
4.4	Válvula de corte (SEI)	16	UN	28,95	463,20
4.5	Válvula de retención (SEI)	2	UN	13,61	27,22

Tabla Presupuesto (Parte 2)

Nº Orden	Concepto	Cantidad	Unidad Medida	Precio/ud. (€)	Subtotal (€)
4.6	Purgador de aire automático: ACV - 55445007	2	UN	50,18	100,36
4.7	Tubería de cobre 1/2" (SEI) Totalmente montada e instalada.	15,7	M	4,75	74,58
4.8	Tubería de cobre 3/4" (SEI) Totalmente montada e instalada.	24,4	M	8,55	208,62
4.9	Tubería de cobre 1" (SEI) Totalmente montada e instalada.	34,65	M	10,58	366,60
4.10	Tubería de cobre 1-1/4" (SEI) Totalmente montada e instalada.	91,2	M	13,37	1.219,34
4.11	Codo 90° de cobre 1/2" (90 CU H-H) (COASOL)	1	UN	2,37	2,37
4.12	Codo 90° de cobre 1" (90 CU H-H) (COASOL)	4	UN	6,11	24,44
4.13	Codo 90° de cobre 1-1/4" (90 CU H-H) (COASOL)	6	UN	12,42	74,52
4.14	TE Recta 1/2" (130 CU H-H-H) (COASOL)	13	UN	4,97	64,61
4.15	TE Recta 3/4" (130 CU H-H-H) (COASOL)	8	UN	10,89	87,12
4.16	TE Recta 1" (130 CU H-H-H) (COASOL)	8	UN	31,68	253,44
4.17	TE Recta 1-1/4" (130 CU H-H-H) (COASOL)	5	UN	18,49	92,45
4.18	Aislamiento tubería: AISTU XG (ARMAFLEX) Totalmente montado e instalado.	15,7	M	0,94	14,76
4.19	Aislamiento tubería: AISTU XG (ARMAFLEX) Totalmente montado e instalado.	24,4	M	1,10	26,84
4.20	Aislamiento tubería: AISTU XG (ARMAFLEX) Totalmente montado e instalado.	34,65	M	1,42	49,20
4.21	Aislamiento tubería: AISTU XG (ARMAFLEX) Totalmente montado e instalado.	91,2	M	1,93	176,02
	TOTAL Sistema hidráulico*				4.930,74

* Total de Tabla Presupuesto (Parte 1) y (Parte 2)

4.5 Presupuesto total

PRESUPUESTO TOTAL (por sistemas)	
Total Sistema de captación	18.488,00
Total Sistema de interacumulación	10.989,00
Total Sistema de regulación y control	1.004,82
Total Sistema hidráulico	4.930,74
TOTAL INSTALACIÓN (sin IVA)	35.556,56
IVA (21%)	7.466,88
TOTAL INSTALACIÓN	43.023,44

La inversión de dinero es muy dispar con respecto los distintos sistemas, resultando una distribución en porcentaje tal y como se muestra en el el siguiente diagrama:

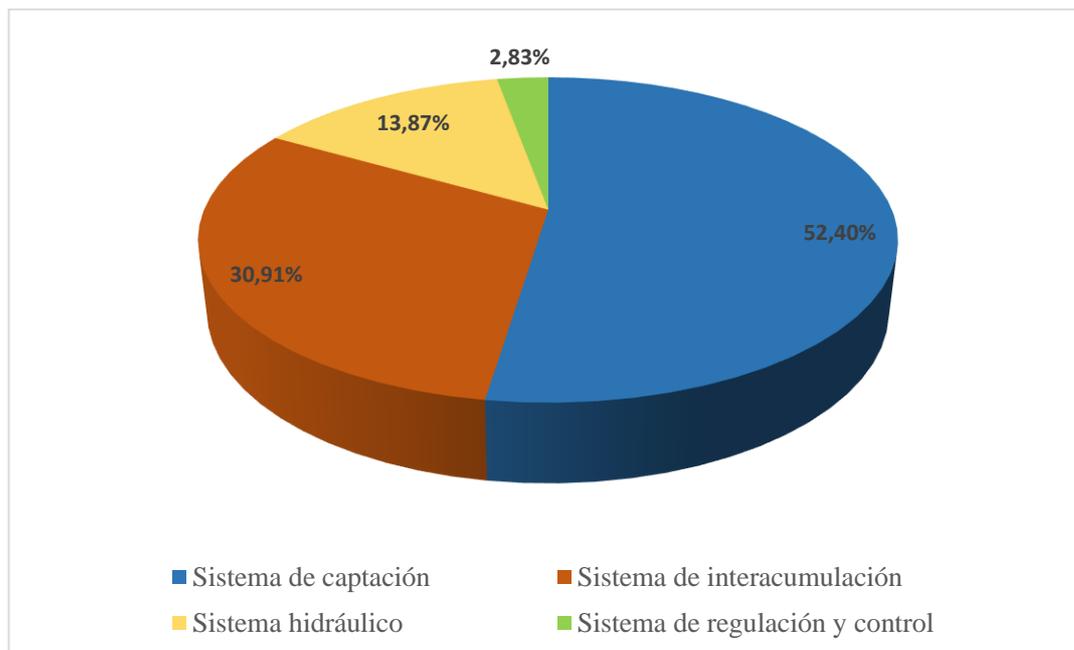


Figura 4-1: Distribución porcentual del presupuesto total por sistemas

A partir del análisis de mediciones realizado se pueden llevar a cabo una serie de reflexiones al respecto:

- El sistema más caro en diseño no es el sistema de captación.

El circuito de consumo, en el que se incluye el sistema de apoyo, (cuyo presupuesto y dimensionado no forma parte del objeto del proyecto) resultará realmente el más caro. Sin embargo, en el diseño que ocupa, no se considera la compra e instalación de los equipos de la instalación convencional, que se mantienen de la instalación primitiva pasando a formar parte del sistema de apoyo, así como tampoco se presupuestan todos los elementos de los puntos de consumo, ni de la red de tuberías, la cual tendrá una longitud muy extensa y completa por todo el edificio.

- El coste por metro cuadrado de captación es de un orden de magnitud adecuado.

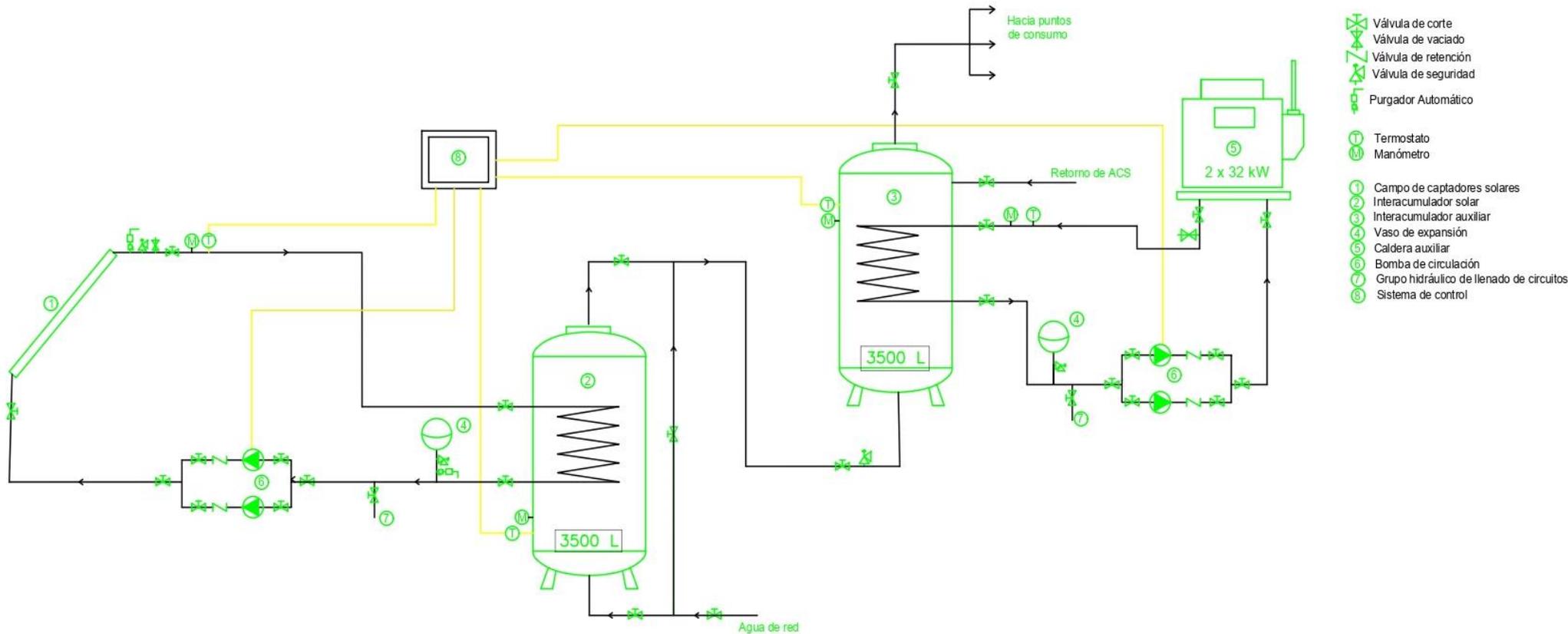
El coste por metro cuadrado de captación se trata de un ratio habitual en este tipo de instalaciones para valorar el presupuesto de la instalación conforme a el parámetro más característico, la superficie total de captación.

$$CMC = \frac{\textit{Presupuesto total}}{\textit{Área de captación}} = \frac{43.023,44}{56,88} = 756,39 \frac{\textit{€}}{\textit{m}^2}$$

5 PLANOS

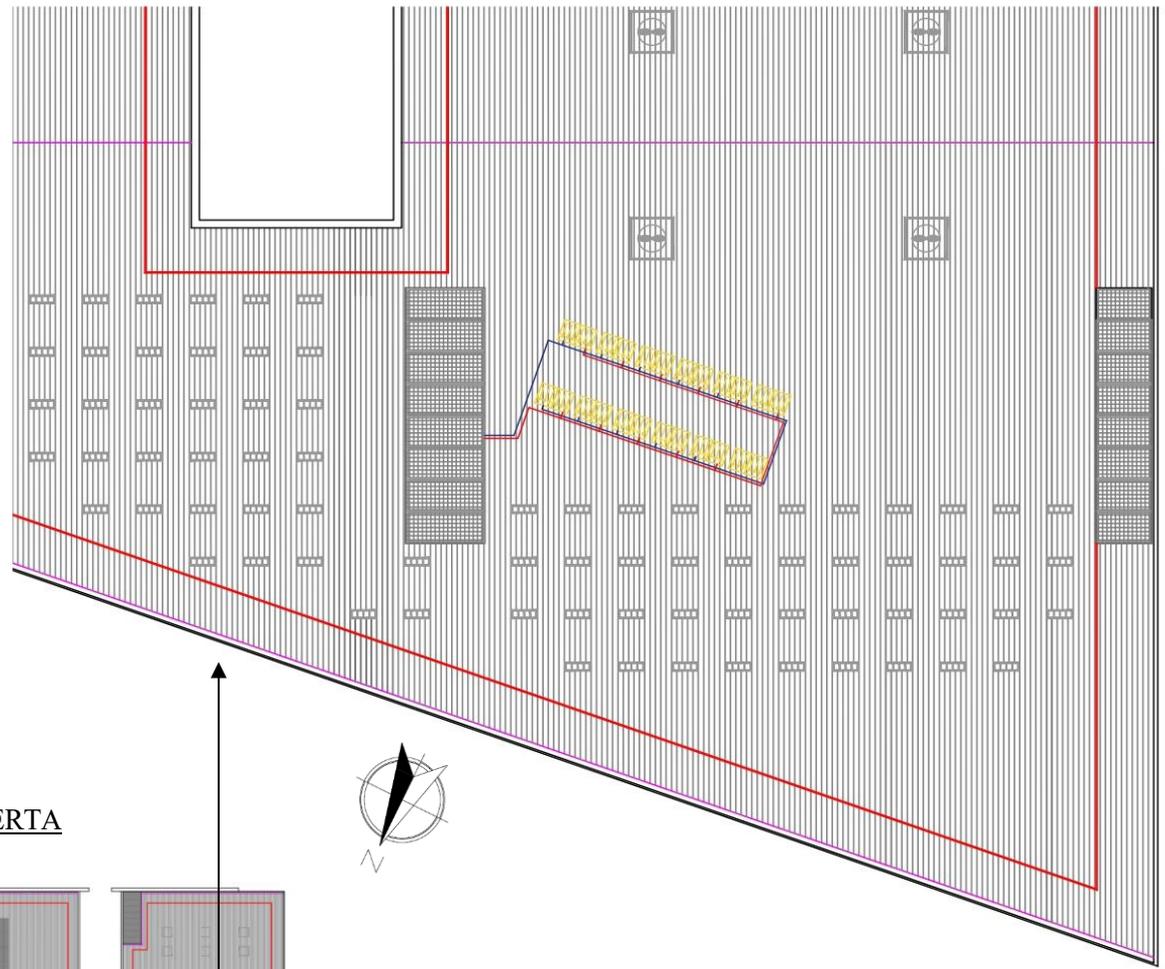


TÍTULO PROYECTO	Instalación de energía termosolar para producción de agua caliente sanitaria en Fibes II	PLANO N°	01
AUTOR	José María González Navarro	FIRMA	
SITUACIÓN			
ESCALA	1:200	PLANO	SITUACIÓN DEL EDIFICIO
FECHA	MARZO 2019		

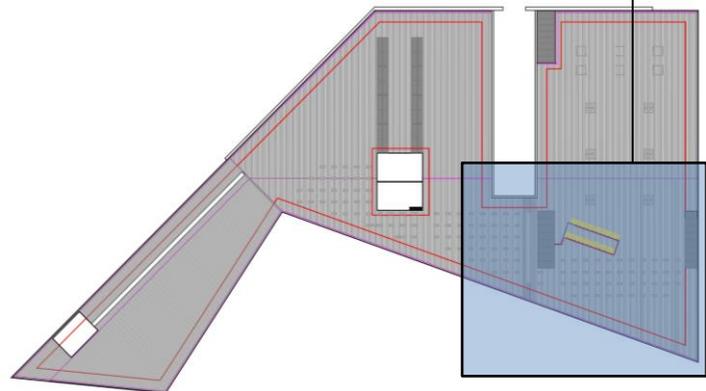


- Válvula de corte
- Válvula de vaciado
- Válvula de retención
- Válvula de seguridad
- Purgador Automático
- Termostato
- Manómetro
- Campo de captadores solares
- Interacumulador solar
- Interacumulador auxiliar
- Vaso de expansión
- Caldera auxiliar
- Bomba de circulación
- Grupo hidráulico de llenado de circuitos
- Sistema de control

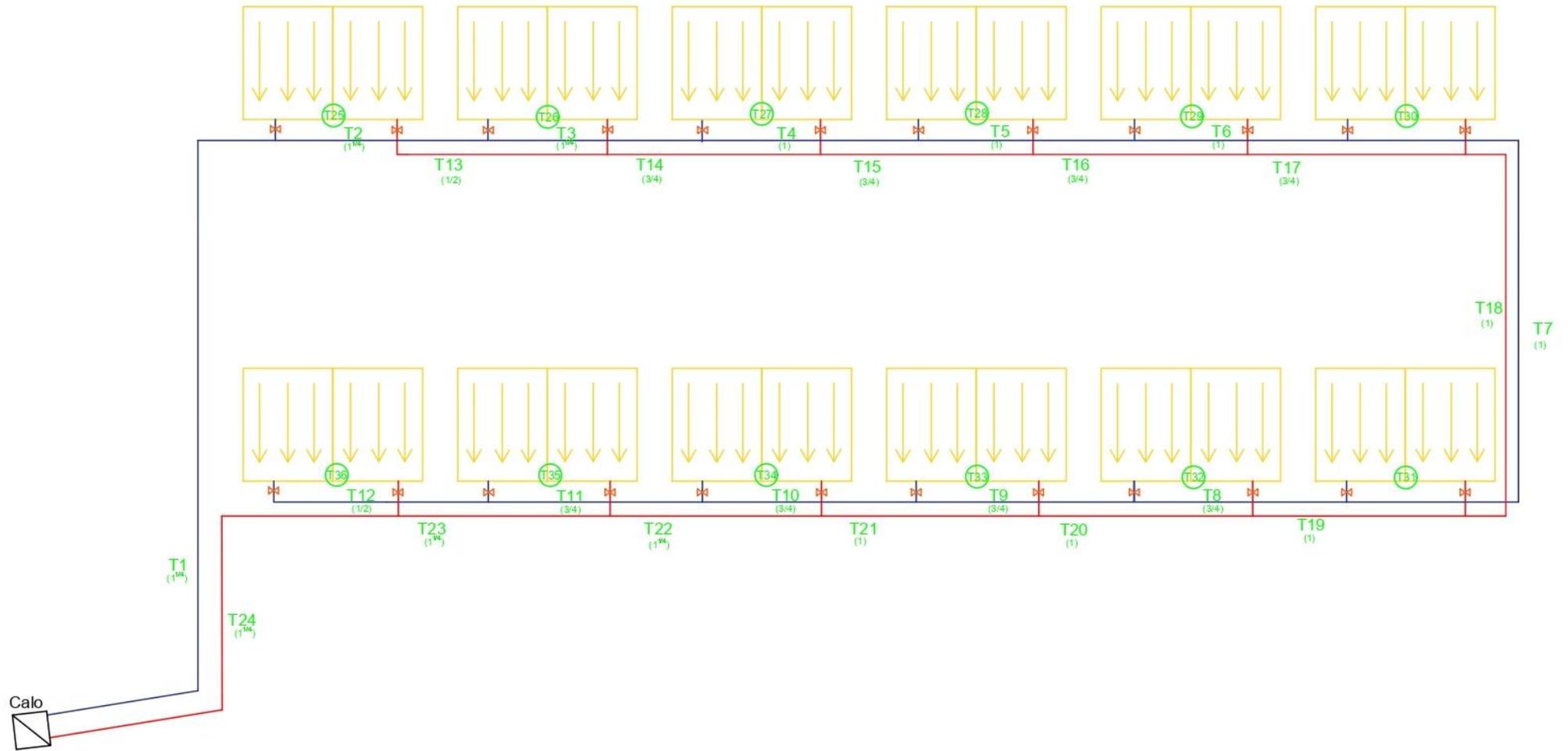
TÍTULO PROYECTO	Instalación de energía termosolar para producción de agua caliente sanitaria en Fibes II	PLANO N°	02
AUTOR	José María González Navarro	FIRMA	
SITUACIÓN			
ESCALA	PLANO	ESQUEMA DE PRINCIPIO	
FECHA	MARZO 2019		



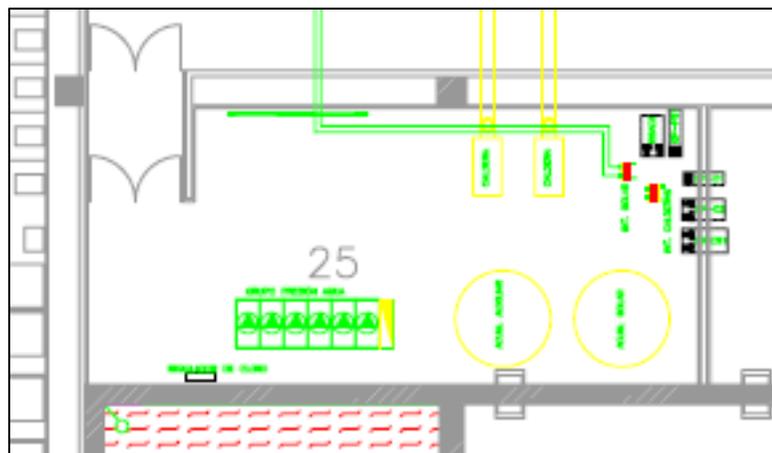
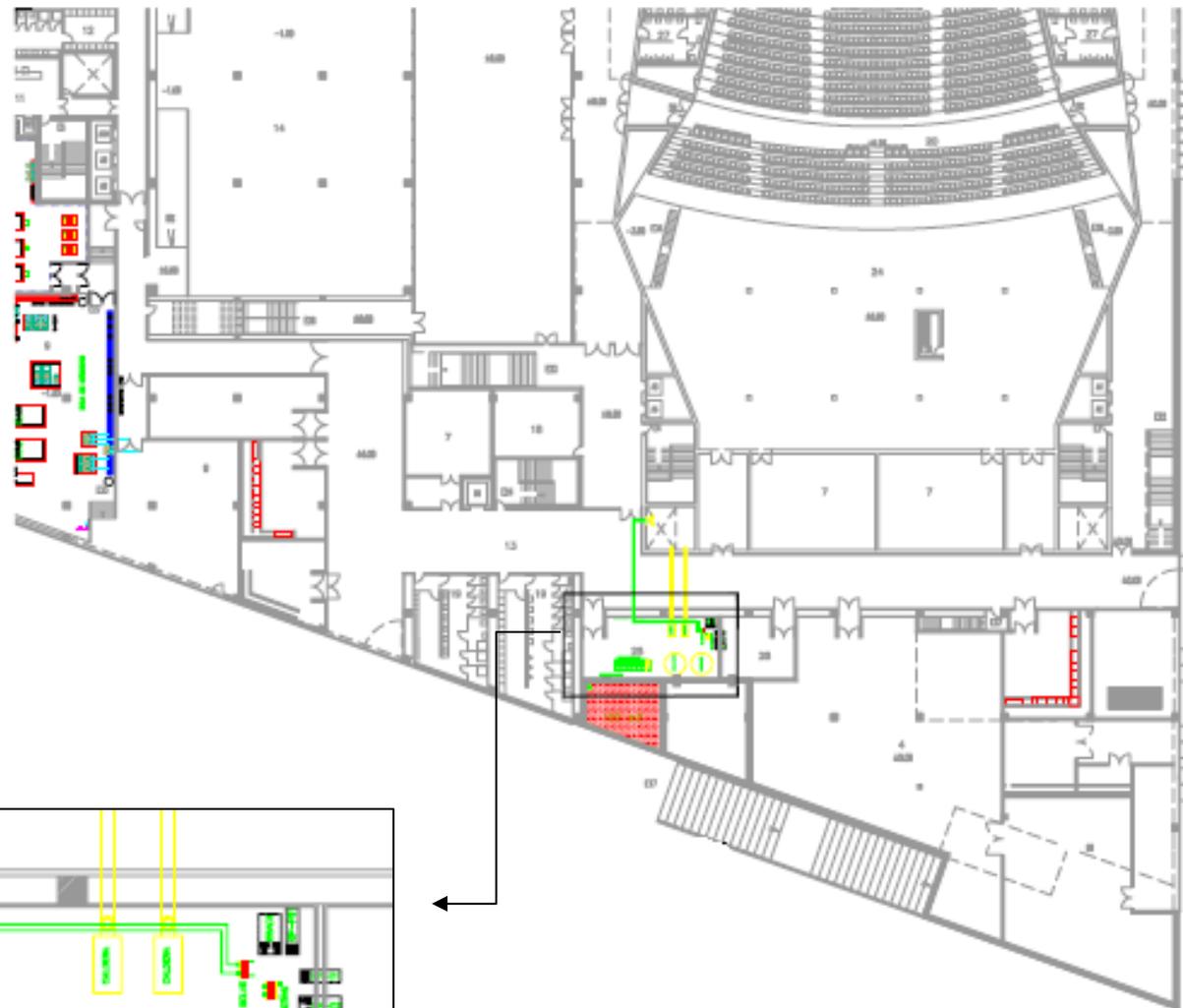
PLANTA CUBIERTA



TÍTULO PROYECTO	Instalación de energía termosolar para producción de agua caliente sanitaria en Fibes II	PLANO N°	03
AUTOR	José María González Navarro	FIRMA	
SITUACIÓN			
ESCALA	PLANO		
FECHA	CUBIERTA: SITUACIÓN DE CAPTADORES		
MARZO 2019			



TÍTULO PROYECTO	Instalación de energía termosolar para producción de agua caliente sanitaria en Fibes II	PLANO N°	04
AUTOR	José María González Navarro	FIRMA	
SITUACIÓN			
ESCALA	PLANO		
FECHA	DETALLE CAMPO DE CAPTACIÓN		
MARZO 2019			



TÍTULO PROYECTO	Instalación de energía termosolar para producción de agua caliente sanitaria en Fibes II	PLANO N°	05
AUTOR	José María González Navarro	FIRMA	
SITUACIÓN			
ESCALA	PLANO	SALA DE MÁQUINAS	
FECHA	MARZO 2019		