

Trabajo Fin de Grado

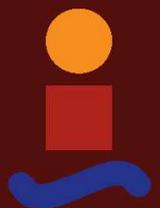
Grado en Ingeniería de las Tecnologías
Industriales

Diseño de una instalación de energía solar térmica a
baja temperatura en un albergue juvenil.

Autor: Jesús Fernández Domínguez

Tutor: José Julio Guerra Macho

Dpto. Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2019



Trabajo Fin de Carrera
Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Diseño de una instalación de energía solar térmica a baja temperatura en un albergue juvenil.

Autor:

Jesús Fernández Domínguez

Tutor:

José Julio Guerra Macho

Catedrático de Universidad

Dpto. Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2019

Trabajo Fin de Grado: Diseño de una instalación de energía solar térmica a baja temperatura en un albergue juvenil.

Autor: Jesús Fernández Domínguez

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 Alberto Martín

A Paula Zbikowski

Resumen

El siguiente trabajo de fin de grado trata el estudio y el diseño de una instalación de energía solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria en un albergue juvenil, situado en el sevillano barrio de San Jerónimo, al norte de la ciudad. El documento está dividido en cinco partes: Memoria Descriptiva, Memoria de Cálculo, Pliego de Condiciones Técnicas, Mediciones y Presupuesto, y, por último, Planos.

Para calcular la contribución solar mínima necesaria, se ha hecho uso de la herramienta CHEQ4, desarrollada por el IDAE y la ASIT. Se han elaborado diversas curvas comparando distintos factores para obtener la configuración más beneficiosa para la instalación.

Todos y cada uno de los componentes que forman parte de la instalación han sido dimensionados respetando la normativa vigente.

Índice

Resumen	9
Índice	11
ÍNDICE DE TABLAS	13
ÍNDICE DE FIGURAS	15
1 Memoria Descriptiva	17
1.1 <i>Objeto del Proyecto</i>	17
1.2 <i>Energía Solar</i>	17
1.2.1 <i>Tipos de Energía Solar</i>	17
1.3 <i>Energía Solar en España</i>	18
1.4 <i>Método de cálculo</i>	19
1.5 <i>Descripción del edificio.</i>	24
1.6 <i>Principio de funcionamiento de la instalación.</i>	25
1.7 <i>Elementos principales de la instalación.</i>	27
1.8 <i>Características técnicas de los equipos.</i>	30
1.9 <i>Normativa.</i>	34
1.10 <i>Bibliografía.</i>	37
2 Memoria De Cálculo	39
2.1 <i>Introducción.</i>	39
2.2 <i>Datos de partida.</i>	39
2.2.1 <i>Datos geográficos.</i>	39
2.2.2 <i>Datos climatológicos.</i>	39
2.3 <i>Cálculo de la demanda.</i>	40
2.3.1 <i>Cálculo de la demanda de ACS.</i>	40
2.3.2 <i>Cálculo de la demanda energética.</i>	40
2.4 <i>Cálculo de la superficie de captación.</i>	42
2.5 <i>Cálculo del volumen de acumulación.</i>	45
2.6 <i>Cálculo de la red de tuberías.</i>	46
2.6.1 <i>Líquido anticongelante.</i>	46
2.6.2 <i>Cálculo de caudal del circuito primario.</i>	47
2.6.3 <i>Pérdidas de carga en los captadores.</i>	47
2.6.4 <i>Pérdidas de carga en el interacumulador.</i>	47
2.6.5 <i>Pérdidas de carga en la red de tuberías.</i>	48
2.7 <i>Dimensionado de la bomba del circuito primario.</i>	50
2.8 <i>Dimensionado del vaso de expansión del circuito primario.</i>	51
2.9 <i>Cálculo del sistema de energía auxiliar.</i>	54
2.9.1 <i>Interacumulador auxiliar.</i>	54
2.9.2 <i>Caldera auxiliar.</i>	56
2.9.3 <i>Bomba de circulación auxiliar.</i>	58
2.9.4 <i>Vaso de expansión auxiliar.</i>	58
2.10 <i>Cálculo de espesores de aislamiento.</i>	59

2.11	<i>Centralita de regulación.</i>	60
2.12	<i>Accesorios.</i>	61
3	Pliego De condiciones Técnicas	63
3.1	<i>Objeto.</i>	63
3.2	<i>Normativa aplicable.</i>	63
3.3	<i>Normativa de consulta.</i>	64
3.4	<i>Condiciones de materiales y equipos.</i>	64
3.4.1	Captadores solares.	64
3.4.2	Acumuladores.	66
3.4.3	Intercambiadores de calor.	68
3.4.4	Bombas de circulación.	69
3.4.5	Tuberías.	69
3.4.6	Válvulas.	70
3.4.7	Vasos de expansión.	71
3.4.8	Aislamiento.	72
3.4.9	Purga de aire.	72
3.4.10	Sistema de llenado.	73
3.4.11	Sistema eléctrico y de control.	73
3.4.12	Equipos de medida.	74
3.5	<i>Provisión del material.</i>	75
3.6	<i>Condiciones de montaje.</i>	76
3.7	<i>Pruebas, puesta en marcha y recepción.</i>	80
3.8	<i>Mantenimiento.</i>	83
3.9	<i>Garantía.</i>	86
4	Mediciones Y Presupuesto	89
4.1	<i>Sistema de captación.</i>	89
4.2	<i>Sistema de acumulación e intercambio.</i>	89
4.3	<i>Sistema hidráulico.</i>	90
4.4	<i>Sistema auxiliar.</i>	91
4.5	<i>Sistema de control.</i>	92
4.6	<i>Presupuesto total.</i>	92
5	Planos	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contribución solar mínima según demanda de ACS y zona climática.	35
Tabla 2. Límite de pérdidas (%) de orientación, inclinación y sombras.	36
Tabla 3. Datos de irradiación, temperatura de red y temperatura ambiente en San Jerónimo.	39
Tabla 4. Demanda de referencia a 60°C.	40
Tabla 5. Temperatura media mensual agua fría de red en provincias andaluzas según norma UNE 94002.	41
Tabla 6. Demanda energética mensual del edificio.	41
Tabla 7. Solución adoptada para la superficie de captación.	44
Tabla 8. Diámetro óptimo de cada tramo de la instalación.	48
Tabla 9. Longitud equivalente de cada accesorio en función del diámetro de la tubería.	49
Tabla 10. Accesorios de la red de tuberías de la instalación.	49
Tabla 11. Pérdidas de carga y datos de cada tramo de tuberías.	50
Tabla 12. Pérdida de carga de los circuitos.	50
Tabla 13. Volumen total de tuberías.	52
Tabla 14. Caudal instantáneo mínimo de ACS en función de los distintos tipos de aparatos.	55
Tabla 15. Caudal total de ACS en la instalación.	55
Tabla 16. Cálculo del caudal simultáneo según la norma UNE 149201.	56
Tabla 17. Pérdidas de carga y datos del tramo de tubería del sistema auxiliar.	58
Tabla 18. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios.	59
Tabla 19. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios.	60
Tabla 20. Plan de vigilancia.	83
Tabla 21. Mantenimiento preventivo en sistema de captación.	84
Tabla 22. Mantenimiento preventivo en sistema de acumulación.	85
Tabla 23. Mantenimiento preventivo en sistema de intercambio.	85
Tabla 24. Mantenimiento preventivo en circuito hidráulico.	85
Tabla 25. Mantenimiento preventivo en sistema eléctrico y de control.	86
Tabla 26. Mantenimiento preventivo en sistema de energía auxiliar.	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Superficie de energía solar térmica de baja temperatura instalada en España.	19
Figura 2. Localización en CHEQ4.	20
Figura 3. Configuración en CHEQ4.	21
Figura 4. Demanda en CHEQ4.	22
Figura 5. Solar/Apoyo en CHEQ4	22
Figura 6. Otros parámetros en CHEQ4.	23
Figura 7. Resultados en CHEQ4.	24
Figura 8. Situación del edificio.	25
Figura 9. Principio de funcionamiento de la instalación..	26
Figura 10. Elementos de un captador solar plano.	27
Figura 11. Sistema de control de la instalación.	29
Figura 12. Captador solar Termicol T25US.	30
Figura 13. Interacumulador MASTER INOX MXV SSB.	31
Figura 14. Modelo SCALA2 3-45 A.	32
Figura 15. Bomba Wilo, modelo VeroLine IPL 25/85-0.18/2.	32
Figura 16. Vaso de expansión IBAIONDO, modelo 12-SMF.	33
Figura 17. Vaso de expansión IBAIONDO, modelo 2-SMF.	34
Figura 18. Centralita de control LTDC-V3 con 4 sondas.	34
Figura 19. Zonas climáticas de España según el CTE-HE4.	35
Figura 20. Gráfica de la demanda energética mensual (MJ) del edificio.	42
Figura 21. Fracción solar frente a número de captadores.	42
Figura 22. Fracción solar frente a volumen de acumulación específico (30 captadores).	43
Figura 23. Fracción solar frente a volumen de acumulación específico (26 captadores).	43
Figura 24. Fracción solar frente a número de captadores en serie.	44
Figura 25. Pérdida de carga en el interacumulador.	48
Figura 26. Curva características de la bomba SCALA2 3-45 A.	51
Figura 27. Vaso de expansión IBAIONDO, modelo 12-SMF.	54
Figura 28. Caldera Vitocrossal 100 CI 280.	57
Figura 29. Bomba Wilo, modelo VeroLine IPL 25/85-0.18/2.	58
Figura 30. Vaso de expansión IBAIONDO, modelo 2-SMF.	59
Figura 31. Centralita de control LTDC-V3 con 4 sondas.	60

1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 Objeto del Proyecto

El objetivo de este proyecto es el diseño de una instalación de energía solar térmica de baja temperatura para el calentamiento de agua caliente sanitaria en un albergue juvenil, situado en San Jerónimo (Sevilla).

Para ello, se calculará la demanda de ACS necesaria, se estimará el consumo de energía del edificio a lo largo del año, y, junto con otros parámetros necesarios, se determinará la demanda cubierta que la instalación diseñada puede garantizar cumpliendo el Código Técnico.

1.2 Energía Solar

La energía solar es un tipo de energía renovable que aprovecha la energía que proviene del Sol. La energía que desprende nuestra estrella es tan abundante que se considera inagotable.

Además de ser una energía renovable, es una energía limpia que supone una alternativa a otros tipos de energías no renovables, como la energía fósil o la energía nuclear.

La energía solar consiste en transformar la radiación solar, mediante los correspondientes dispositivos, en energía térmica o energía eléctrica, para su consumo posterior. Estos dispositivos son los paneles solares, que pueden ser de distintos tipos dependiendo del mecanismo elegido para el aprovechamiento de la energía solar:

- Captadores solares térmicos (energía solar térmica).
- Módulos fotovoltaicos (energía fotovoltaica).

1.2.1 Tipos de Energía Solar

Existen tres formas para el aprovechamiento de la energía solar: la energía solar pasiva, la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica.

La energía solar pasiva es el método más antiguo de aprovechamiento de la radiación solar. Este sistema consiste en aprovechar la radiación solar sin la utilización de ningún dispositivo intermedio, mediante la adecuada ubicación, diseño y orientación de los edificios, empleando correctamente las propiedades de los materiales y los elementos arquitectónicos de los mismos.

La energía fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Esta transformación se consigue gracias al aprovechamiento de las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. El material principal con el que se suele fabricar los paneles fotovoltaicos es el Silicio. Cuando los fotones de la luz solar inciden sobre el panel, se genera una corriente eléctrica que se puede aprovechar como fuente de energía.

La energía solar térmica consiste en el aprovechamiento de la energía procedente del Sol para transferirla a un fluido calo-portador, generalmente agua o aire. Dentro de la energía solar térmica,

existen tres rangos distintos: energía solar térmica de alta, media y baja temperatura, con distintas aplicaciones respectivamente.

La energía solar térmica de alta temperatura trata de transformar la radiación solar en energía calorífica, para después transformar el calor en energía eléctrica. Este proceso se lleva a cabo en grandes centrales termosolares, que trabajan con temperaturas superiores a los 500°C, concentrando el calor en un punto para generar vapor, con el cual se acciona una turbina para generar la energía eléctrica.

La energía solar térmica de media temperatura se utiliza en aplicaciones que requieren temperaturas entre 100°C y 250°C, sobre todo en la industria.

Las instalaciones de energía solar de baja temperatura trabajan con temperaturas inferiores a 65°C. Su principal aplicación en la generación de agua caliente sanitaria, que es lo que vamos a tratar en este proyecto.

Este tipo de instalaciones están formadas por captadores solares planos, dos circuitos de agua (primario y secundario), intercambiador de calor, acumulador, vaso de expansión y tuberías. La circulación del agua por dentro de las tuberías se puede obtener mediante termosifón, aprovechando la diferencia de densidad del agua a temperaturas distintas o mediante una bomba de circulación, aunque esta implica un aporte externo de energía eléctrica.

En nuestro caso, el intercambiador de calor vendrá incorporado dentro del acumulador (interacumulador) y la circulación a través de los circuitos se obtendrá mediante una bomba de circulación.

1.3 Energía Solar en España

La energía solar en España se encuentra en una fase avanzada de desarrollo, instalación y aprovechamiento. Nuestro país es uno de los países de Europa con más horas de sol al año, lo que le hizo, junto al esfuerzo por disminuir la dependencia energética exterior y por aumentar la autonomía energética, ser en 2008 uno de los países con más potencia fotovoltaica instalada en el mundo.

Sin embargo, a partir de este año, las diferentes regulaciones legislativas impuestas por el gobierno frenaron la implantación de este tipo de energía. Aún así, la potencia de energía solar fotovoltaica instalada en España a finales de 2014 alcanzaba los 4672 MW. Durante estos años recientes, la energía solar ha protagonizado varios récords, como en junio de 2013, cuando produjo más electricidad que el gas.

Por su parte, la energía termosolar de concentración creció de manera considerable entre 2008 y 2013, alcanzando los 2300 MW de potencia instalada a principios de 2014. Desde entonces no se han vuelto a construir centrales de este tipo en nuestro país. En junio de 2016, la energía termosolar batió récords de producción de electricidad, generando en junio de ese año el 4,4% de la electricidad en España.

La energía solar térmica de baja temperatura ha experimentado un gran crecimiento desde el 2000 hasta el 2015, siendo casi cuatro millones de metros cuadrados la superficie instalada en todo el país, según los datos de la ASIT. Andalucía, Cataluña, Madrid, Valencia y Canarias son las comunidades autónomas con más superficie instalada, destacando por encima de todas la primera de ellas, que en el año 2014 contaba con casi un millón de metros cuadrados de superficie instalada.

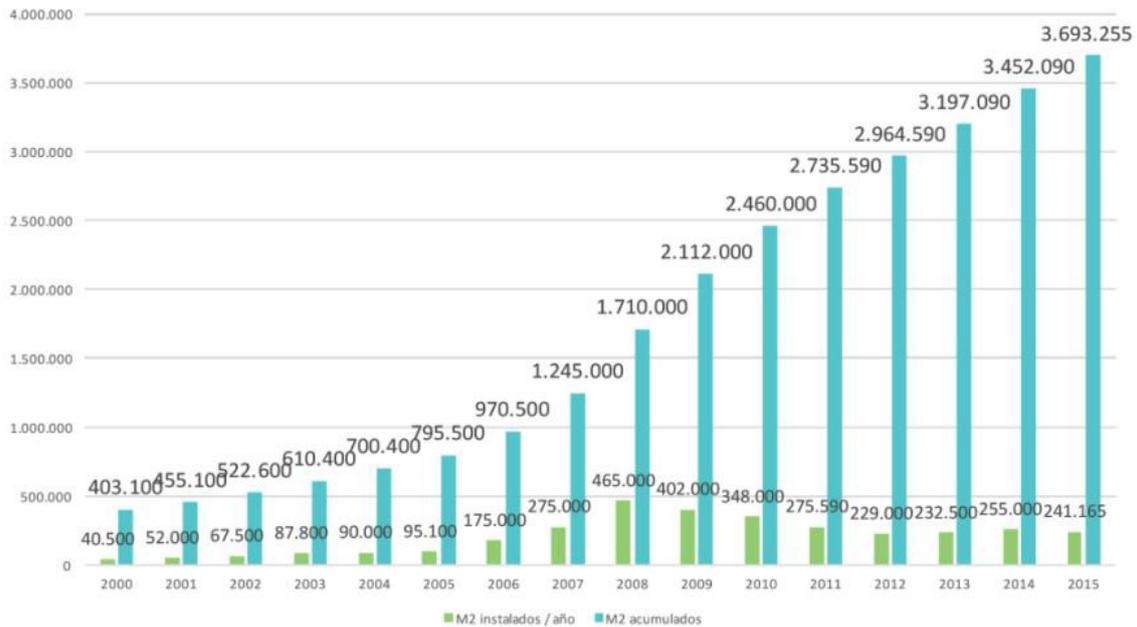


Figura 1. Superficie de energía solar térmica de baja temperatura instalada en España.

1.4 Método de cálculo

El objetivo es calcular la superficie de captación, el volumen de acumulación y el porcentaje de demanda cubierta de la instalación. El tiene distintos comportamientos en función del tiempo, existiendo más de una solución.

Los métodos de diseño pueden estar basados en simulaciones horarias, como el programa TRNSYS, o en correlaciones entre números adimensionales que permiten trabajar en una base de tiempo mensual. Dentro de estos últimos, se encuentran el método f-Chart y el método CHEQ4, entre otros disponibles en la literatura especializada.

El método f-Chart está basado en datos diarios medios mensuales, y es aplicable a sistemas de calefacción y producción de ACS, con la demanda de ACS inferior al 20% de la demanda de calefacción. El sistema de energía solar considerado es sin intercambiador de calor en el circuito de captación y con un volumen de acumulación de 75 l/m^2 . Por otra parte, estima despreciables las pérdidas térmicas en la instalación.

Sin embargo, en este proyecto se ha hecho uso de la herramienta informática CHEQ4 para calcular los distintos parámetros de la instalación. CHEQ4 es una herramienta que permite validar el cumplimiento de la contribución solar mínima de ACS en instalaciones térmicas, determinado conforme a la sección HE4 del Código Técnico de la Edificación. Está desarrollada por AIGUASOL, utilizando como motor la nueva metodología de cálculo MetaSol, basada en curvas obtenidas a partir de los resultados de más de 69000 simulaciones dinámicas realizadas con TRNSYS.

A continuación se explicará las diferentes ventanas que tiene el programa y los diferentes datos que hay que ir introduciendo para obtener los cálculos necesarios:

- **Localización:**

Las condiciones ambientales y climatológicas son algunos de los factores más importantes a tener en cuenta durante el diseño de una instalación solar térmica. Estos condicionarán la demanda, la ganancia y las pérdidas energéticas de nuestra instalación.

En el CHEQ4, todos los parámetros ambientales y climatológicos del sistema están definidos en la pestaña "**Localización**". El usuario tan sólo tiene que seleccionar una localización para la instalación (provincia y municipio) y su altura absoluta respecto al nivel del mar. Automáticamente, el programa mostrará la zona climática a la que pertenece dicho municipio (según HE4), su latitud y su altura de referencia.

Por otra parte, el programa también mostrará una tabla con datos como irradiación global media mensual sobre la horizontal (según datos de AEMET), temperatura diaria media mensual del agua de red (según UNE 94002) y temperatura ambiente diaria media mensual (según UNE 93003).

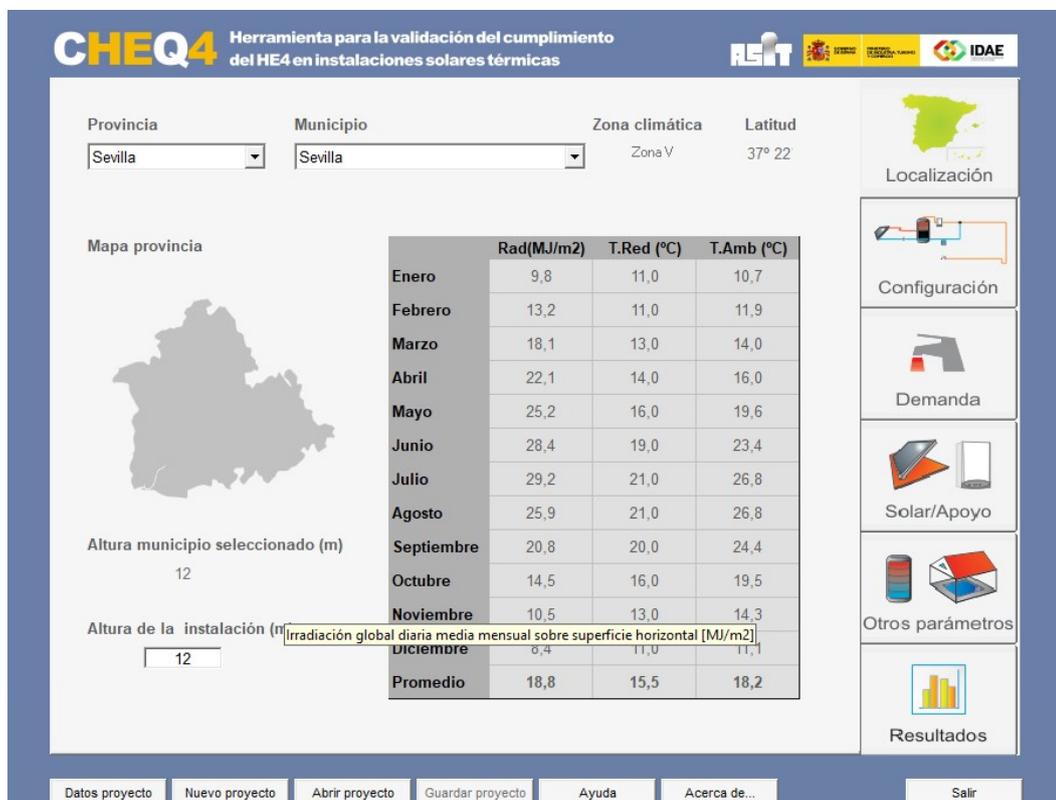


Figura 2. Localización en CHEQ4.

- **Configuración:**

La pestaña "**Configuración**" permite al usuario seleccionar el tipo de instalación que más se ajuste al sistema que desea utilizar. Los diferentes tipos de configuración están divididos en dos grupos: "Consumo único" y "Consumo múltiple". En la figura 3 se muestra esta pestaña y las distintas configuraciones que el usuario puede elegir. Para nuestro proyecto, al tratarse de un albergue, se ha elegido consumo único y una instalación con interacumulador.



Figura 3. Configuración en CHEQ4.

- **Demanda:**

En esta pestaña el usuario debe especificar la demanda total de agua caliente sanitaria del edificio. Los parámetros a introducir en el programa varían según si se trata de una instalación de consumo único o múltiple.

En el caso de este proyecto (consumo único), el usuario debe seleccionar la aplicación del edificio (albergue) y el número de elementos de dicha aplicación (160). En el apartado “Consumo total”, se pueden incluir otras demandas diarias, que no se hayan podido incluir en los anteriores apartados. Por otra parte, en el apartado “Ocupación estacional”, se puede especificar el porcentaje de ocupación estacional mensual de la instalación.

Llegados a este punto, CHEQ4 ya es capaz de determinar automáticamente cuál ha de ser la contribución solar mínima exigida por el HE4, cuyo valor aparece en el apartado “Contribución solar mínima exigida”. En la *figura 4* aparece todo lo explicado anteriormente.

- **Solar/Apoyo:**

En esta pestaña, el usuario debe especificar todos aquellos parámetros que son comunes a todos los tipos de configuraciones. Estos parámetros son: la marca y el modelo de los captadores; las características del campo de captadores y del circuito primario/secundario; y el tipo de sistema de apoyo de la instalación y su combustible. Todos estos parámetros se pueden ver con claridad en la *figura 5*, con las características seleccionadas para este proyecto.

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

CONSUMO ÚNICO
 Aplicación: Albergue
 Número de personas: 160
 Demanda calculada (l/día a 60 °C): 3.840

CONSUMO MÚLTIPLE

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	0	0		
Tipo B	0	0		
Tipo C	0	0		
Tipo D	0	0		

Demanda calculada (l/día a 60 °C): 3.840

CONSUMO TOTAL
 Otras demandas (l/día a 60°C): 0
 Demanda total (l/día a 60°C): 3.840

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA
 Caso general FS 60% Caso piscina FS 70%

OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)

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

Datos proyecto **Nuevo proyecto** **Abrir proyecto** **Guardar proyecto** **Ayuda** **Acercade...** **Salir**

Figura 4. Demanda en CHEQ4.

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

CAPTADORES
 Empresa: Termicol
 Marca/Modelo: Termicol T 25 US
AVISO: Verificar la existencia y vigencia de la certificación del captador seleccionado.

Datos de ensayo

Área (m2)	2,4
n0 (-)	0,8
a1 (W/m2K)	3,93
a2 (W/m2K2)	0,026
Qtest(l/hm2)	72
k50	0,82
Laboratorio	INTA
Certificación	NPS-15312

CAMPO DE CAPTADORES
 Núm. captadores: 30 Captadores en serie: 2 Pérdidas sombras (%): 5
 Orientación (°): 0 Inclinación (°): 37 Área total captadores (m2): 72,00

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO
 Caudal prim.(l/h): 2.592 Anticongelante (%): 10 Long. circuito (m): 100
 Diám. tubería (mm): 26 Esp. aislante (mm): 40 Aislante: genérico

SISTEMA DE APOYO
 Tipo de sistema: Caldera convencional
 Tipo de combustible: Gas natural

Datos proyecto **Nuevo proyecto** **Abrir proyecto** **Guardar proyecto** **Ayuda** **Acercade...** **Salir**

Figura 5. Solar/Apoyo en CHEQ4.

- **Otros parámetros:**

En esta pestaña el usuario debe especificar aquellos parámetros que son propios de cada configuración. Los campos no correspondientes al tipo de instalación seleccionada aparecerán inactivos y de color gris.

En el caso de este proyecto, tan sólo es necesario definir el volumen de acumulación y la distribución de las tuberías situadas a partir de la sala de máquinas, tal y como podemos ver en la *figura 6*.

Figura 6. Otros parámetros en CHEQ4.

- **Resultados:**

Esta pestaña corresponde al cálculo y visualización de los resultados. Un indicador situado en la parte superior izquierda de la ventana permite al usuario conocer rápidamente si el sistema cumple o no los requerimientos de contribución solar mínima exigida por el HE4.

En el apartado “Tabla de resultado” se muestran los valores anuales de los siguientes indicadores y resultados:

1. Fracción Solar(%): Fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual.
2. Demanda neta (kWh): Demanda energética anual sin tener en cuenta las pérdidas en acumulación y en distribución.
3. Demanda bruta (kWh): Demanda energética anual teniendo en cuenta las pérdidas en acumulación y en distribución.
4. Aportación solar al sistema (kWh): Energía solar aportada por la instalación.

5. Consumo de energía primaria auxiliar (kWh): Energía aportada por la instalación auxiliar de apoyo para satisfacer la demanda total.
6. Reducción de las emisiones de CO2 asociada a la utilización del sistema solar térmico (kg).

También se muestran gráficamente los valores mensuales de fracción solar, demanda bruta, fracción solar y consumo auxiliar.

Por último, si la instalación solar térmica cumple los requerimientos de contribución solar mínima exigida por el HE4, CHEQ4 permite generar al usuario un informe de resultados o “Certificado”. En dicho documento se especifica todos los datos del proyecto y los resultados obtenidos. En la *figura 7* se puede ver todo lo explicado con más detalle.

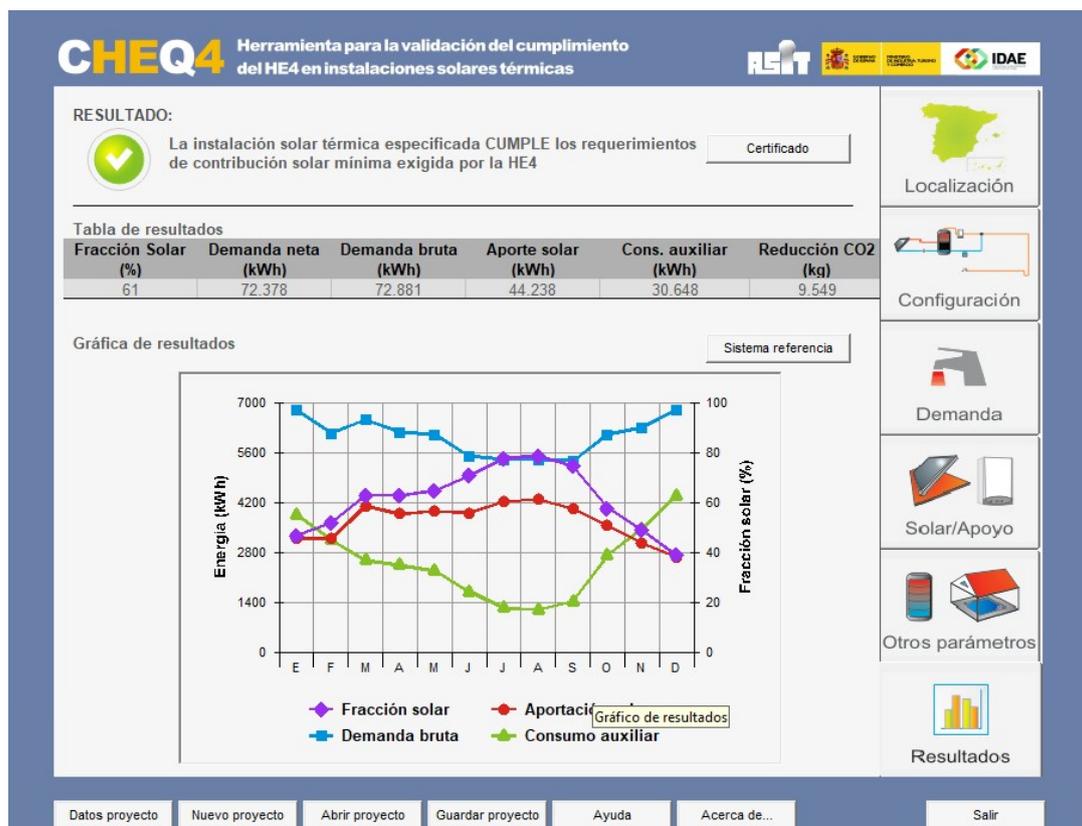


Figura 7. Resultados en CHEQ4.

1.5 Descripción del edificio.

El edificio sobre el que se centra este proyecto es un albergue juvenil, con diferentes tipologías de habitación y con espacios de uso público en la planta baja. Está situado en la calle Travesía, la calle Cantina y la calle José Galán Merino, en el barrio de San Jerónimo (Sevilla).

El albergue consta de 30 habitaciones repartidas en tres módulos de tres tipologías diferentes. El primer módulo (más al sur), cuenta con 10 habitaciones con capacidad para 8 personas. El segundo módulo (intermedio), cuenta con otras 10 habitaciones, con capacidad para 6 personas. Por último, el módulo situado más al norte, consta de 10 habitaciones dobles. En total, la ocupación del edificio se estima en 160 personas.

En la planta del sótano existe un parking, tanto para clientes como para uso público; y un par de salas, situadas al sur del edificio: una para almacenaje de maletas y la otra se trata de la sala de máquinas, que tiene una superficie de 48,9 m².

En la planta baja, además de la recepción y administración, existe un gimnasio, una cafetería y una sala de lectura, que al igual que el parking, son tanto para clientes como para uso público.

Al disponer de tres módulos distintos, disponemos de tres cubiertas de distinto tamaño. La cubierta elegida para la disposición del campo de captadores es la del primer módulo, ya que es la más grande y la que está más cercana al cuarto de aguas, con una superficie de 530 m².

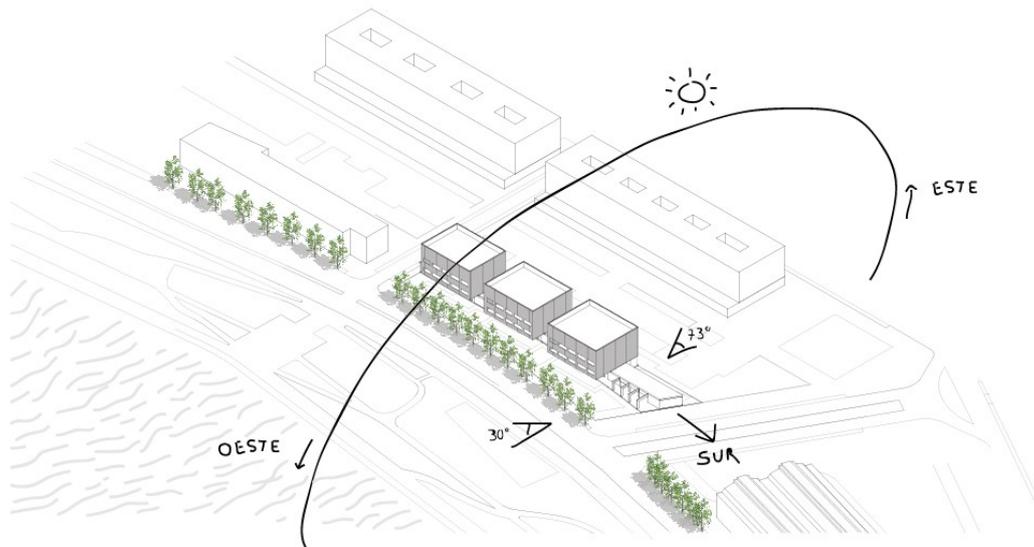


Figura 8. Situación del edificio.

1.6 Principio de funcionamiento de la instalación.

Una instalación solar térmica de baja temperatura trata de aprovechar la radiación solar para transformarla en energía solar térmica, mediante la instalación de una serie de captadores, por los que circula un fluido caloportador. Dicha energía térmica se almacena en el sistema de acumulación, que será el encargado de satisfacer la demanda energética del edificio.

La instalación está compuesta por los siguientes sistemas:

- Sistema de captación: Compuesto por el campo de captadores y el fluido caloportador.
- Sistema de intercambio: En este subsistema se transfiere la energía contenida en el fluido caloportador al otro fluido, normalmente agua, que será usado después como ACS. En este proyecto, este subsistema se encuentra en el interior del sistema de acumulación, ya que se utiliza un interacumulador.
- Sistema de acumulación: Como su propio nombre indica, su función es acumular la energía térmica. Suele estar compuesto por un gran depósito, que debe estar bien aislado para que existan las mínimas pérdidas térmicas posibles.
- Sistema de apoyo o sistema auxiliar: Es el subsistema encargado de dotar la energía necesaria cuando la radiación solar es insuficiente para satisfacer la demanda del edificio. Puede ser un termo eléctrico o una caldera.

- Sistema hidráulico y sistema de regulación, de los que hablaremos en extensión en el siguiente punto.

El principio de funcionamiento de la instalación puede observarse en la *Figura 9*. El sistema de captación está formado por una agrupación serie-paralela de 30 captadores con dos captadores en serie, donde se calienta el fluido caloportador que circula por el circuito primario. Dicho fluido, al llegar al interacumulador, transfiere su calor al agua de red que pasa por el mismo equipo. En esta instalación, tal y como se puede ver, existen dos interacumuladores conectados en serie.

El circuito primario se controla mediante la bomba de circulación, colocándose dos sondas, una a la salida del campo de captadores y otra en la parte baja de los interacumuladores, que controlan la temperatura en ambas partes de la instalación. Si la temperatura a la salida del campo de captadores supera en más de seis grados a la temperatura de los interacumuladores, la bomba se activa. Si por el contrario, la temperatura del campo de captadores supera en menos de tres grados a la temperatura de los interacumuladores, la bomba se detiene. Otro motivo por el que se activa la bomba es si la temperatura de los captadores es inferior a 5°C, para evitar congelaciones.

El agua caliente de los interacumuladores del circuito primario pasa al interacumulador de energía auxiliar y de ahí se distribuye a cada punto de consumo del edificio. Si la temperatura del agua en dicho interacumulador está por debajo de 55°C, el sistema de control activa el sistema de energía auxiliar (bomba de circulación auxiliar y caldera) para aumentar la temperatura del agua.

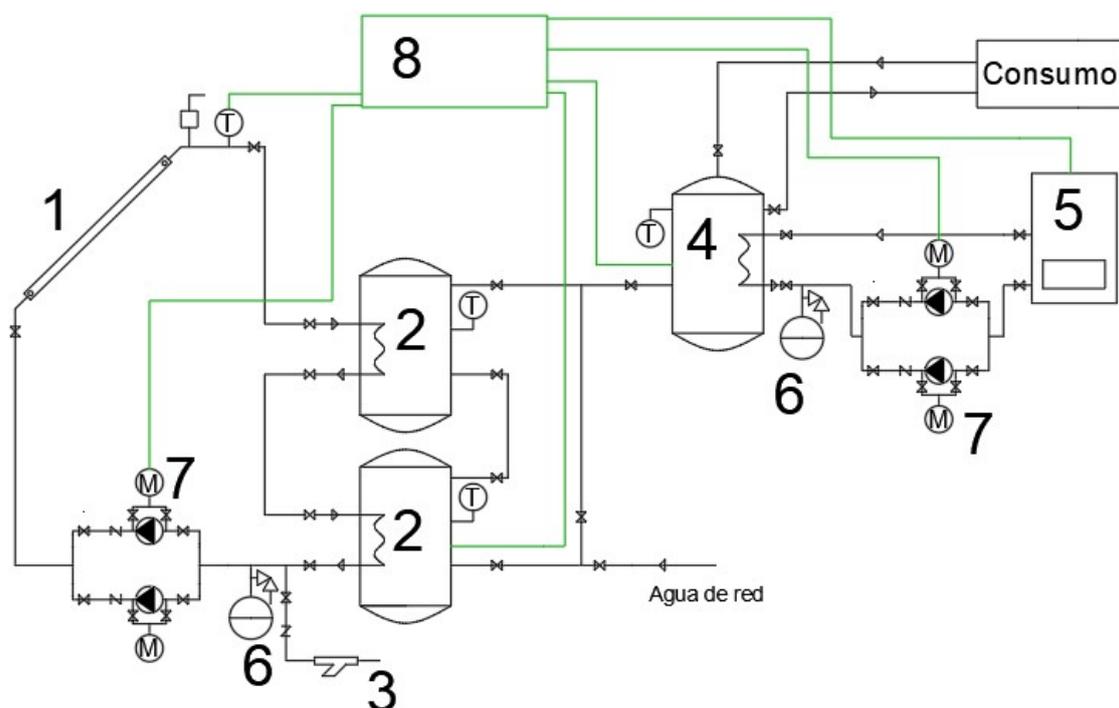


Figura 9. Principio de funcionamiento de la instalación.

1.7 Elementos principales de la instalación.

- **Captador solar plano:**

Un captador solar plano es un intercambiador de calor que transforma la radiación solar en energía térmica que aumenta la temperatura del fluido de trabajo contenido en el interior del captador.

Son captadores sin concentración, sin sistema de seguimiento y que captan tanto la radiación directa como la difusa.

Su funcionamiento está caracterizado por los siguientes principios:

1. El aporte de energía solar no es controlable.
2. La demanda y el aporte de energía solar están desfasados.
3. La orientación e inclinación del captador influyen fuertemente en el rendimiento.
4. El rendimiento de captación aumenta al disminuir la temperatura del fluido a la entrada.
5. Interesa captar la energía solar a la mayor temperatura posible.
6. Hay que dar preferencia al consumo de la energía solar frente a la convencional.

En un captador solar plano la radiación solar incidente en la cubierta es parcialmente reflejada, parcialmente absorbida y la mayor parte transmitida a la superficie absorbente.

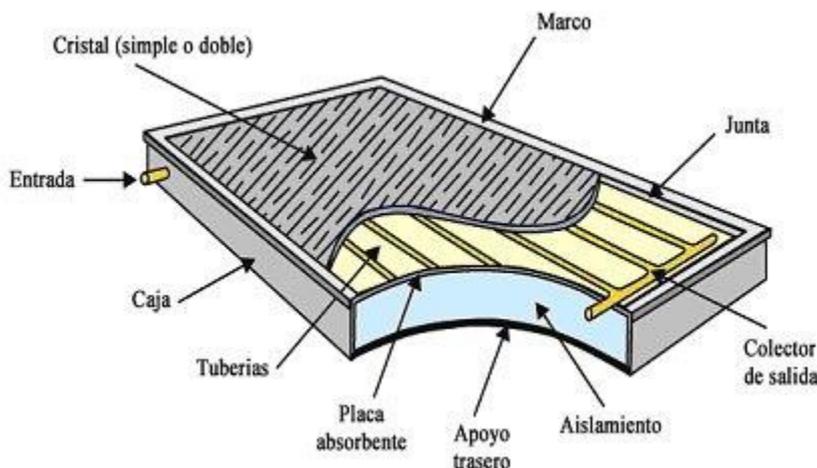


Figura 10. Elementos de un captador solar plano..

La radiación que incide en la superficie absorbente es parcialmente reflejada y el resto es absorbido en la superficie.

La radiación absorbida se transmite por conducción a la zona de los tubos por donde circula el fluido de trabajo. Desde la zona de los tubos se transfiere por conducción a través de la placa absorbente, de la unión placa-tubo y de la tubería, al fluido de trabajo por convección.

En la cara activa del captador se transfiere calor desde la superficie absorbente al exterior por convección y radiación entre la placa absorbente y la cubierta, por conducción a través de la cubierta y por convección y radiación desde la cubierta al ambiente.

De la misma manera, se transfiere calor al exterior por conducción a través del material aislante posterior y lateral y por convección y radiación desde la carcasa.

- **Depósito interacumulador:**

La acumulación de energía es necesaria en instalaciones de energía solar térmica, debido al desfase que existe entre el consumo y la radiación solar.

El objetivo del depósito de acumulación es independizar el circuito de captación solar del circuito de consumo; es decir, almacenar la energía solar captada para poder suministrarla posteriormente cuando exista demanda.

El depósito de acumulación debe cumplir varios requisitos:

1. Calor específico elevado del medio de acumulación.
2. Buen nivel de aislamiento para reducir las pérdidas térmicas.
3. Buena estratificación de temperaturas en su interior.
4. Vida útil equivalente al captador solar.
5. Capacidad de soportar las temperaturas y presiones de trabajo.

En las instalaciones de agua caliente sanitaria se utiliza agua como medio de acumulación.

El depósito interacumulador tiene la misma funcionalidad que el depósito de acumulación. La principal diferencia radica en que el interacumulador tiene un serpentín (intercambiador de calor) en su interior, cuyo objetivo es mantener el depósito a la temperatura deseada. La energía suministrada es producida por la caldera auxiliar. El depósito de acumulación, por su parte, siempre tiene un intercambiador en el exterior.

- **Sistema de energía auxiliar (caldera):**

En ocasiones, la radiación solar no será suficiente, por lo que es necesario contar con un sistema de apoyo energético auxiliar para cubrir totalmente la demanda energética del edificio.

La función de la caldera es calentar el fluido que se envía al serpentín del interior del interacumulador, para calentar el agua de la que se dispone en el depósito. En el caso de este proyecto, la caldera será de condensación a gas, teniendo gas natural como combustible.

- **Sistema hidráulico:**

El sistema hidráulico está compuesto por el conjunto de tuberías y por equipos como válvulas, vaso de expansión, bombas, etc.

Es necesario dimensionar el conjunto de tuberías, dividiéndolo en tramos independientes y obteniendo el diámetro adecuado en cada uno de ellos, de manera que se cumplan las especificaciones impuestas por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE).

La bomba de circulación, por su parte, es el equipo encargado de impulsar el fluido a través del sistema hidráulico, desde el interacumulador hasta los captadores solares, en instalaciones de circulación forzada, como es el caso de este proyecto. Contiene un motor eléctrico, por lo que consume energía eléctrica.

Los vasos de expansión se colocan en todos los circuitos cerrados en los que existen cambios de temperatura y densidad en el fluido caloportador. Su función es absorber las

dilataciones de dicho fluido, evitando problemas mecánicos y altas presiones. Siempre se colocan, salvo problemas de transferencia, en la aspiración de la bomba (punto de presión mínima del circuito).

En la instalación, existen varios tipos de válvulas para regular y controlar el fluido, entre las que destacan las válvulas de corte, las de seguridad, las de retención y los purgadores.

- **Sistema de control:**

En una instalación solar térmica es vital la existencia de un sistema de control para que todos los equipos funcionen correctamente, aprovechando la radiación solar lo mejor posible.

El circuito primario se controla mediante la bomba de circulación, colocándose dos sondas, una a la salida del campo de captadores y otra en la parte baja del interacumulador, que controlan la temperatura en ambas partes de la instalación.

Tal y como se puede ver en la *Figura 11*, llamando SF a la temperatura del interacumulador y SC a la temperatura a la salida del campo de captadores, se aplica la siguiente regulación:

- Si $SC > SF + 6$ la bomba funciona.
- Si $SC < SF + 3$ la bomba no funciona.

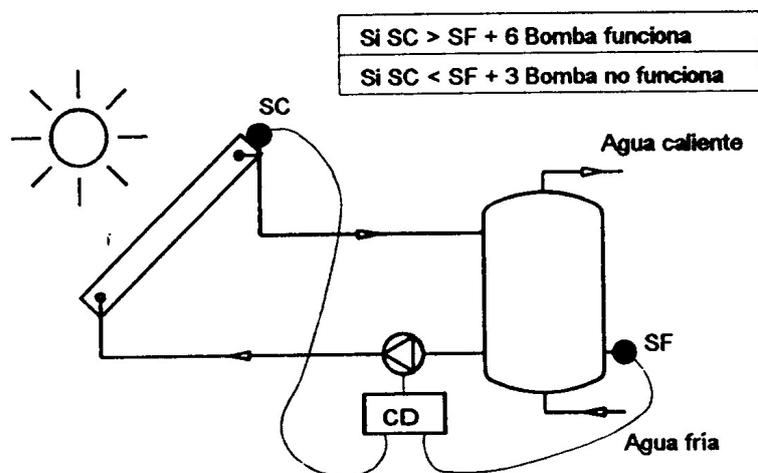


Figura 11. Sistema de control de la instalación.

El otro elemento a controlar de la instalación es el sistema de energía auxiliar. Este se controla mediante una sonda en el interacumulador auxiliar. Teniendo en cuenta que dicho depósito debe mantenerse en torno a 60°C , se aplica la siguiente regulación:

- Si la temperatura del depósito desciende por debajo de los 55°C , se activa la caldera poniendo en marcha el sistema auxiliar.
- Si la temperatura alcanza los 60°C , se detiene el funcionamiento de la caldera y del sistema auxiliar.

1.8 Características técnicas de los equipos.

- **Captadores solares**

Se instalarán captadores solares planos de la marca sevillana Termicol. El modelo elegido será el T25US, que aparece en la *Figura 12* y cuenta con las siguientes características técnicas:

- Longitud: 2130 mm.
- Anchura: 1200 mm.
- Longitud absorbedor: 2057 mm.
- Absorbedor de parrilla.
- Espesor: 83 mm.
- Área bruta: $2,5 \text{ m}^2$.
- Área neta: $2,4 \text{ m}^2$.
- Peso en vacío: 39 kg.
- Capacidad fluidos: 1,27 litros.
- Potencia pico: 1865 W.
- Marco: Aluminio.
- Marco sin junquillos.
- Cubierta: Vidrio templado 3,2 mm.
- Aislamiento: Lana de vidrio 40 mm.
- Rendimiento óptico: 80%.
- Coeficiente de pérdidas K1: $3,93 \text{ (W/Km}^2\text{)}$.
- Coeficiente de pérdidas K2: $0,026 \text{ (W/Km}^2\text{)}$.
- Caudal óptico: $40 \frac{\text{litros}}{\text{h}\cdot\text{m}^2}$.
- Término lineal para caída de presión: 2,329.
- Término cuadrático para caída de presión: 3,611.



Figura 12. Captador solar Termicol T25US.

- **Interacumulador**

Los interacumuladores seleccionados para este proyecto serán del fabricante LAPESA. Se instalarán dos depósitos de acumulación de acero inoxidable, de la serie MASTER INOX MXV, modelo SSB, ambos con una capacidad de 2500 litros. Estos interacumuladores están específicamente diseñados para la aplicación de energías renovables, en especial la energía solar. Sus características técnicas son las siguientes:

- Capacidad: 2500 litros
- Presión máxima de trabajo: 8 bar.
- Temperatura máxima de trabajo: 90°C.
- Presión máxima conjunto de serpentines: 25 bar.
- Temperatura máxima conjunto de serpentines: 110°C.
- Aislamiento térmico: poliuretano rígido inyectado en molde.
- Instalación vertical sobre el suelo.
- Diámetro exterior: 1660 mm.
- Altura total: 2015 mm.
- Diagonal: 2611 mm.
- Superficie conjunto de serpentines: 6,1 m².
- Peso en vacío: 500 kg.

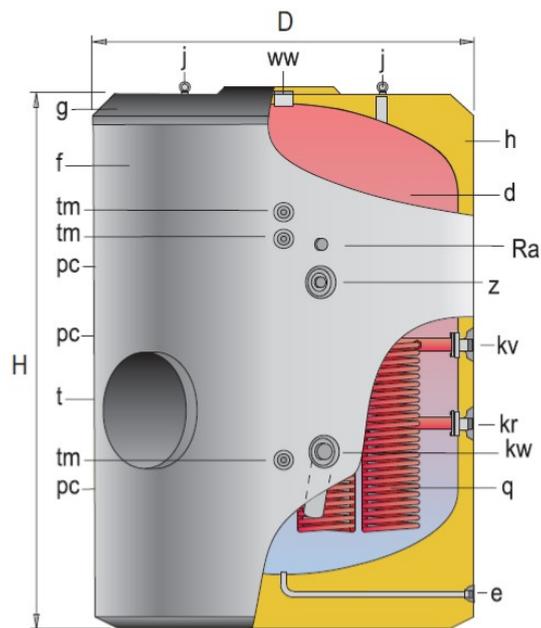


Figura 13. Interacumulador MASTER INOX MXV SSB.

- **Bomba de circulación del circuito primario**

En el circuito primario se colocarán dos bombas de circulación en paralelo, dejando una en estado de reserva. La bomba seleccionada es de la marca Grundfos, modelo SCALA2 3-45A, el cual podemos observar en la *Figura 14*. Sus principales características son:

- Caudal calculado: 1,44 m³/h.
- Altura resultante de la bomba: 47,9 kPa.
- Rango de temperaturas ambientes: 0-55°C.
- Presión máxima de trabajo: 10 bar.

- Presión de entrada máxima permitida: 6 bar.
- Tensión nominal: 200-240 V.
- Peso neto: 9,55 kg.
- Peso bruto: 11,9 kg.



Figura 14. Modelo SCALA2 3-45 A.

- **Bomba de circulación del sistema auxiliar**

En el sistema auxiliar se colocarán dos bombas de circulación en paralelo, dejando una en estado de reserva. La bomba seleccionada es de la marca Wilo, modelo VeroLine IPL 25/85-0.18/2, el cual podemos observar en la *Figura 15*. Sus principales características son:

- Diámetro de conexión: 25 mm.
- Diámetro nominal del rodete: 85 mm.
- Potencia del motor: 0,18 kW.
- Número de polos: 2.
- Rango de temperaturas admisible: -20°C a 120°C.
- Presión máxima de trabajo: 10 bar.
- Peso: 7 kg.



Figura 15. Bomba Wilo, modelo VeroLine IPL 25/85-0.18/2.

- **Vaso de expansión del circuito primario**

El vaso de expansión seleccionado es del fabricante IBAIONDO, modelo 12-SMF, el cual podemos ver en la *Figura 16*. Sus principales características técnicas son:

- Presión máxima: 10 bar.
- Temperatura mínima: -10°C.
- Temperatura máxima: 100°C.
- Capacidad: 12 litros.
- Precarga: 2,5 bar.
- Diámetro: 270 mm.
- Altura: 310 mm.
- Conexión agua (R): 3/4".
- Peso: 2,8 kg.



Figura 16. Vaso de expansión IBAIONDO, modelo 12-SMF.

- **Vaso de expansión del sistema auxiliar**

El vaso de expansión del sistema auxiliar seleccionado es del fabricante IBAIONDO, modelo 2-SMF, el cual podemos ver en la *Figura 17*. Sus principales características técnicas son:

- Presión máxima: 10 bar.
- Temperatura mínima: -10°C.
- Temperatura máxima: 100°C.
- Capacidad: 2 litros.
- Precarga: 2,5 bar.
- Diámetro: 110 mm.
- Altura: 245 mm.
- Conexión agua (R): 3/4".
- Peso: 0,8 kg.



Figura 17. Vaso de expansión IBAIONDO, modelo 2-SMF.

- **Centralita de control**

Para el sistema de control se usará una centralita de la marca Termicol, modelo LTDC-V3 con 4 sondas, cuyas principales características son las siguientes:

- 6 entradas para sensores PT1000 de temperatura.
- 2 entradas VFS/RPS Directsensor para medir caudal.
- 2 salidas relé 230VAC (on/off).
- 2 salida PWM (control velocidad bombas alta eficiencia).
- 42 variantes hidráulicas.



Figura 18. Centralita de control LTDC-V3 con 4 sondas.

1.9 Normativa.

La construcción de la instalación de energía solar térmica de baja temperatura que se llevará a cabo en este proyecto se realizará respetando la normativa aplicable, que está regulada por una serie de organismos competentes, como son el Código Técnico de la Edificación (CTE), el Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE) y un conjunto de normas UNE.

1. Cumplimiento del CTE-HE4.

Como el presente proyecto trata sobre la producción de ACS mediante energía solar térmica, el apartado del CTE que debemos cumplir es el HE4 (Contribución Solar Mínima de agua caliente sanitaria).

- Contribución solar mínima (%) de ACS.

Como el albergue se encuentra en Sevilla, pertenece a la zona climática V, tal y como se puede observar en la *Figura 19*. En dicha zona, y con un consumo aproximado de 3840 l/día, la contribución solar mínima ha de ser del 60%, como se puede ver en la *Tabla 1*.

Demanda total de ACS del edificio (l/d) a 60 °C	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

Tabla 1. Contribución solar mínima según demanda de ACS y zona climática.

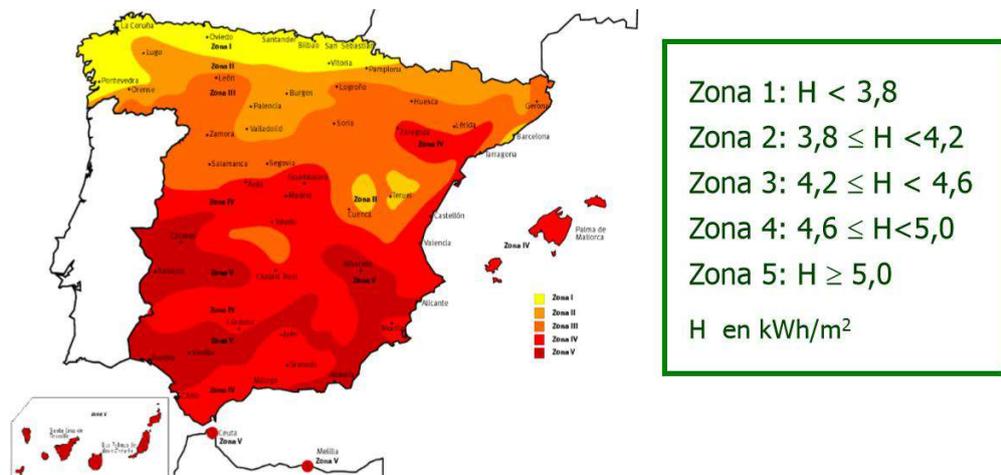


Figura 19. Zonas climáticas de España según el CTE-HE4.

- Protección contra sobrecalentamientos.

En ningún mes del año la energía producida podrá superar el 110% de la demanda energética y no más de tres meses el 100%. Así, no se tomarán en consideración aquellos periodos en los que la demanda se sitúe un 50% por debajo de la media correspondiente al resto del año, tomándose las medidas de protección adecuadas. Si en algún mes de año la contribución solar superase el 100%, se adoptarán algunas de las medidas especificadas en el apartado 2.2.2 del HE4-CTE.

- Pérdidas por orientación, inclinación y sombras.

En la *Tabla 2* aparecen los límites de pérdidas (%) de orientación, inclinación y sombras. La orientación óptima es la Sur y la inclinación depende del periodo de utilización:

- Demanda constante anual: latitud geográfica.
- Demanda preferente en invierno: latitud geográfica + 10°.
- Demanda preferente en verano: latitud geográfica - 10°.

	Orientación e inclinación OI	Sombras S	Total OI+S
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Tabla 2. Límite de pérdidas (%) de orientación, inclinación y sombras.

- Sistema de acumulación solar y conexión de sistema auxiliar.

El volumen de acumulación solar (V) se debe dimensionar en función de la energía que aporta a lo largo del día. Se debe prever una acumulación acorde con la demanda. Para aplicaciones de ACS, el área total de captadores debe cumplir:

$$50 < V/A < 180$$

No se permite la conexión del sistema auxiliar en el acumulador solar.

2. Reglamento de las Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE).

Las diferentes secciones del RITE que afectan a la instalación de este proyecto son las siguientes:

- Preparación de agua caliente para uso sanitario (IT 1.1.4.3.1)
- Aislamiento térmico de redes de tuberías (IT 1.2.4.2.1)
- Sistemas de distribución de agua (IT 2.3.3)
- Control automático (IT 2.3.4)

3. Normas UNE.

Las normas UNE que afectan a este proyecto son las siguientes:

- UNE 94002. Esta norma rige el cálculo de la demanda de energía térmica en instalaciones solares térmicas para producción de ACS.
- UNE 100155. Recoge el método para el diseño y el cálculo de los sistemas de expansión .

- UNE 94003. Recoge los datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.

1.10 Bibliografía.

- Código Técnico de la Edificación (CTE), apartado HE-4 “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”.
- AENOR, Norma UNE 100155 “Diseño y cálculo de sistemas de expansión” 2004.
- AENOR, Norma UNE 94002 “Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria” 2005.
- AENOR, Norma UNE 94003 “Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones térmicas” 2007.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).
- Manual de usuario de la herramienta informática CHEQ4 (cheq4.idae.es).
- Departamento de Ingeniería Energética, ETSI de la Universidad de Sevilla, *Documentación de la asignatura Energía Solar*.
- Departamento de Ingeniería Energética, ETSI de la Universidad de Sevilla, *Documentación de la asignatura Instalaciones Térmicas de la Edificación*.
- Información sobre la energía solar (solar-energia.net).
- Información sobre la energía solar en España (<https://www.energias-renovables.com>).
- Trabajo Fin de Grado de Rogelio Hernández Pardo, “Albergue en San Jerónimo”.
- Trabajo Fin de Grado de Genaro Juan Gil Martínez, “Diseño de una instalación solar en un hotel para la producción de ACS”.
- Trabajo Fin de Grado de Eloy José García Rodríguez, “Diseño de una instalación solar térmica para calentamiento de agua caliente sanitaria en una residencia de mayores”.
- Trabajo Fin de Grado de Alberto Bermudo García, “Instalación solar para producción de ACS en una residencia de estudiantes”.

2 MEMORIA DE CÁLCULO

2.1 Introducción.

La memoria de cálculo es el documento en el que se desarrollan y justifican los cálculos llevados a cabo para el dimensionado de la instalación térmica del edificio, respetando la normativa vigente aplicable a este proyecto, que está explicada en el apartado 1.9 de la memoria descriptiva.

2.2 Datos de partida.

2.2.1 Datos geográficos.

El albergue juvenil que ocupa este proyecto, como ya se ha explicado, se encuentra en el barrio de San Jerónimo, en Sevilla. Los datos geográficos de esta zona son:

- Altitud: 12 m.
- Latitud: 37° 22'.
- Zona climática: V.

2.2.2 Datos climatológicos.

Gracias a la herramienta CHEQ4, se ha realizado la *Tabla 3*, con datos climatológicos como irradiación, temperatura del agua de red y temperatura ambiente para cada mes del año en el barrio de San Jerónimo.

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	9,8	11,0	10,7
Febrero	13,2	11,0	11,9
Marzo	18,1	13,0	14,0
Abril	22,1	14,0	16,0
Mayo	25,2	16,0	19,6
Junio	28,4	19,0	23,4
Julio	29,2	21,0	26,8
Agosto	25,9	21,0	26,8
Septiembre	20,8	20,0	24,4
Octubre	14,5	16,0	19,5
Noviembre	10,5	13,0	14,3
Diciembre	8,4	11,0	11,1
Promedio	18,8	15,5	18,2

Tabla 3. Datos de irradiación, temperatura de red y temperatura ambiente en San Jerónimo.

2.3 Cálculo de la demanda.

2.3.1 Cálculo de la demanda de ACS.

Este cálculo se realiza mediante el apartado HE4 del CTE, donde se especifica el consumo de agua a 60°C diario por persona según la utilidad del edificio, tal y como se puede observar en la *Tabla 4*:

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

Los valores de demanda ofrecidos en esta tabla tienen la función de determinar la fracción solar mínima a abastecer mediante la aplicación de la tabla 2.1. Las demandas de ACS a 60 °C se han obtenido de la norma UNE 94002. Para el cálculo se ha utilizado la ecuación (3.2.) con los valores de $T_i = 12$ °C (constante) y $T = 45$ °C.

Tabla 4. Demanda de referencia a 60°C.

Como el edificio que ocupa este proyecto cumple la función de un albergue, tendrá un consumo diario de 24 litros/día por persona. Por otra parte, cuenta con una ocupación de 160 personas, por lo que el consumo máximo diario será de 3840 litros/día. Cabe destacar que el gimnasio y la cafetería existentes en la primera planta se ha supuesto que no suponen un consumo extra de ACS, debido al pequeño tamaño de la cafetería y la inexistencia de duchas en el gimnasio.

Así pues, se considera un consumo máximo diario de ACS tal que $M_{ACS} = 3840 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$.

2.3.2 Cálculo de la demanda energética.

La demanda energética se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L_{ACS} = M_{ACS} \cdot \rho_a \cdot Cp \cdot (T_{ac} - T_{af}) \cdot N$$

Siendo:

- L_{ACS} : Demanda energética [J/mes].
- M_{ACS} : Consumo diario máximo [litros/día].
- ρ_a : Densidad del agua, que vale 1 kg/litro.
- C_p : Calor específico del agua, cuyo valor es de 4190 J/kg·K.
- T_{ac} : Temperatura del agua caliente, impuesta por el CTE como 60°C.
- T_{af} : Temperatura del agua fría de red, cuyos valores vienen impuestos por la norma UNE 94002 en función de la localización del edificio.
- N : Número de días del mes correspondiente.

La temperatura del agua fría de red viene impuesta por la norma UNE 94002. En la *Tabla 5* se puede observar su valor medio mensual en las diferentes provincias andaluzas:

Localidad	Altura (m)	Temperatura media mensual agua de red (°C)											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octubre	Nov	Dic
Almería	16	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12
Cádiz	4	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12
Córdoba	123	10	11	12	14	16	19	21	21	19	16	12	10
Granada	685	8	9	10	12	14	17	20	19	17	14	11	8
Huelva	56	12	12	13	14	16	18	20	20	19	17	14	12
Jaén	574	9	10	11	13	16	19	21	21	19	15	12	9
Málaga	8	12	12	13	14	16	18	20	20	19	16	14	12
Sevilla	12	11	11	13	14	16	19	21	21	20	16	13	11

Tabla 5. Temperatura media mensual agua fría de red en provincias andaluzas según norma UNE 94002.

Así, mediante la expresión anterior y con los valores de temperatura media mensual del agua fría de red en Sevilla, podemos obtener la demanda energética para cada mes del año.

Mes	N (días)	T_{af} (°C)	L_{ACS} (MJ)
Enero	31	11	24440,1
Febrero	28	11	22074,9
Marzo	31	13	23442,5
Abril	30	14	22203,6
Mayo	31	16	21946,2
Junio	30	19	19790,2
Julio	31	21	19452,3
Agosto	31	21	19452,3
Septiembre	30	20	19307,5
Octubre	31	16	21946,2
Noviembre	30	13	22686,3
Diciembre	31	11	24440,1

Tabla 6. Demanda energética mensual del edificio.

En la *Figura 20*, se puede observa la demanda energética mensual en forma de gráfica:

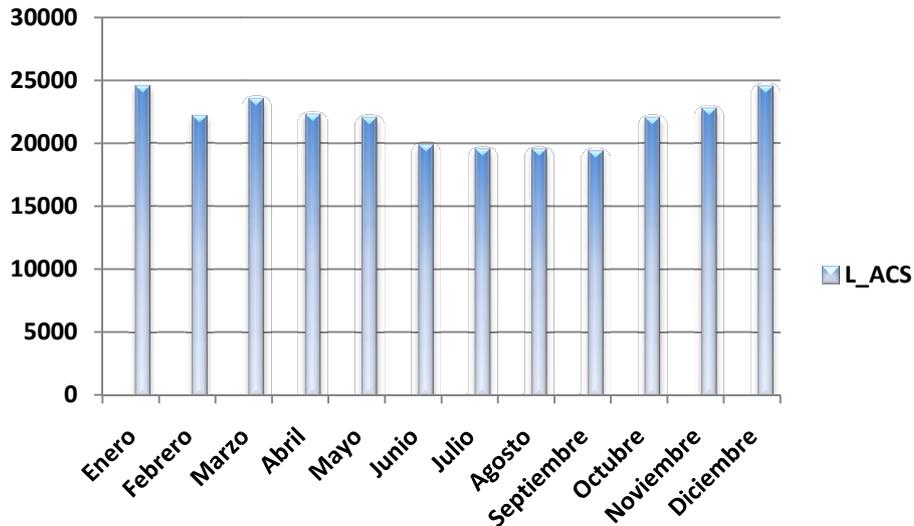


Figura 20. Gráfica de la demanda energética mensual (MJ) del edificio.

2.4 Cálculo de la superficie de captación.

Para el cálculo de la superficie de captación se llevarán a cabo varios estudios para determinar el número de captadores a instalar y su disposición, respetando siempre el apartado HE-4 del CTE, que exige una fracción mínima de demanda cubierta por energía solar del 60%, tal y como aparece detallado en el apartado 1.9 de este proyecto.

El tipo de instalación elegido para este proyecto es una instalación de consumo único con interacumulador. Todos los estudios a realizar se llevarán a cabo usando la herramienta CHEQ4.

1. Demanda cubierta frente a número de captadores.

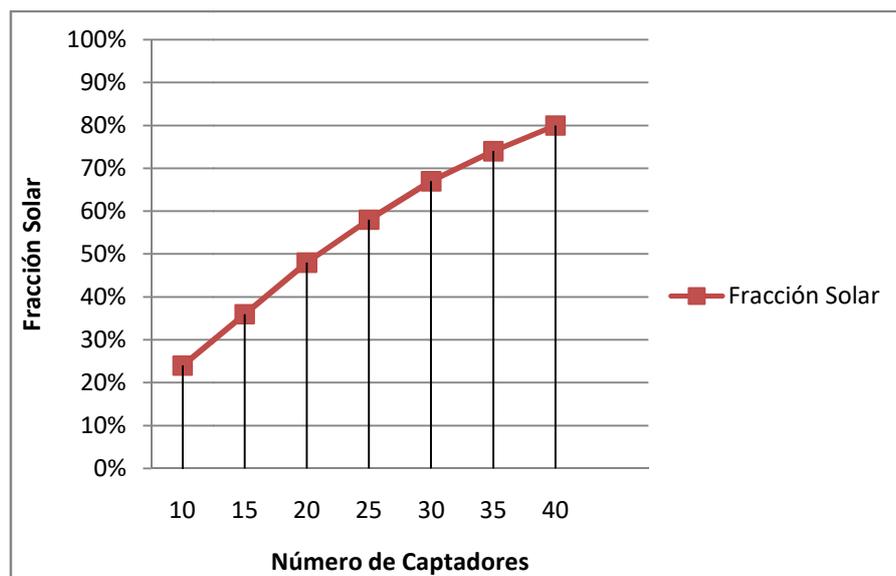


Figura 21. Fracción solar frente a número de captadores.

Para un volumen de acumulación específico de 75 litros/m², tal y como se puede observar en la *Figura 21*, a mayor número de captadores, mayor fracción solar de demanda cubierta, pues aumenta el área de captación. El número mínimo de captadores a instalar para que se cumpla el CTE (60% de demanda cubierta) es 26. A partir de 26 captadores, la fracción solar será superior al 60%.

2. Demanda cubierta frente a volumen de acumulación específico.

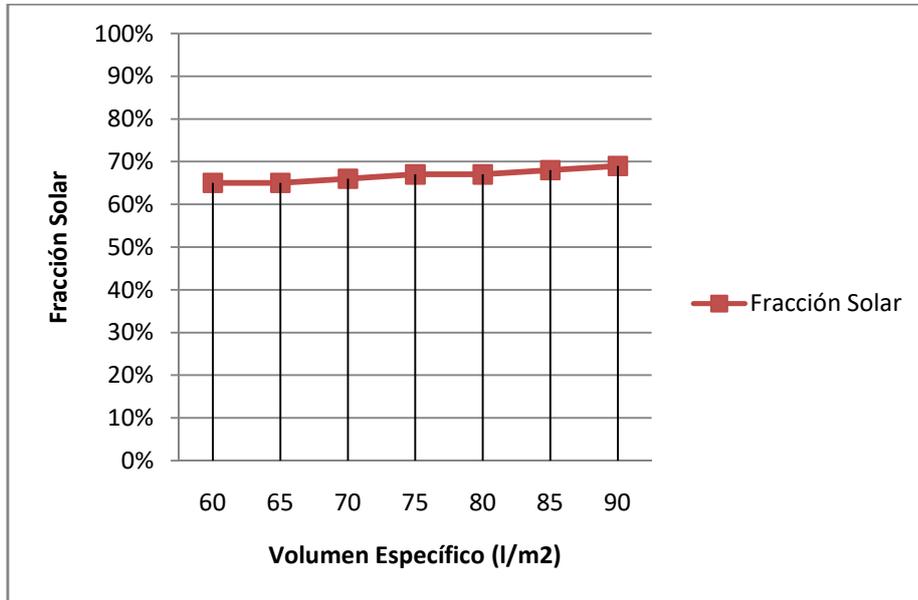


Figura 22. Fracción solar frente a volumen de acumulación específico (30 captadores).

Para un número de 30 captadores, se puede ver en la *Figura 22* que la fracción solar aumenta levemente con el volumen de acumulación específico, estando siempre por encima del 60% de fracción solar.

Sin embargo, no ocurre lo mismo en el caso de 26 captadores. Tal y como se puede apreciar en la *Figura 23*, por debajo de 70 litros/m², el porcentaje de demanda cubierta es inferior al 60%.

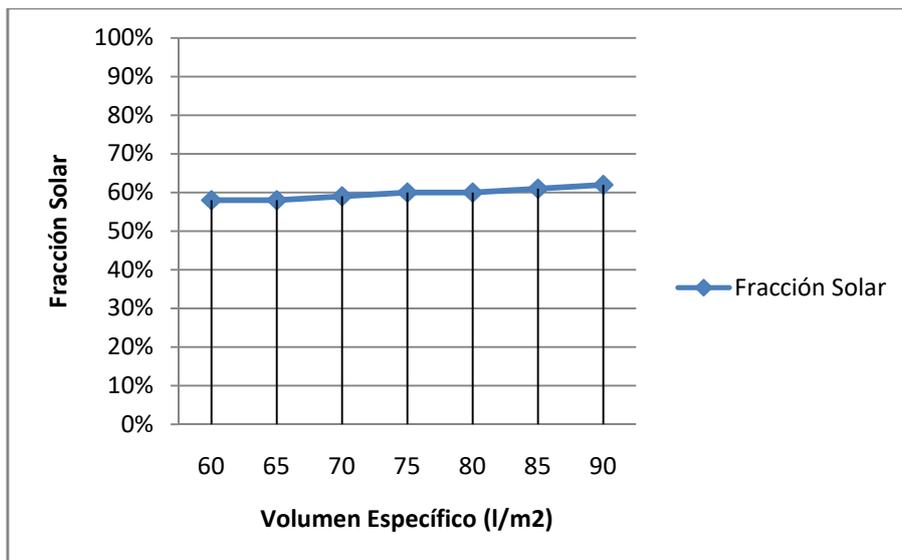


Figura 23. Fracción solar frente a volumen de acumulación específico (26 captadores).

3. Demanda cubierta frente a número de captadores en serie.

Observando la *Figura 24*, se puede apreciar que a medida que aumenta el número de captadores en serie disminuye el porcentaje de demanda cubierta. La gráfica está realizada en base a unos 30 captadores y un volumen de acumulación específico de 70 litros/m². Se puede comprobar que instalando dos captadores en serie, el porcentaje de demanda cubierta es superior al 60%, por lo que cumpliría la normativa.

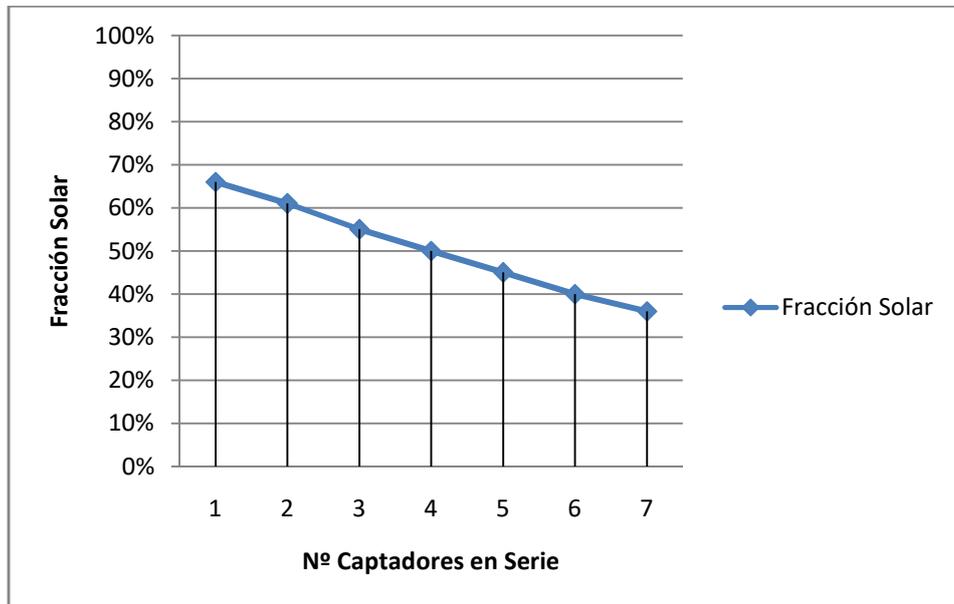


Figura 24. Fracción solar frente a número de captadores en serie.

- **Solución adoptada y conclusiones.**

A la vista de los resultados de los estudios mostrados anteriormente se ha decidido optar por la siguiente solución:

Instalación de consumo único con interacumulador	
Número total de captadores	30
Número de captadores en serie	2
Volumen de acumulación específico	70 litros/m ²
Área total de captación	72 m ²
Volumen total de acumulación	5040 litros
% Demanda cubierta	61%

Tabla 7. Solución adoptada para la superficie de captación.

La cubierta del edificio en la que se van a instalar los captadores tiene un ancho aproximado de 22.3 metros, por lo que no hay longitud suficiente para instalar todos los captadores en una sola fila, de ahí que sea necesaria la disposición de 2 filas de captadores. Así, con 15 captadores en cada fila, la longitud ocupada por cada una de ellas es aproximadamente de 19 metros, sobrando más de 3 metros de cubierta.

El volumen de acumulación específico elegido es el mínimo compatible con el cumplimiento de la normativa; es decir, el mínimo volumen que permitía con 30 captadores totales y 2 filas, una

fracción de demanda cubierta superior al 60%. Así, un volumen de acumulación específico de 70 litros/m² implica un volumen total de acumulación de 5040 litros.

- **Distancia entre filas de captadores.**

La distancia “d” sobre la horizontal entre filas de captadores es recomendable que sea tal que garantice al menos 4 horas del sol el día del solsticio de invierno (caso más desfavorable).

$$d \geq k \cdot h$$

Siendo:

h: Altura de la fila que proyecta la sombra.

k: Factor adimensional

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - \textit{latitud})}$$

Para el caso de este proyecto:

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - 37.22^\circ)} = 2.2694$$

$$h = 2,13 \cdot \textit{sen}(37^\circ) = 1.2819$$

Por tanto:

$$d = 2.2694 \cdot 1.2819 = 2.9 \textit{ m}$$

2.5 Cálculo del volumen de acumulación.

Para el cálculo del volumen de acumulación hay que atender a la normativa impuesta por el CTE en el apartado DB-HE4.

Así, se establece que dicho volumen debe dimensionarse en función de la energía que aporta a lo largo del día, debiéndose prever una acumulación acorde con la demanda. Es de obligado cumplimiento la siguiente relación:

$$50 < V/A < 180$$

Siendo:

V: Volumen de acumulación en litros.

A: Área de la superficie de captación en metros cuadrados.

Este cálculo lo realiza la herramienta del CHEQ4 instantáneamente, indicando el valor del volumen de acumulación para que se cumpla la normativa, siendo en este caso de 5040 litros. Por tanto, la relación sería la siguiente:

$$50 < 70 < 180$$

Los depósitos a instalar serán de la marca Lapesa. Se instalarán dos, con una capacidad de 2500 litros cada uno, sumando en total un volumen de acumulación de 5000 litros, que se supone suficiente para los 5040 litros necesarios. El modelo elegido es el MXV-SSB, de la serie MASTER INOX.

Se ha decidido que se instalen dos depósitos por dos motivos principales:

- El primero es que un único interacumulador que pudiese acumular en torno a los 5000 litros tendría una altura cercana a los 3 metros, por lo que podría suponer un problema de espacio en la sala de máquinas.
- El otro motivo es el cumplimiento de la normativa. El CTE-HE4 exige que la relación entre la superficie útil de intercambio de los interacumuladores y la superficie de captación no sea inferior a 0.15, es decir:

$$\frac{\text{Superficie útil de intercambio}}{\text{Superficie de captación}} \geq 0.15$$

Al instalar dos interacumuladores, la superficie intercambio será de 6.1 y 6.1 m², que suman un total de 12.2 m², por tanto se cumpliría la normativa:

$$\frac{12.2}{72} \approx 0.17 \geq 0.15$$

2.6 Cálculo de la red de tuberías.

2.6.1 Líquido anticongelante.

El fluido que circulará por el circuito primario será una mezcla de agua y fluido anticongelante, para así proteger la instalación contra heladas. La temperatura a la que hay que proteger la instalación es 5 grados por debajo de la temperatura mínima histórica registrada. Para este proyecto, se utilizará una mezcla de agua y propilenglicol, el cual no es nocivo para el ser humano en caso de ingesta.

En Sevilla, la temperatura mínima histórica se registró el 12 de Febrero de 1956, cuando se alcanzaron los -5,5°C. Por tanto, la proporción de propilenglicol en la mezcla tendrá que garantizar la protección de la instalación para temperaturas de -10,5°C (5°C por debajo de la temperatura histórica). Dicha proporción será, aproximadamente, del 24% de propilenglicol en agua.

2.6.2 Cálculo de caudal del circuito primario.

Para calcular el caudal del circuito primario se emplea la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{primario}} = G_{\text{ensayo}} \cdot A_{\text{captador}} \cdot \frac{N_{\text{captadores}}}{N_{\text{serie}}} = 1440 \frac{\text{litros}}{\text{h}}$$

Donde, según el catálogo del captador:

- $G_{\text{ensayo}} = 40 \frac{\text{litros}}{\text{h} \cdot \text{m}^2}$
- $A_{\text{captador}} = 2,4 \text{ m}^2$
- $N_{\text{captadores}} = 30 \text{ captadores}$
- $N_{\text{serie}} = 2$

2.6.3 Pérdidas de carga en los captadores.

El catálogo del modelo del captador seleccionado ofrece dos coeficientes para calcular la pérdida: un coeficiente lineal y otro cuadrático. Dichos coeficientes son, respectivamente, 2.329 y 3.611.

Así, para un caudal por agrupación de captadores de:

$$Q_{\text{captador}} = 40 \frac{\text{litros}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \cdot 2,4 \frac{\text{m}^2}{\text{captador}} = 1,6 \text{ litros/min}$$

Se obtiene una pérdida de carga en los captadores de:

$$\Delta P_{\text{captador}} = 12,97056 \text{ mmca} = 0,1271 \text{ kPa}$$

Pero como existen dos baterías en serie de captadores, la pérdida de carga total en los captadores será:

$$\Delta P_{\text{captador}} = 0,1271 \text{ kPa} \cdot 2 = 0,2542 \text{ kPa}$$

2.6.4 Pérdidas de carga en el interacumulador.

La pérdida de carga del interacumulador se calcula mediante la gráfica proporcionada por el catálogo técnico del modelo seleccionado. En el caso de este proyecto, se utilizarán dos interacumuladores en serie de la marca Lapesa, modelo MXV-2500-SSB.

Para poder emplear la gráfica de la *Figura 25*, es necesario el caudal primario en m^3/h :

$$Q_{\text{primario}} = 1,44 \text{ m}^3/\text{h}$$

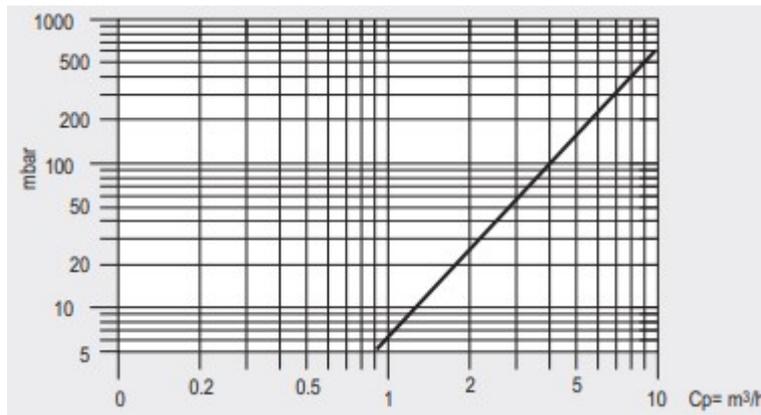


Figura 25. Pérdida de carga en el interacumulador.

Por tanto, la pérdida de carga en el interacumulador será de:

$$\Delta P_{interacumulador} = 15 \text{ mbar} = 1,5 \text{ kPa}$$

2.6.5 Pérdidas de carga en la red de tuberías.

La red de tuberías será diseñada de forma que las pérdidas de carga sean las menores posibles para que la bomba proporcione menos presión y por tanto consuma menos electricidad. Se empleará la técnica del retorno invertido para no tener que emplear válvulas de equilibrado y para que la instalación sea estable y equilibrada.

El diseño de la red estará condicionado por el cumplimiento de las dos siguientes premisas, en función de las cuales se establecerán los diámetros óptimos de las tuberías:

- La velocidad del agua en las tuberías ha de ser menor que 1,2 m/s.
- La pérdida de carga admisible debe estar entre 200 Pa/m y 400 Pa/m.

Para realizar los cálculos oportunos, se empleará la función Excel creada por el profesor Juan Francisco Coronel Toro, profesor de ETSI de Sevilla, perteneciente al Departamento de Ingeniería Energética.

Así, se obtiene la siguiente tabla, en la que se puede observar los diámetros óptimos elegidos para cada tramo, con su correspondiente caudal, longitud, pérdida de carga por metro y velocidad:

Tramo	V (L/h)	L (m)	D (")	Dp_t (Pa/m)	Velocidad (m/s)
T1	1440	112,7356	1	292,0	0,8
T2	720	11,4091	0,75	340,0	0,7
T3	720	6,5	0,75	340,0	0,7
T4	360	4,9091	0,75	101,8	0,4
T5	360	11,4091	0,75	101,8	0,4
T6	1080	6,5	1	176,0	0,6

Tabla 8. Diámetro óptimo de cada tramo de la instalación.

A la vista de los resultados obtenidos en la *Tabla 8*, se observa que no se cumple la premisa de que la pérdida de carga ha de estar entre 200 Pa/m y 400 Pa/m en los tramos 4, 5 y 6, siendo este hecho más acusado en los dos primeros tramos mencionados, en los que la pérdida de carga supera levemente los 100 Pa/m. Si se aumentara el diámetro de estos tres tramos, la pérdida de carga se dispararía, por lo que es conveniente utilizar el diámetro indicado pese a no llegar a los 200 Pa/m.

A continuación se calcularán las pérdidas totales de la red, para, posteriormente, poder dimensionar la bomba. La pérdida de carga total de la red de tuberías está definida por la suma de tres pérdidas de carga distintas:

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{tuberías} + \Delta P_{accesorios} + \Delta P_{equipos}$$

- Pérdida de carga en tuberías ($\Delta P_{tuberías}$)

En la *Tabla 8* aparece la pérdida de carga de las tuberías en Pa/m en función del caudal circulante y del diámetro. También se puede observar la longitud de cada tramo, por tanto:

$$\Delta P_{tuberías} = \Delta P \left(\frac{Pa}{m} \right) \cdot L_{tramo}(m)$$

- Pérdida de carga por accesorios ($\Delta P_{accesorios}$)

Cada tramo contiene distintos tipos de accesorios que producen una pérdida de carga adicional. Para poder calcular dicha pérdida, es necesario obtener previamente la longitud equivalente de cada accesorio, que viene dada en la *Tabla 9*.

Diámetro nominal (")	Codo 90º	Curva 90º	Curva 45º	Codo doble 180º	Curva doble 180º	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

Tabla 9. Longitud equivalente de cada accesorio en función del diámetro de la tubería.

En la *Tabla 10* aparecen los distintos accesorios que presentan los tramos que componen la red de tuberías de la instalación:

Tramo	Accesorios
T1	17 codos, 1 T en rama alineada y 4 válvulas de corte
T2	5 codos, 1 T en rama alineada y 4 válvulas de corte
T3	1 T en rama derivada
T4	4 codos, 2 T en rama derivada y 4 válvulas de corte
T5	4 codos, 1 T en rama alineada, 1 T en rama derivada y 4 válvulas de corte
T6	1 T en rama alineada

Tabla 10. Accesorios de la red de tuberías de la instalación.

Así, con los accesorios de la red de tuberías se puede calcular la longitud equivalente, y, por consiguiente, la pérdida de carga debida a los accesorios:

$$\Delta P_{\text{accesorios}} = \Delta P \left(\frac{\text{Pa}}{\text{m}} \right) \cdot L_{\text{equivalente}} (\text{m})$$

- Pérdida de carga de equipos ($\Delta P_{\text{equipos}}$)

Se ha calculado anteriormente que la pérdida en los captadores solares es de 0,2542 kPa y en el interacumulador de 1,5 kPa.

Por tanto, una vez ya obtenidas las pérdidas de carga de tuberías, accesorios y equipos, se pueden obtener las pérdidas totales. En la *Tabla 11* aparecen todas las pérdidas calculadas, con los diferentes datos de cada tramo de tubería.

Tramo	V (L/h)	L (m)	D (")	Dp t (Pa/m)	L acc (m)	Dp t (kPa)	Dp acc (kPa)	Dp ut (kPa)	Dp tot (kPa)	Velocidad (m/s)
T1	1440	112,7356	1	292,0	14,76	32,9	4,3	3,0	40,2	0,8
T2	720	11,4091	0,75	340,0	6,98	3,9	2,4	0,3	6,5	0,7
T3	720	6,5	0,75	340,0	0,66	2,2	0,2	0,0	2,4	0,7
T4	360	4,9091	0,75	101,8	7,84	0,5	0,8	0,3	1,6	0,4
T5	360	11,4091	0,75	101,8	7,35	1,2	0,7	0,3	2,2	0,4
T6	1080	6,5	1	176,0	0,24	1,1	0,0	0,0	1,2	0,6

Tabla 11. Pérdidas de carga y datos de cada tramo de tuberías.

En la *Tabla 12* se puede observar la pérdida de carga de los tres circuitos existentes en la red de tuberías, siendo el primero de ellos el que mayor pérdida presenta, con 47,9 kPa. Dicho circuito está formado por los tramos 1, 2 y 6.

Circuito	Dp cir	Desquil.	% Desquil.
1	47,9	0	0,0
2	45,4	2,5	5,3
3	44,8	3,1	6,5

Tabla 12. Pérdida de carga de los circuitos.

2.7 Dimensionado de la bomba del circuito primario.

Para el dimensionado de la bomba es necesario conocer la pérdida de carga total máxima que debe vencer la misma, para poder impulsar el fluido a través de la red de tuberías. Para ello es necesario conocer qué circuito es el que presenta la mayor pérdida, que, tal y como se ha comentado, es el circuito 1, con 47,9 kPa de pérdida de presión.

La bomba elegida ha sido seleccionada mediante la página web de Grundfos, la cual permite introducir las variables de diseño necesarias para obtener el tipo de bomba que más se ajusta a ellas. Así, el modelo elegido es SCALA2 3-45 A, del cual podemos ver las curvas características en la *Figura 23*:

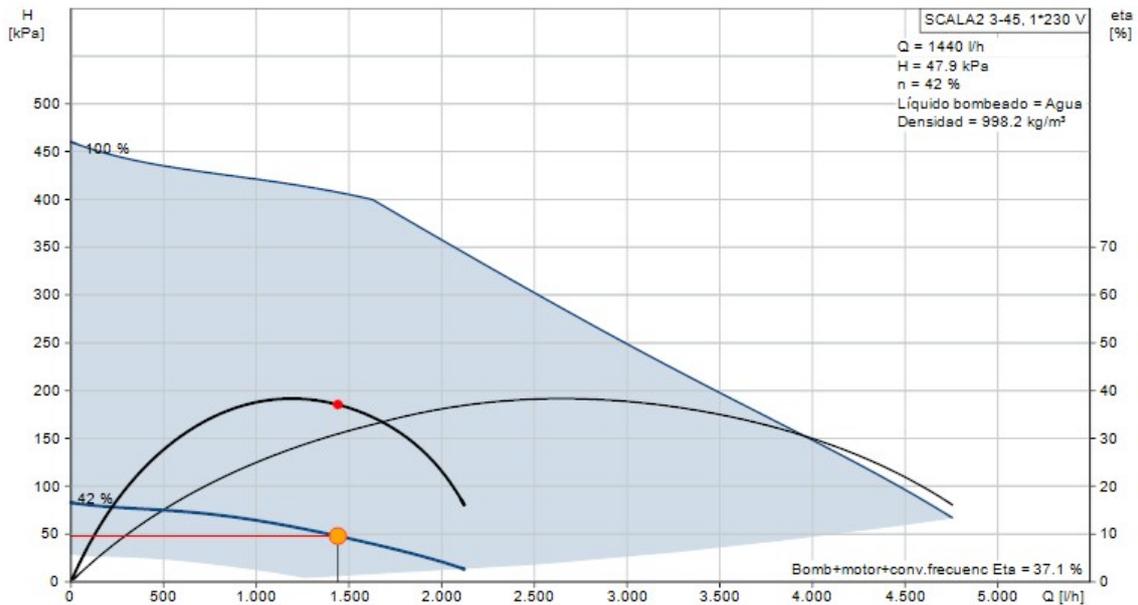


Figura 26. Curva características de la bomba SCALA2 3-45 A.

2.8 Dimensionado del vaso de expansión del circuito primario.

La función del vaso de expansión es absorber las dilataciones del fluido al variar su temperatura, manteniendo la presión dentro de unos márgenes aceptables, así como impedir la pérdida de fluido a través de la válvula de seguridad.

Para el dimensionado del vaso de expansión se seguirá la norma UNE 100155: Diseño y cálculo de sistemas de expansión.

El volumen del vaso de expansión se calcula según la siguiente ecuación:

$$V_{vaso} = V_{total} \cdot C_e \cdot C_p$$

Siendo:

- V_{total} : Volumen del fluido del circuito primario.
- C_e : Coeficiente de expansión del fluido.
- C_p : Coeficiente de presión.

En primer lugar, se calculará el volumen total de fluido en el circuito primario, al que se le añadirá un factor de seguridad del 10%.

$$V_{total} = (V_{captadores} + V_{tuberías} + V_{interacumuladores}) \cdot 1,1$$

$$V_{captadores} = N_{captadores} \cdot V_{interior_{captador}}$$

Del catálogo del captador se obtiene que el volumen interior de cada captador es de 1,27 litros, por tanto:

$$V_{\text{captadores}} = 30 \text{ captadores} \cdot 1,27 \frac{\text{litros}}{\text{captador}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}} = 0,0381 \text{ m}^3$$

Para el cálculo del volumen de las tuberías se ha hecho uso de la herramienta Excel, a partir de la *Tabla 11* y la *Tabla 8*, calculando el volumen de cada tramo para poder calcular el sumatorio total:

	L	D	Volumen
Tramo	(m)	(")	(m3)
T1	112,7356	1	0,0571
T2	11,4091	0,75	0,0033
T3	6,5	0,75	0,0019
T4	4,9091	0,75	0,0014
T5	11,4091	0,75	0,0033
T6	6,5	1	0,0033
Volumen total tuberías			0,0702

Tabla 13. Volumen total de tuberías.

Por tanto:

$$V_{\text{tuberías}} = 0,0702 \text{ m}^3$$

El volumen de los interacumuladores viene dado por la capacidad del serpentín de su interior. En el catálogo del modelo elegido para la instalación (MXV-2500-SSB) viene establecido que dicha capacidad es de 35 litros. Como la instalación cuenta con dos interacumuladores en serie del mismo modelo, la capacidad total será de 70 litros, es decir:

$$V_{\text{interacumuladores}} = 0,07 \text{ m}^3$$

Por tanto, el volumen total será:

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= (V_{\text{captadores}} + V_{\text{tuberías}} + V_{\text{interacumuladores}}) \cdot 1,1 = \\ &= (0,0381 + 0,0702 + 0,07) \cdot 1,1 = \mathbf{0,19613 \text{ m}^3} = \mathbf{196,13 \text{ litros}} \end{aligned}$$

Seguidamente, se calculará el coeficiente de expansión, que es siempre positivo y menor que la unidad:

$$C_e = (-1,75 + 0,064 \cdot T + 0,0036 \cdot T^2) \cdot 0,001 \cdot f_c$$

Siendo:

- T : Temperatura del fluido que circula por el tramo donde se encuentra el vaso de expansión (60°C).
- f_c : factor corrector mezcla agua-glicol.

$$f_c = a \cdot (1,8 \cdot T + 32)^b$$

$$a = -0,0134 \cdot (G^2 - 143,8 \cdot G + 1918,2)$$

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

$$\text{Porcentaje de glicol en agua} \equiv G = 24$$

Por tanto:

$$a = 12,82$$

$$b = -0,418$$

$$f_c = 1,625$$

El valor del coeficiente de expansión sería:

$$C_e = 0,02446$$

Por último, se calcula el coeficiente de presión, mediante la ley de los gases perfectos para variaciones de volumen a temperatura constante. Dicho coeficiente viene definido por la siguiente ecuación:

$$C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m}$$

Siendo:

- P_M : Presión máxima del vaso de expansión.
- P_m : Presión mínima del vaso de expansión.

Según el IDAE, la presión máxima se calculará a partir de la presión de tarado de la válvula de seguridad. Dicha presión de tarado será menor o igual a la presión máxima de servicio de los componentes de la instalación, que en este caso es de 8 bar (tanto captadores como interacumulador). Por tanto, para obtener la presión máxima hay que considerar el 90% de la máxima presión de los componentes de la instalación en presión manométrica (7 bar) y pasarla a presión absoluta, es decir:

$$P_M = 0,9 \cdot P_{vs} + 1 = 0,9 \cdot 7 + 1 = 7,3 \text{ bar}$$

Para el cálculo de la presión mínima hay que tener en cuenta la diferencia de altura entre el vaso de expansión y el campo de captadores, garantizando una presión mínima de llenado de 0,5 bar. El vaso de expansión se colocará en la sala de máquinas, en el sótano, existiendo una diferencia de altura entre captadores y vaso de 18,85 metros, por tanto:

$$P_0 = 18,85 \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ bar}}{10,21 \text{ mca}} + 0,5 \text{ bar} = 2,35 \text{ bar}$$

Pasando dicho valor a presión absoluta se obtiene la presión mínima:

$$P_m = P_0 + 1 = 3,35 \text{ bar}$$

Por tanto, el coeficiente de presión sería:

$$C_p = \frac{7,3}{7,3 - 3,35} = 1,85$$

Finalmente, se obtiene el volumen del vaso de expansión:

$$V_{vaso} = V_{total} \cdot C_e \cdot C_p$$

$$V_{vaso} = 196,13 \cdot 0,02446 \cdot 1,85 = 8,9 \text{ litros}$$

Así, se seleccionará el vaso de expansión de la marca IBAIONDO, modelo 12-SMF, con capacidad para 12 litros y una presión máxima de 10 bar.



Figura 27. Vaso de expansión IBAIONDO, modelo 12-SMF.

2.9 Cálculo del sistema de energía auxiliar.

Como se ha venido comentando a lo largo de todo el proyecto, habrá ocasiones en las que la radiación solar no será suficiente, por lo que es necesario contar con un sistema de apoyo energético auxiliar para cubrir totalmente la demanda energética del edificio.

El sistema de energía auxiliar, en el caso de este proyecto, será una caldera de condensación a gas, con gas natural como combustible, que contará con su interacumulador auxiliar correspondiente.

2.9.1 Interacumulador auxiliar.

En primer lugar, es necesario calcular el volumen de acumulación convencional. Para ello, se necesita conocer el caudal total instalado en el albergue. El CTE proporciona en la *Tabla 14* las condiciones mínimas de suministro de ACS a los diferentes aparatos existentes en una instalación.

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Tabla 14. Caudal instantáneo mínimo de ACS en función de los distintos tipos de aparatos.

El caudal total instalado es la suma de todos los puntos de consumo que existen en el edificio. En la *Tabla 15* aparece dicha suma, ofreciendo el caudal total de ACS. Una vez calculado el caudal total instalado, se calcula el caudal simultáneo, que viene definido por la norma UNE 149201:2017, tal y como se puede ver en la *Tabla 16*.

Tipo de aparato	Caudal mínimo de ACS (l/s)	Nº de aparatos	Subtotal (l/s)
Lavabo	0,1	67	4,4
Lavadora Industrial	0,4	6	2,4
Fregadero	0,2	9	1,8
Ducha	0,1	24	2,4
Lavavajillas	0,2	1	0,2
Total (l/s)			11,2

Tablas 15. Caudal total de ACS en la instalación.

Siendo:

- Q_t : Caudal total instalado.
- Q_c : Caudal simultáneo.

Por tanto, suponiendo que el tipo de edificación que más se asemeja a un albergue es un hotel, la ecuación que define al caudal simultáneo sería:

$$Q_c = 0,698 \cdot Q_t^{0,5} - 0,12$$

Tipo de Edificación	$Q_t > 20 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$		
		Si todo $Q_{\min} < 0,5 \text{ l/s}$	Si algún $Q_{\min} \geq 0,5 \text{ l/s}$	
			$Q_t \leq 1 \text{ l/s}$	$Q_t > 1 \text{ l/s}$
Edificios de viviendas	$Q_c = 1,7 \times (Q_t)^{0,21} - 0,7$	$Q_c = 0,682 \times (Q_t)^{0,45} - 0,14$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = 1,7 \times (Q_t)^{0,21} - 0,7$
Edificios de oficinas, estaciones, aeropuertos	$Q_c = 0,4 \times (Q_t)^{0,54} + 0,48$			
Edificios de hoteles, discotecas, museos	$Q_c = 1,08 \times (Q_t)^{0,5} - 1,83$	$Q_c = 0,698 \times (Q_t)^{0,5} - 0,12$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = (Q_t)^{0,366}$
Edificios de centros comerciales	$Q_c = 4,3 \times (Q_t)^{0,27} - 6,65$			
Edificios de hospitales	$Q_c = 0,25 \times (Q_t)^{0,65} + 1,25$			

Tipo de Edificación	$Q_t > 20 \text{ l/s}$	$Q_t \leq 20 \text{ l/s}$	
		$Q_t \leq 1,5 \text{ l/s}$	$Q_t > 1,5 \text{ l/s}$
Edificios de escuelas, polideportivos	$Q_c = -22,5 \times (Q_t)^{-0,5} + 11,5$	$Q_c = Q_t$	$Q_c = 4,4 \times (Q_t)^{0,27} - 3,41$

Tabla 16. Cálculo del caudal simultáneo según la norma UNE 149201.

Por tanto:

$$Q_c = 2,216 \text{ litros/s}$$

Finalmente, calculamos el volumen de acumulación, que viene dado por la siguiente ecuación:

$$V = Q_c \cdot t$$

- t : Tiempo de utilización. Suele estar entre 15 y 20 minutos. Se hará la estimación de 20 minutos.

$$V = 2,216 \frac{\text{litros}}{\text{s}} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \cdot 20 \text{ min} = 2659,2 \text{ litros}$$

Así, haciendo uso del mismo catálogo del interacumulador solar, se elige como interacumulador auxiliar el modelo MXV-3000-SSB de 3000 litros de capacidad.

2.9.2 Caldera auxiliar.

Para poder seleccionar la caldera es necesario conocer su potencia nominal útil, que viene definida por la siguiente expresión:

$$P_{\text{útil}} = V \cdot C_p \cdot \frac{T_{ACS} - T_{af}}{t_{prep}}$$

Siendo:

- V : Volumen del depósito auxiliar.
- C_p : Calor específico del agua supuesto constante.
- T_{ACS} : Temperatura de distribución del agua caliente.

- T_{af} : Temperatura de distribución del agua fría. Se usará la temperatura de los meses más fríos al ser el caso más desfavorable (11°C).
- t_{prep} : Tiempo de preparación. Se supone igual a 1 hora.

Por tanto, la potencia nominal útil sería:

$$P_{\text{útil}} = 3000 \text{ litros} \cdot 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \frac{(60 - 11)\text{K}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = \mathbf{171,1 \text{ kW}}$$

Una vez calculada la potencia útil, es conveniente aplicar un coeficiente de seguridad para tener en cuenta las posibles pérdidas térmicas que se puedan suceder durante el transporte y almacenamiento auxiliar del fluido. Dicho coeficiente según el IDAE valdrá entre 1,25 y 1,3.

Así, la caldera a seleccionar ha de tener una potencia de:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{útil}} \cdot 1,3 = \mathbf{222,42 \text{ kW}}$$

La caldera elegida será de la marca VIESSMANN. Se trata de una caldera de condensación a gas, modelo Vitocrossal 100 CI 280, la cual se puede ver en la *Figura 28* y cuyas características principales son:

- Potencia térmica nominal =264 kW.
- Dimensiones (Longitud·Ancho·Alto) = 1090·750·1500 mm.
- Peso = 385 kg.
- Contenido de agua =180 litros.
- Presión máxima de servicio = 6 bar.



Figura 28. Caldera Vitocrossal 100 CI 280.

2.9.3 Bomba de circulación auxiliar.

El caudal del sistema auxiliar será el caudal simultáneo calculado para el dimensionado del interacumulador auxiliar; es decir:

$$Q_{aux} = 2,216 \text{ litros/s} = 7977,6 \text{ litros/h}$$

A partir de este caudal, y de la pérdida de carga en el circuito, que equivale a 36,2 kPa, se dimensiona la bomba de circulación del sistema auxiliar. En la *Tabla 17* aparecen todas las pérdidas calculadas, con los diferentes datos del único tramo que compone al sistema de energía auxiliar:

	V	L	D	Dp _t	L _{acc}	Dp _t	Dp _{acc}	Dp _{ut}	Dp _{tot}	Velocidad
Tramo	(L/h)	(m)	(")	(Pa/m)	(m)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(m/s)
T0	7977,6	10,5327	2	222,3	21,76	2,3	4,8	29,0	36,2	1,1

Tabla 17. Pérdidas de carga y datos del tramo de tubería del sistema auxiliar.

La bomba seleccionada será de la marca Wilo, concretamente el modelo VeroLine IPL 25/85-0.18/2, el cual podemos ver en la *Figura 29*:



Figura 29. Bomba Wilo, modelo VeroLine IPL 25/85-0.18/2.

2.9.4 Vaso de expansión auxiliar.

Para el dimensionado del vaso de expansión del sistema auxiliar, al igual que para el del circuito primario, se seguirá la norma UNE 100155: Diseño y cálculo de sistemas de expansión.

El volumen del vaso de expansión se calcula según la siguiente ecuación:

$$V_{vaso} = V_{total} \cdot C_e \cdot C_p$$

Atendiendo a las mismas ecuaciones y los mismos cálculos que en el caso del vaso de expansión del circuito primario, se obtienen los siguientes resultados:

- $V_{total} = (V_{tuberías} + V_{interacumulador}) \cdot 1,1 = (21,3 + 48) \cdot 1,1 = 76,23 \text{ litros.}$
- $C_e = (-1,75 + 0,064 \cdot T + 0,0036 \cdot T^2) \cdot 0,001 = 0,015.$
- $C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m} = \frac{7,3}{7,3 - 1,5} = 1,26$

Por tanto, el volumen del vaso de expansión auxiliar será:

$$V_{vaso} = 76,23 \cdot 0,015 \cdot 1,26 = 1,44 \text{ litros}$$

El modelo elegido será el 2-SMF, de la marca IBAIONDO, con una capacidad de 2 litros y una presión máxima de trabajo de 10 bar.



Figura 30. Vaso de expansión IBAIONDO, modelo 2-SMF.

2.10 Cálculo de espesores de aislamiento.

El espesor de aislamiento de los equipos que componen la instalación están especificados por los distintos fabricantes. En esta sección se calculará únicamente el espesor de aislamiento de las tuberías que componen el circuito primario.

Para obtener dichos espesores de aislamiento, se recurre al CTE y al RITE, que ofrecen los espesores en función del diámetro exterior, la temperatura máxima del fluido y de si la tubería es exterior o interior, tal y como se puede ver en la *Tabla 17* y la *Tabla 18*:

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 18. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios.

Así, a la vista de ambas tablas, considerando que el rango de temperaturas en el circuito primario estará entre 60°C y 100°C y que el diámetro exterior de las tuberías es menor o igual a 35 mm, se llegan a las siguientes conclusiones:

- Espesor de aislamiento de tuberías exteriores deberá ser de 35 mm, pero como estas tuberías tienen recorridos superiores a 25 metros, se aumenta el espesor de aislamiento 5 mm, tal y como establece el RITE. Por tanto:

$$e_{\text{aislamiento tuberías exteriores}} = 40 \text{ mm}$$

- Espesor de aislamiento de tuberías interiores será de 25 mm. Por tanto:

$$e_{\text{aislamiento tuberías interiores}} = 25 \text{ mm}$$

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

Tabla 19. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios.

2.11 Centralita de regulación.

Para la regulación del sistema se empleará una centralita de regulación. Dicha centralita activará o desactivará la bomba del circuito primario en función de la diferencia de temperatura entre la parte inferior del interacumulador y la salida del campo de captadores, tal y como se comentó en la memoria descriptiva. Por otra parte, también se encargará de activar y desactivar el sistema auxiliar (bombas y caldera) en función de la temperatura del interacumulador auxiliar.

El modelo elegido es LTDC-V3 con 4 sondas, de la marca Termicol. Sus principales características técnicas aparecen detalladas en el punto 1.8 de la memoria descriptiva.



Figura 31. Centralita de control LTDC-V3 con 4 sondas.

2.12 Accesorios.

En este apartado se incluyen todos los accesorios que conforman la instalación para que esta funcione de manera correcta y eficaz.

- Válvulas de retención: Se sitúa una a la salida del equipo de bombeo y en el sistema de llenado.
- Válvulas de corte: Se sitúan a la entrada y la salida de los diferentes equipos de la instalación.
- Válvulas de seguridad: Se sitúa una en el vaso de expansión.
- Purgadores: Puntos en los que puedan ser necesarios debido a la retención de aire.
- Filtros: Se sitúa uno en el sistema de llenado.
- Sondas de temperatura: Situadas a la salida del campo de captadores y en la parte inferior de cada interacumulador.
- Manómetros: Se sitúan en cada bomba de circulación.

3 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

3.1 Objeto.

El objeto del Pliego de Condiciones Técnicas es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir la instalación solar térmica de este proyecto para el calentamiento de ACS, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

Se definirán todos los materiales y componentes utilizados, el montaje de los equipos, las pruebas a realizar y la puesta en marcha, así como el mantenimiento necesario durante la vida útil de la instalación.

3.2 Normativa aplicable.

- Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas.
- Reglamento de Recipientes a Presión (RAP).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC.BT).
- Ordenanzas de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OSHT).
- Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA).
- Ley número 88/67 de 8 de noviembre: Sistema Internacional de Unidades de Medida SI.
- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Orden de 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los paneles solares.
- Orden ITC/71/2007, de 22-01-2007, por la que se modifica el anexo de la Orden 28-07-1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.
- Orden ITC/2761/2008, de 26 de septiembre, por la que se amplía el plazo establecido en la disposición transitoria segunda de la Orden ITC/71/2007, de 22 de enero, por la que se modifica el anexo de la Orden de 28 de julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.
- Normativa regional y local.

3.3 Normativa de consulta.

- UNE-EN 12975-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12975-2: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo.
- UNE-EN 12977-1: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12977-2: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo
- UNE-EN 12977-3: Sistemas solares térmicos y sus componentes. Parte 3: Caracterización del funcionamiento de acumuladores para las instalaciones de calefacción solares.
- UNE 94002: Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda de energía térmica.
- UNE 94003: Datos climáticos para el dimensionado de las instalaciones solares térmicas.
- Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- ISO 9488: Energía solar. Vocabulario.

Se considerará la edición más reciente de las normas antes mencionadas, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

3.4 Condiciones de materiales y equipos.

3.4.1 Captadores solares.

- **Generalidades**

El captador llevará en un lugar visible un etiqueta o placa visible y duradera, donde figuren los siguientes datos:

- Fabricante.
- Tipo.
- N° de serie.
- Año de fabricación.
- Superficie total del captador.
- Dimensiones del captador.
- Presión máxima de trabajo.
- Temperatura de estancamiento a $1000 W/m^2$ y $30^{\circ}C$.
- Capacidad del líquido.
- Peso del captador en vacío.

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia, según la legislación vigente.

Será necesaria la presentación de la certificación de los ensayos del captador realizados por laboratorio acreditado, así como las curvas de rendimiento obtenidas por el citado laboratorio.

Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

Si se utilizan captadores convencionales de absorbedor metálico, ha de tenerse en cuenta que el cobre solamente es admisible si el pH del fluido en contacto con él está comprendido entre 7,2 y 7,6. Los absorbedores de hierro no son aptos en absoluto.

La pérdida de carga del captador para un caudal de 1 l/min por m^2 será inferior a 1 m c.a.

El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación, de diámetro no inferior a 4 mm, situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de manera que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

Cuando se utilicen captadores con absorbedores de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro.

- **Conexiónado**

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante.

La superficie de una fila de captadores conexiónados en serie no será superior a 10 m². En caso de algunos usos industriales y refrigeración por absorción, si estuviese justificado, podrá elevarse a lo máximo permitido por el fabricante. En el caso de A.C.S., el número de captadores conexiónados en serie no será superior a lo fijado en la sección H4 (“Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”) del Código Técnico de la Edificación.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.

Se deberá prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

- **Estructura soporte**

Si el sistema posee una estructura soporte que es montada normalmente en el exterior, el fabricante deberá especificar los valores máximos de s_k (carga de nieve) y v_m (velocidad media de viento).

El sistema sólo podrá ser instalado en localizaciones donde los valores de s_k y v_m determinados sean menores que los valores máximos especificados por el fabricante.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y la posición relativa adecuadas, de forma que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante.

Los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre estos últimos.

3.4.2 Acumuladores.

- **Generalidades**

Los acumuladores para A.C.S. y las partes de acumuladores combinados que estén en contacto con agua potable, deberán cumplir los requisitos de UNE EN 12897.

Preferentemente, los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en zonas interiores.

Para aplicaciones combinadas con acumulación centralizada es obligatoria la configuración vertical del depósito, debiéndose además cumplir que la relación altura/diámetro del mismo sea mayor de dos.

En caso de que el acumulador esté directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria, deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario. El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60°C y hasta 70°C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como dispone el RD 865/2003, de 4 de julio.

En caso de aplicaciones para A.C.S. es necesario prever un conexionado puntual entre el sistema auxiliar y el solar de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar, para poder cumplir con las medidas de prevención de legionella. Se podrán proponer otros métodos de tratamiento anti-legionella.

Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 2 m³ deberán llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

El acumulador deberá indicar el tipo y las siguientes características:

- Volumen total.
- Dimensiones.
- Presión máxima de trabajo.
- Situación y diámetro de las bocas de conexión.
- Situación y especificación de los puntos de sujeción o apoyos.
- Temperatura máxima de trabajo.
- Tratamientos y protección.

- Material y espesor de aislamiento y características de su protección.

Por otra parte, el acumulador deberá llevar incorporado una placa o etiqueta de identificación con los siguientes datos:

- Fabricante.
- Contraseña y fecha de registro
- N° de fabricación.
- Volumen neto.
- Presión máxima de operación.

Cuando el acumulador lleve incorporada una superficie de intercambio térmico entre el fluido primario y el agua sanitaria, en forma de serpentín o camisa de doble envolvente, se denominará interacumulador.

Cuando el intercambiador esté incorporado al acumulador, la placa de identificación indicará además, los siguientes datos:

- Superficie de intercambio térmico en m^2 .
- Presión máxima de trabajo del circuito primario.

Cada acumulador vendrá equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:

- Manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.
- Registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.
- Manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario.
- Manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato.
- Manguito para el vaciado.

Los acumuladores vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior.

El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante, y es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástico.

Todos los acumuladores irán equipados con la protección catódica o anticorrosiva establecida por el fabricante para garantizar su durabilidad.

En general, podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamiento descritos a continuación:

- Acumuladores de acero vitrificado.
- Acumuladores de acero con tratamiento epoxídico.
- Acumuladores de acero inoxidable, adecuados al tipo de agua y temperatura de trabajo.
- Acumuladores de cobre.
- Acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.
- Acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, sin agua de consumo).

- **Varios acumuladores**

Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, éstos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados.

La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

3.4.3 Intercambiadores de calor.

Se indicará el fabricante y modelo del intercambiador de calor, así como datos de sus características de actuación medidos por el propio fabricante o por un laboratorio acreditado.

El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de trabajo de la instalación.

Los materiales del intercambiador de calor resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito primario y serán compatibles con el fluido de trabajo.

Los intercambiadores de calor utilizados en circuitos de agua sanitaria serán de acero inoxidable o cobre.

El diseño del intercambiador de calor permitirá su limpieza utilizando productos líquidos.

El fabricante del intercambiador de calor garantizará un factor de ensuciamiento menor al permitido en los Criterios de Dimensionado y Cálculo de Instalaciones de Energía Solar Térmica.

Los tubos de los intercambiadores de calor tipo serpentín sumergido en el depósito tendrán diámetros interiores inferiores o iguales a una pulgada, para instalaciones por circulación forzada. En instalaciones por termosifón, tendrán un diámetro mínimo de una pulgada.

Cualquier intercambiador de calor existente entre el circuito de captadores y el sistema de suministro al consumo no debería reducir la eficiencia del captador debido a un incremento en la temperatura de funcionamiento de captadores en más de lo que los siguientes criterios especifican:

- Cuando la ganancia solar del captador haya llegado al valor máximo posible, la reducción de la eficiencia del captador debido al intercambiador de calor no debería exceder el 10 % (en valor absoluto).
- Si se instala más de un intercambiador de calor, también este valor debería de no ser excedido por la suma de las reducciones debidas a cada intercambiador. El criterio se aplica también si existe en el sistema un intercambiador de calor en la parte de consumo.
- Si en una instalación a medida sólo se usa un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área de captador no debería ser menor de $40 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$.

La pérdida de carga de diseño en el intercambiador de calor no será superior a 3 m.c.a., tanto en el circuito primario como en el secundario.

3.4.4 Bombas de circulación.

La bomba de circulación deberá llevar incorporada una placa o etiqueta de identificación con los siguientes datos:

- Marca y modelo.
- Fabricante.
- N° de serie.
- Características eléctricas.

Las bombas podrán ser del tipo en línea, de rotor seco o húmedo, o de bancada. Siempre que sea posible se utilizarán bombas tipo circuladores en línea.

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.

Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas.

Las bombas serán resistentes a la presión máxima del circuito.

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

Cuando todas las conexiones son en paralelo, el caudal nominal será el igual al caudal unitario de diseño multiplicado por la superficie total de captadores conectados en paralelo.

La presión de la bomba deberá compensar todas las pérdidas de carga del circuito correspondiente.

La potencia eléctrica parásita para la bomba no debería exceder los siguientes valores:

- Sistemas pequeños: 50 W o 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores.
- Sistemas grandes: 1% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores.

3.4.5 Tuberías.

En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embreadas.

En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. Además, podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y uniones por capilaridad (UNE 37153).

No se utilizarán tuberías de acero negro para circuitos de agua sanitaria.

Cuando se utilice aluminio en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 1,5 m/s y su pH estará comprendido entre 5 y 7. No se permitirá el uso de aluminio en sistemas abiertos o sistemas sin protección catódica.

Cuando se utilice acero en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y el pH del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9.

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.

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 por metro lineal.

Las pérdidas térmicas globales del conjunto de conducciones no superarán el 4% de la potencia máxima que transporten.

Todas las redes de tuberías deben diseñarse de tal manera que puedan vaciarse de forma parcial y total, a través de un elemento que tenga un diámetro nominal mínimo de 20 mm.

3.4.6 Válvulas.

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

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvulas de resorte.
- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta o especiales para sistemas por termosifón.

En el cuerpo de la válvula irán troquelados la presión nominal PN, expresada en bar o kp/cm², y el diámetro nominal DN, expresado en mm o pulgadas, al menos cuando el diámetro sea igual o superior a 25 mm.

La presión nominal mínima de todo tipo de válvulas y accesorios deberá ser igual o superior a 4 kp/cm².

Los diámetros libres en los asientos de las válvulas tienen que ser correspondientes con los diámetros nominales de las mismas, y en ningún caso inferiores a 12 mm.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Las válvulas de retención se situarán en la tubería de impulsión de la bomba, entre la boca y el manguito anti-vibratorio, y en cualquier caso, aguas arriba de la válvula de interceptación.

Los purgadores automáticos de aire se construirán con los siguientes materiales:

- Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.
- Mecanismo de acero inoxidable.
- Flotador y asiento de acero inoxidable.
- Obturador de goma sintética.

Los purgadores automáticos resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito.

3.4.7 Vasos de expansión.

Los vasos de expansión serán siempre cerrados. Llevarán incorporada una placa o etiqueta de identificación con los siguientes datos:

- Fabricante.
- Marca.
- Modelo.

Los datos que sirven de base para la selección del vaso son los siguientes:

- Volumen total de agua en la instalación, en litros.
- Temperatura mínima de funcionamiento, para la cual se asumirá el valor de 4°C, a la que corresponde la máxima densidad.
- Temperatura máxima que pueda alcanzar el agua durante el funcionamiento de la instalación.
- Presiones mínima y máxima de servicio, en bar, cuando se trate de vasos cerrados.
- Volumen de expansión calculado, en litros.

Los cálculos darán como resultado final el volumen total del vaso y la presión nominal PN, que son los datos que definen sus características de funcionamiento. Los vasos de expansión cerrados cumplirán con el Reglamento de Recipientes a Presión y estarán debidamente timbrados.

La temperatura extrema del circuito primario será, como mínimo, la temperatura de estancamiento del captador.

El volumen de dilatación será, como mínimo, igual al 4,3 % del volumen total de fluido en el circuito primario.

Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío en el punto más alto del circuito no sea inferior a 1,5 kp/cm² y la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo de los componentes.

Se recomienda 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 (vaso tampón, tubería de enfriamiento, etc.). Para que no llegue al vaso fluido a temperatura superior a la que el mismo pueda soportar.

En casos de fugas, los vasos de expansión deberían presurizarse con nitrógeno puro. El uso de aire no es aconsejable porque puede reducir la vida útil.

El cuerpo exterior del depósito será de acero, timbrado y estará 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, por la 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 de aire con purgador manual y automático.

3.4.8 Aislamiento.

El espesor mínimo del aislamiento de acumuladores será el que corresponda a las tuberías de más de 140 mm de diámetro.

El espesor del aislamiento del cambiador de calor no será inferior a 30 mm.

El material aislante se sujetará con medios adecuados, de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios.

Cuando el material aislante de tubería y accesorios sea de fibra de vidrio, deberá cubrirse con una protección no inferior a la proporcionada por un recubrimiento de venda y escayola. En los tramos que discurran por el exterior será terminada con pintura asfáltica u otra protección de características equivalentes.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

Para la protección del material aislante situado en intemperie se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio. En el caso de depósitos o cambiadores de calor situados en intemperie, podrán utilizarse forros de telas plásticas.

3.4.9 Purga de aire.

En general, el trazado del circuito evitará los caminos tortuosos, para favorecer el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos.

Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1 % en el sentido de circulación.

Si el sistema está equipado con líneas de purga, deberán ser colocadas de tal forma que no se puedan helar y no se pueda acumular agua en las líneas. Los orificios de descarga deberán estar

dispuestos de tal forma que el vapor o el medio de transferencia de calor que salga por las válvulas de seguridad no cause ningún riesgo a las personas, materiales o medio ambiente.

Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deberán soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador, y en cualquier caso hasta 130 °C.

3.4.10 Sistema de llenado.

Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. En general es recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga u otro dispositivo.

En cualquier caso, nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red si sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito, o si este circuito necesita anticongelante por riesgo de heladas o cualquier otro aditivo para su correcto funcionamiento.

Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo.

Para disminuir los riesgos de fallos se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados y la entrada de aire que pueda aumentar los riesgos de corrosión originados por el oxígeno del aire. Es aconsejable no usar válvulas de llenado automáticas.

3.4.11 Sistema eléctrico y de control.

El sistema eléctrico y de control cumplirá con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) en todos aquellos puntos que sean de aplicación. Los cuadros serán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

El usuario estará protegido contra posibles contactos directos e indirectos.

El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de la alimentación del sistema del funcionamiento de bombas.

Los sensores de temperaturas soportarán las máximas temperaturas previstas en el lugar en que se ubiquen. Deberán soportar sin alteraciones de más de 1 °C, para A.C.S y calefacción por suelo radiante y “fan-coil”, temperaturas de 100°C.

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la misma. Para conseguirlo en el caso de las de inmersión, se instalarán en contracorriente con el fluido. Los sensores de temperatura deberán estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y

evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos. No se permite el uso permanente de termómetros o sondas de contacto.

Preferentemente, las sondas serán de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica.

3.4.12 Equipos de medida.

- **Medida de temperatura**

Las medidas de temperatura se realizarán mediante sensores de temperatura.

La medida de la diferencia de temperatura entre dos puntos del fluido de trabajo se realizará mediante los citados sensores de temperatura, debidamente conectados, para obtener de forma directa la lectura diferencial.

En lo referente a la colocación de las sondas, han de ser de inmersión y estar situadas a una distancia máxima de 5 cm del fluido cuya temperatura se pretende medir. Las vainas destinadas a alojar las sondas de temperatura, deben introducirse en las tuberías siempre en contracorriente y en un lugar donde se creen turbulencias.

Como mínimo, han de instalarse termómetros en las conducciones de impulsión y retorno, así como a la entrada y a la salida de los intercambiadores de calor.

- **Medida de caudal**

La medida de caudales de líquidos se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnéticos, medidores de flujo de desplazamiento positivo, o procedimientos gravimétricos o de cualquier otro tipo, de forma que la precisión sea igual o superior a $\pm 3\%$ en todos los casos.

Cuando exista un sistema de regulación exterior, éste estará precintado y protegido contra intervenciones fraudulentas.

Se suministrarán los siguientes datos, que deberán ser facilitados por el fabricante:

- Calibre del contador.
- Temperatura máxima del fluido.
- Caudales: en servicio continuo, máximo (durante alguno minutos), mínimo (con precisión mínima del 5%) y de arranque.
- Indicación mínima de la esfera.
- Capacidad máxima de totalización.
- Presión máxima de trabajo.
- Dimensiones.
- Diámetro y tipo de las conexiones.
- Pérdida de carga en función del caudal.

Cuando exista, el medidor se ubicará en la entrada de agua fría del acumulador solar.

- **Medida de energía**

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

- Contador de caudal de agua, descrito anteriormente.
- Dos sondas de temperatura.
- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado.

En función de la ubicación de las dos sondas de temperatura, se medirá la energía aportada por la instalación solar o por el sistema auxiliar. En el primer caso, una sonda de temperatura se situará en la entrada del agua fría del acumulador solar y otra en la salida del agua caliente del mismo.

Para medir el aporte de energía auxiliar, las sondas de temperatura se situarán en la entrada y salida del sistema auxiliar.

El microprocesador podrá estar alimentado por la red eléctrica o mediante pilas, con una duración de servicio mínima de 3 años.

El microprocesador multiplicará la diferencia de ambas temperaturas por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionará la cantidad de energía aportada.

- **Medida de presión**

Las medidas de presión en circuitos de líquidos se harán con manómetros equipados con dispositivos de amortiguación de las oscilaciones de la aguja indicadora.

El equipamiento mínimo de aparatos de medición será el siguiente:

- Vasos de expansión: un manómetro.
- Bombas: un manómetro para la lectura de la diferencia de presión entre aspiración y descarga de cada bomba.
- Intercambiadores de calor: manómetros a la entrada y a la salida.

3.5 Provisión del material.

Los componentes instalados deberán ser de marcas acreditadas y en su caso homologados, para que ofrezcan las máximas garantías posibles.

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.

Los captadores, por su especial fragilidad, deberán ser suministrados apilados sobre una base de madera adecuada para su traslado mediante carretilla elevadora.

En el supuesto de que los captadores una vez desembalados deban quedarse temporalmente a la intemperie, se colocaran con un Angulo mínimo de 20° y máximo de 80°.

3.6 Condiciones de montaje.

- **Generalidades**

La instalación se construirá en su totalidad utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento.

Se tendrán en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de cada uno de los componentes.

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.

- **Montaje de estructura soporte y captadores**

Si los captadores son instalados en los tejados de edificios, deberá asegurarse la estanqueidad en los puntos de anclaje.

La instalación permitirá el acceso a los captadores de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura, pudiendo desmontar cada captador con el mínimo de actuaciones sobre los demás.

Las tuberías flexibles se conectarán a los captadores utilizando, preferentemente, accesorios para mangueras flexibles.

Cuando se monten tuberías flexibles se evitará que queden retorcidas y que se produzcan radios de curvatura superiores a los especificados por el fabricante.

El suministrador evitará que los captadores queden expuestos al sol por períodos prolongados durante el montaje. En este período las conexiones del captador deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad.

Terminado el montaje, durante el tiempo previo al arranque de la instalación, si se prevé que éste pueda prolongarse, el suministrador procederá a tapar los captadores.

- **Montaje de acumulador**

La estructura soporte para depósitos y su fijación se realizará según la normativa vigente.

La estructura soporte y su fijación para depósitos de más de 1000 l situados en cubiertas o pisos deberá ser diseñada por un profesional competente. La ubicación de los acumuladores y sus estructuras de sujeción cuando se sitúen en cubiertas de piso tendrá en cuenta las características de la edificación, y requerirá para depósitos de más de 300 l el diseño de un profesional competente.

- **Montaje de bomba**

Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser fácilmente desmontado. El acoplamiento de una bomba en línea con la tubería podrá ser de tipo roscado hasta el diámetro DN 32.

El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos.

La conexión de las tuberías a las bombas no podrá provocar esfuerzos recíprocos (se utilizarán manguitos anti-vibratorios cuando la potencia de accionamiento sea superior a 700 W).

Todas las bombas estarán dotadas de tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.

Todas las bombas deberán protegerse, aguas arriba, por medio de la instalación de un filtro de malla o tela metálica.

- **Montaje de tuberías y accesorios**

Antes del montaje deberá comprobarse que las tuberías no estén rotas, fisuradas, dobladas, aplastadas, oxidadas o de cualquier manera dañadas.

Se almacenarán en lugares donde estén protegidas contra los agentes atmosféricos. En su manipulación se evitarán roces, rodaduras y arrastres, que podrían dañar la resistencia mecánica, las superficies calibradas de las extremidades o las protecciones anti-corrosión.

Las piezas especiales, manguitos, gomas de estanqueidad, etc. se guardarán en locales cerrados.

Las tuberías serán instaladas de forma ordenada, utilizando fundamentalmente tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a elementos estructurales del edificio, salvo las pendientes que deban darse.

Las tuberías se instalarán lo más próximas posible a paramentos, dejando el espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios. En cualquier caso, la distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será de 5 cm.

Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente.

La distancia en línea recta entre la superficie exterior de la tubería, con su eventual aislamiento, y la del cable o tubo protector no debe ser inferior a:

- 5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1000 V.
- 30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1000 V.
- 50 cm para cables con tensión superior a 1000 V.

Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos, como cuadros o motores.

No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos.

Las conexiones de componentes al circuito deben ser fácilmente desmontables mediante bridas o racores, con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

Los cambios de sección en tuberías horizontales se realizarán de forma que se evite la formación de bolsas de aire, mediante manguitos de reducción excéntricos o enrasado de generatrices superiores para uniones soldadas.

Para evitar la formación de bolsas de aire, los tramos horizontales de tubería se montarán siempre con una pendiente ascendente, en el sentido de circulación, del 1 %.

Se facilitarán las dilataciones de tuberías utilizando los cambios de dirección o dilatadores axiales.

Las uniones de tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas. Las uniones con valvulería y equipos podrán ser roscadas hasta 20; para diámetros superiores se realizarán las uniones por bridas.

En ningún caso se permitirán ningún tipo de soldadura en tuberías galvanizadas.

Las uniones de tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad.

En circuitos abiertos el sentido de flujo del agua deberá ser siempre del acero al cobre.

El dimensionado, distancias y disposición de los soportes de tubería se realizará de acuerdo con las prescripciones de UNE 100.152.

Durante el montaje de las tuberías se evitarán en los cortes para la unión de tuberías, las rebabas y escorias.

En las ramificaciones soldadas el final del tubo ramificado no debe proyectarse en el interior del tubo principal.

Los sistemas de seguridad y expansión se conectarán de forma que se evite cualquier acumulación de suciedad o impurezas.

Las dilataciones que sufren las tuberías al variar la temperatura del fluido, deben compensarse a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y aparatos, donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción.

En las salas de máquinas se aprovecharán los frecuentes cambios de dirección, para que la red de tuberías tenga la suficiente flexibilidad y pueda soportar las variaciones de longitud.

En los trazados de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, se compensarán los movimientos de tuberías mediante dilatadores axiales.

- **Montaje de aislamiento**

El aislamiento no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio.

El manguito pasamuros deberá tener las dimensiones suficientes para que pase la conducción con su aislamiento, con una holgura máxima de 3 cm.

Tampoco se permitirá la interrupción del aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltos por el material aislante.

El puente térmico constituido por el mismo soporte deberá quedar interrumpido por la interposición de un material elástico (goma, fieltro, etc.) entre el mismo y la conducción.

Después de la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y de control, así como válvulas de desagües, volante, etc., deberán quedar visibles y accesibles.

Las franjas y flechas que distinguen el tipo de fluido transportado en el interior de las conducciones se pintarán o se pegarán sobre la superficie exterior del aislamiento o de su protección.

3.7 Pruebas, puesta en marcha y recepción.

- **Generalidades**

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 debería 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, 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 la misma es correcto, cuando la instalación satisfaga como mínimo las pruebas parciales incluidas en el presente capítulo.

- **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.

- Pruebas de 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 deberían 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 a UNE-EN 14336:2005, en función del tipo de fluido transportado.
- Pruebas de 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 llevaran 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.

- **Pruebas finales**

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

Se considerarán aceptables, las pruebas finales que se realicen siguiendo las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN 12599.

Las pruebas de libre dilatación y las pruebas finales de la instalación solar se realizaran 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.

- **Ajuste 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.

- Sistema 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.

- **Recepción**

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

- Recepción provisional: 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 formado 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 debería ser, al menos, la siguiente:

- Memoria descriptiva de la instalación, en que se incluyen las bases del 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 indicado 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.

Desde el acta de recepción provisional, la propiedad podrá y deberá notificar cualquier incidencia en el funcionamiento de la instalación.

- Recepción definitiva: 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.

3.8 Mantenimiento.

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente.

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.

- **Plan de vigilancia**

El plan de vigilancia se refiere básicamente 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. Será llevado a cabo, normalmente, por el usuario, que asesorado por el instalador, observará el correcto comportamiento y estado de los elementos, y tendrá un alcance similar al descrito en la *Tabla 19*:

<i>Elemento de la instalación</i>	<i>Operación</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Captadores	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados.
	Cristales	3	IV - Condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV - Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV - Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV - Fugas.
	Estructura	3	IV - Degradación, indicios de corrosión.
Circuito primario	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV - Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
Circuito secundario	Termómetro	Diaria	IV - Temperatura.
	Tubería y aislamiento	6	IV - Ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte superior del depósito.

Tabla 20. Plan de vigilancia.

- **Plan de mantenimiento preventivo**

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

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

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico especializado que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas, así como el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

En las *Tablas 20, 21, 22, 23, 24 y 25* se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y descripciones en relación con las prevenciones a observar.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Captadores	6	IV- Diferencias sobre original.
		IV- Diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV- Condensaciones y suciedad.
Juntas	6	IV- Agrietamientos, deformaciones.
Absorbedor	6	IV- Corrosión, deformaciones.
Carcasa	6	IV- Deformación, oscilaciones, ventanas de respiración.
Conexiones	6	IV- Aparición de fugas.
Estructura	6	IV- Degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos.
Captadores (*)	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Llenado parcial del campo de captadores

Tabla 21. Mantenimiento preventivo en sistema de captación.

(*) Estas operaciones se realizarán, según proceda, en el caso de que se haya optado por el tapado o vaciado parcial de los captadores para prevenir el sobrecalentamiento.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo.
Ánodos de sacrificio	12	Comprobación del desgaste.
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento.
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad.

Tabla 22. Mantenimiento preventivo en sistema de acumulación.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Intercambiador de placas	12	CF - Eficiencia y prestaciones.
	12	Limpieza.
Intercambiador de serpentín	12	CF - Eficiencia y prestaciones.
	12	Limpieza.

Tabla 23. Mantenimiento preventivo en sistema de intercambio.

CF: Control de funcionamiento.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH.
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión.
Aislamiento al exterior	6	IV - Degradación protección uniones y ausencia de humedad.
Aislamiento al interior	12	IV - Uniones y ausencia de humedad.
Purgador automático	12	CF y limpieza.
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín.
Bomba	12	Estanqueidad.
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión.
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel.
Sistema de llenado	6	CF - Actuación.
Válvula de corte	12	CF - Actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento.
Válvula de seguridad	12	CF - Actuación.

Tabla 24. Mantenimiento preventivo en circuito hidráulico.

CF: Control de funcionamiento.

IV: Inspección visual.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está bien cerrado para que no entre polvo.
Control diferencial	12	CF - Actuación.
Termostato	12	CF - Actuación.
Verificación del sistema de medida	12	CF - Actuación.

Tabla 25. Mantenimiento preventivo en sistema eléctrico y de control.

CF: Control de funcionamiento.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Sistema auxiliar	12	CF- Actuación.
Sondas de temperatura	12	CF- Actuación.

Tabla 26. Mantenimiento preventivo en sistema de energía auxiliar.

CF: Control de funcionamiento.

Dado que el sistema de energía auxiliar no forma parte del sistema de energía solar propiamente dicho, sólo será necesario realizar actuaciones sobre las conexiones del primero a este último, así como la verificación del funcionamiento combinado de ambos sistemas. Se deja un mantenimiento más exhaustivo para la empresa instaladora del sistema auxiliar.

- **Mantenimiento correctivo**

Son operaciones realizadas como consecuencia de la detección de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación, en el plan de vigilancia o en el de mantenimiento preventivo.

Incluye la visita a la instalación, en los mismos plazos máximos indicados en el apartado de Garantía, cada vez que el usuario así lo requiera por avería grave de la instalación, así como el análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.

Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias.

3.9 Garantía.

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje.

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con las mismas. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo o contratar a un tercero para realizar las oportunas reparaciones, sin perjuicio de la ejecución del aval prestado y de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

El suministrador atenderá el aviso en un plazo de:

- 24 horas, si se interrumpe el suministro de agua caliente, procurando establecer un servicio mínimo hasta el correcto funcionamiento de ambos sistemas (solar y de apoyo).
- 48 horas, si la instalación solar no funciona.
- una semana, si el fallo no afecta al funcionamiento.

4 MEDICIONES Y PRESUPUESTO

4.1 Sistema de captación.

Nº ORD	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD / €	UNIDADES	PRECIO TOTAL / €
1.1	Captador Solar T25US o similar TERMICOL Dimensiones: 2,13x1,2 metros. Área neta: 2,4 m ² . Peso: 39 kg. V=1,27 litros. Rendimiento óptico: 80% Caudal óptico: $40 \frac{\text{litros}}{\text{h}\cdot\text{m}^2}$ Coef. de pérdidas K1: 3,93 (W/Km ²) Coef. de pérdidas K2: 0,026 (W/Km ²) Término lineal para caída de presión: 2,329 Término lineal para caída de presión: 3,611	550	30	16500
1.2	Soporte Vertical T25US o similar TERMICOL Capacidad 5 unidades. Cubierta plana. Material: Acero galvanizado.	535	6	3210
1.3	Anticongelante "Fluidosol" Garrafa de 5 L.	180	5	900
TOTAL				20610

4.2 Sistema de acumulación e intercambio.

Nº ORD	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD / €	UNIDADES	PRECIO TOTAL / €
2.1	Interacumulador LAPESA MXV-2500-SSB o similar Capacidad: 2500 L. Material: Acero inoxidable. Temperatura máxima de trabajo: 90°C Presión máxima de trabajo: 8 bar. Aislamiento térmico: PU rígido inyectado en molde. Superficie de intercambio: 6,1 m ²	13374	2	26748
TOTAL				26748

4.3 Sistema hidráulico.

Nº ORD	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD / €	UNIDADES	PRECIO TOTAL / €
3.1	Bomba de circulación GRUNDFOS SCALA2 3-45A o similar Caudal calculado: 1440 L/h Altura de la bomba: 47,9 kPa Presión de trabajo máxima: 10 bar Tensión nominal: 1x200-240 V Carga nominal: 0,5 kW.	598	2	1196
3.2	Vaso de expansión IBAIONDO 12-SMF o similar Capacidad: 12 litros. Presión máxima: 10 bar.	26,44	1	26,44
3.3	Tubería cobre rígido 1" Norma EN 12735-1-2001 Salvador Escoda S.A.	11,63 €/metros	120 metros	1395,6
3.4	Tubería cobre rígido 3/4" Norma EN 12735-1-2001 Salvador Escoda S.A.	8,59 €/metros	35 metros	300,65
3.5	Codo 90° 1"	6,11	17	103,87
3.6	Codo 90° 3/4"	4,87	13	63,31
3.7	T de 1" x3/4"x3/4"	15,47	2	30,94
3.8	T de 3/4"	14,25	2	28,5
3.9	Válvula de corte 3/4"	7,76	12	93,12
3.10	Válvula de corte 1"	13,15	20	263
3.11	Filtro de asiento inclinado GENEBRE	55,08	1	55,08
3.12	Válvula de seguridad 1" Salvador Escoda S.A.	28,75	1	28,75
3.13	Válvula de retención 1" Salvador Escoda S.A.	8,01	3	24,03
3.14	Purgador de aire GENEBRE	12,12	1	12,12
3.15	Aislamiento Coquillas Armacell Modelo: Armaflex XG Diámetro: 1" Espesor 40 mm	16,64 €/metros	70,57 metros	1174,28
3.16	Aislamiento Coquillas Armacell Modelo: Armaflex XG Diámetro: 3/4" Espesor 40 mm	15,81 €/metros	34,23 metros	541,18
3.17	Aislamiento Coquillas	6,85 €/metros	44,42 metros	304,28

	Armacell Modelo: Armaflex XG Diámetro: 1" Espesor 25 mm			
TOTAL				5641,15

4.4 Sistema auxiliar.

Nº ORD	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD / €	UNIDADES	PRECIO TOTAL / €
4.1	Caldera de condensación a gas VISSMANN Vitocrossal 100 CI 280 o similar Combustible: Gas Natural. Potencia térmica nominal: 264 kW Presión máxima de servicio: 6 bar. Peso: 385 kg	13480	1	13480
4.2	Interacumulador LAPESA MXV-3000-SSB o similar Capacidad: 3000 L. Material: Acero inoxidable. Temperatura máxima de trabajo: 90°C Presión máxima de trabajo: 8 bar. Aislamiento térmico: PU rígido inyectado en molde. Superficie de intercambio: 8,4 m2	14409	1	14409
4.3	Bomba de circulación WILO VeroLine IPL 25/85-0.18/2 o similar Caudal calculado: 7977,6 L/h Altura de la bomba: 29,4 kPa Presión de trabajo máxima: 10 bar Alimentación eléct.: 3~400V, 50Hz Potencia nominal: 0,12 kW.	1081	2	2162
4.4	Vaso de expansión IBAIONDO 2-SMF o similar Capacidad: 2 litros. Presión máxima: 10 bar.	17,34	1	17,34
4.5	Tubería cobre rígido 2" Norma EN 12735-1-2001 Salvador Escoda S.A.	31,92 €/metros	10,53 metros	336,12
4.6	Aislamiento Coquillas Armacell Modelo: Armaflex XG Diámetro: 2" Espesor 25 mm	11,47 €/metros	10,53 metros	120,78
4.7	Válvula de corte 2"	43,4	14	607,6

4.8	Válvula de retención 2” Salvador Escoda S.A.	57,21	2	114,42
4.9	Válvula de seguridad 2” Salvador Escoda S.A	166,61	1	166,61
4.10	Codo 90° 2”	22,11	4	88,44
TOTAL				31502,31

4.5 Sistema de control.

Nº ORD	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD / €	UNIDADES	PRECIO TOTAL / €
5.1	Termómetro Salvador Escoda S.A. Escala 0 a 200°C	17,50	4	70
5.2	Manómetro Salvador Escoda S.A. Escala 2,5 a25 bar	5,75	4	23
5.3	Centralita Termicol LTDC-V3 o similar	473	1	473
TOTAL				566

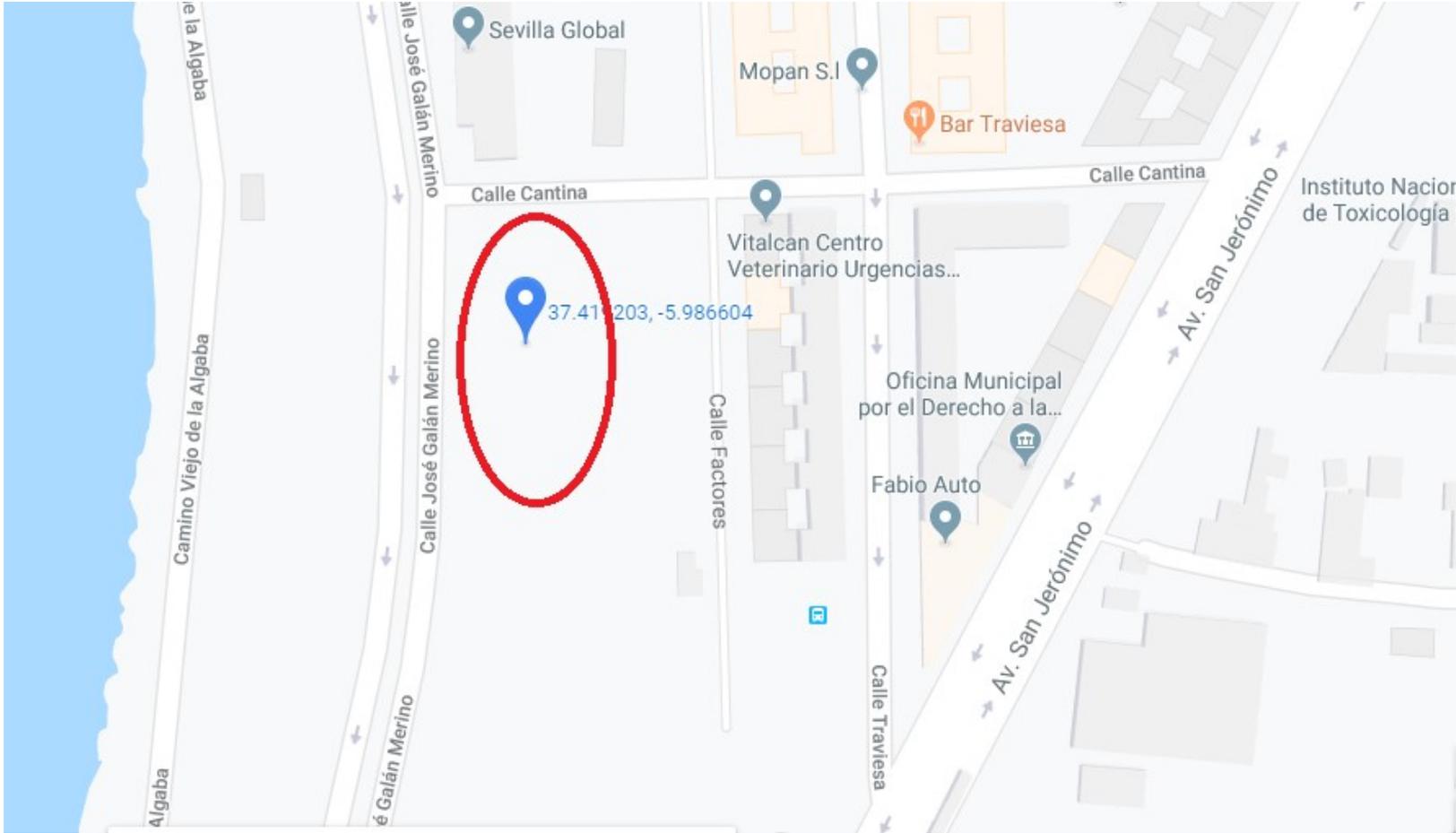
4.6 Presupuesto total.

CONCEPTO	PRECIO/€
Sistema de captación	20610
Sistema de intercambio y acumulación	26748
Sistema hidráulico	5641,15
Sistema auxiliar	31502,31
Sistema de control	566
TOTAL	85067,46

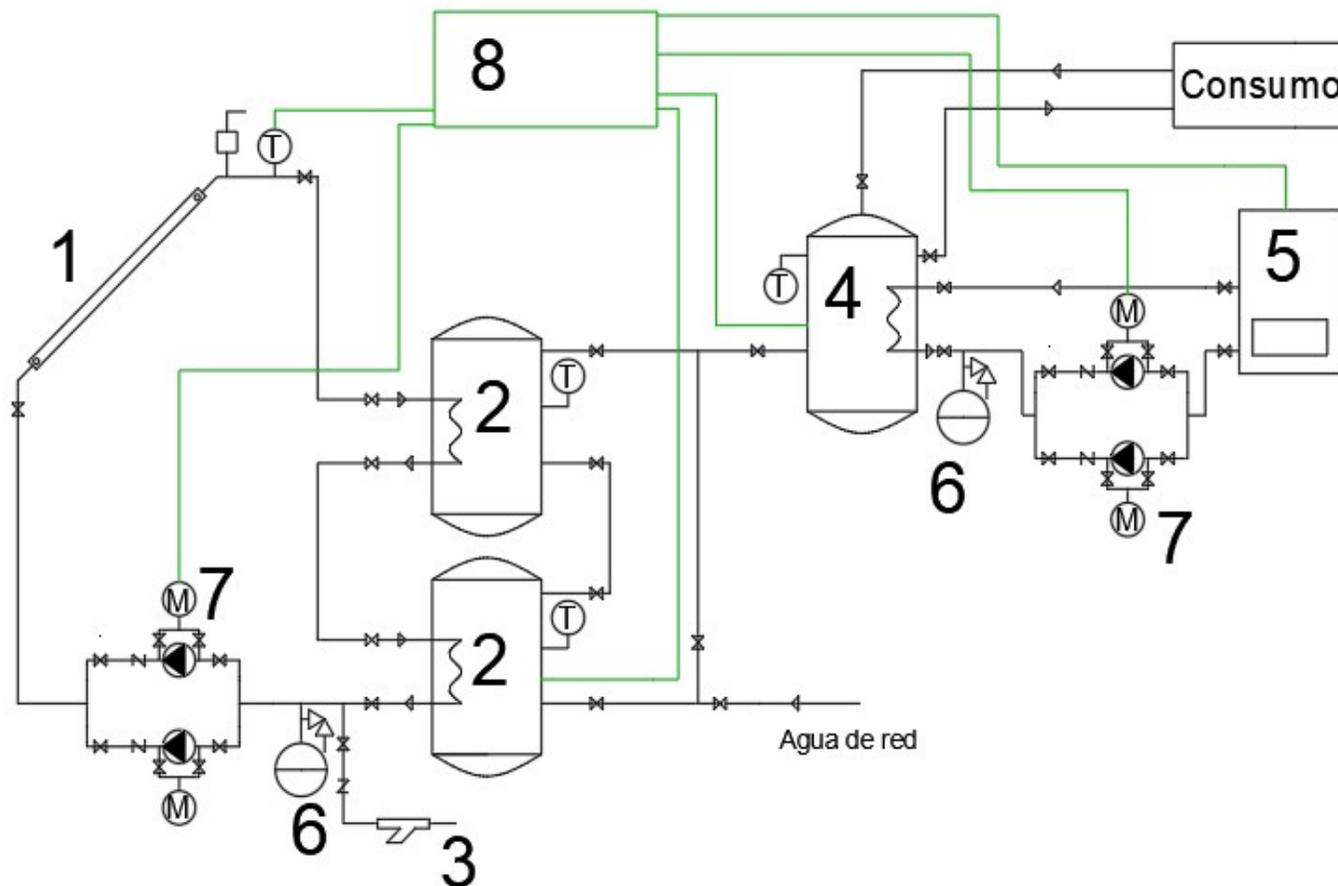
Aplicando los impuestos (IVA), el coste total de la instalación sería:

TOTAL SIN IVA	85067,46 €
IVA (21%)	17864,17 €
PRESUPUESTO TOTAL	102931,63 €
RATIO ($\frac{\text{Presupuesto total}}{\text{m}^2 \text{ superficie de captación}}$)	1429,61 $\frac{\text{€}}{\text{m}^2}$

5 PLANOS



TRABAJO FIN DE GRADO		
Diseño de una instalación de energía solar térmica a baja temperatura en un albergue juvenil		
PLANO SITUACIÓN GEOGRÁFICA		Nº1
Julio 2019	Jesús Fernández Domínguez	Escala -



1. Captadores
2. Interacumulador solar
3. Grupos hidráulicos de llenado
4. Interacumulador auxiliar
5. Caldera
6. Vaso de expansión
7. Bomba de circulación
8. Sistema de control

-  Válvula de corte
-  Válvula de seguridad
-  Termómetro
-  Manómetro
-  Filtro de asiento inclinado
-  Válvula de retención
-  Purgador de aire

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño de una instalación de energía solar térmica a baja temperatura en un albergue juvenil

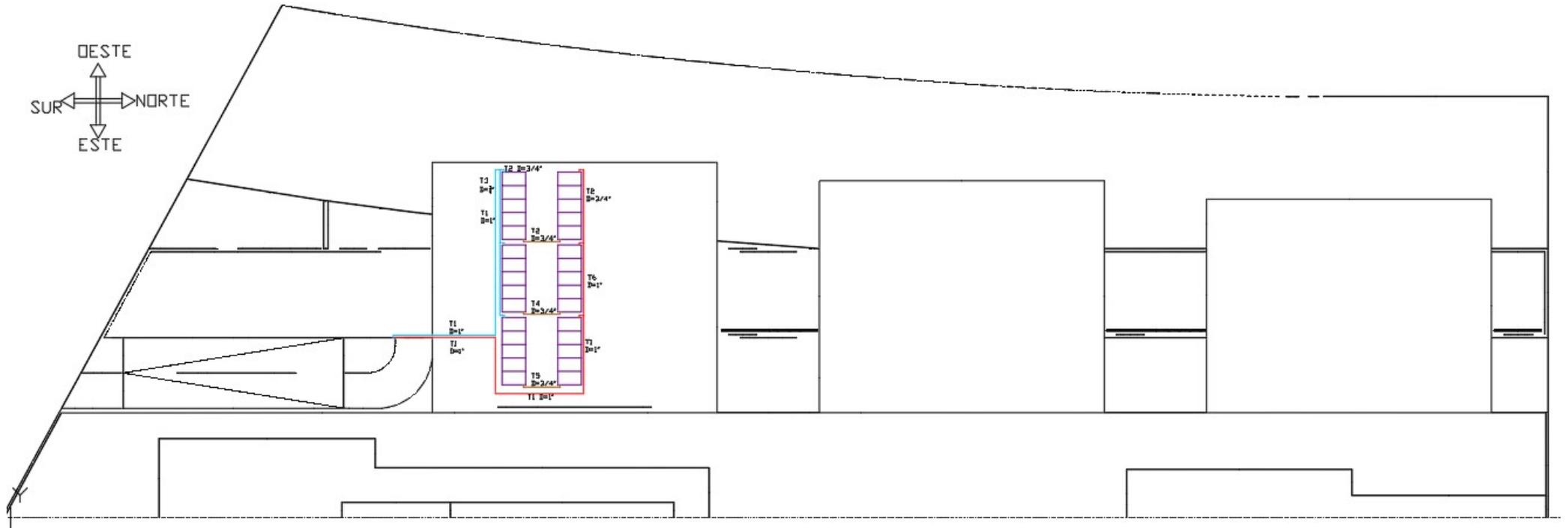
ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN

Nº2

Julio 2019

Jesús Fernández Domínguez

Escala -



TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño de una instalación de energía solar térmica a baja temperatura en un albergue juvenil

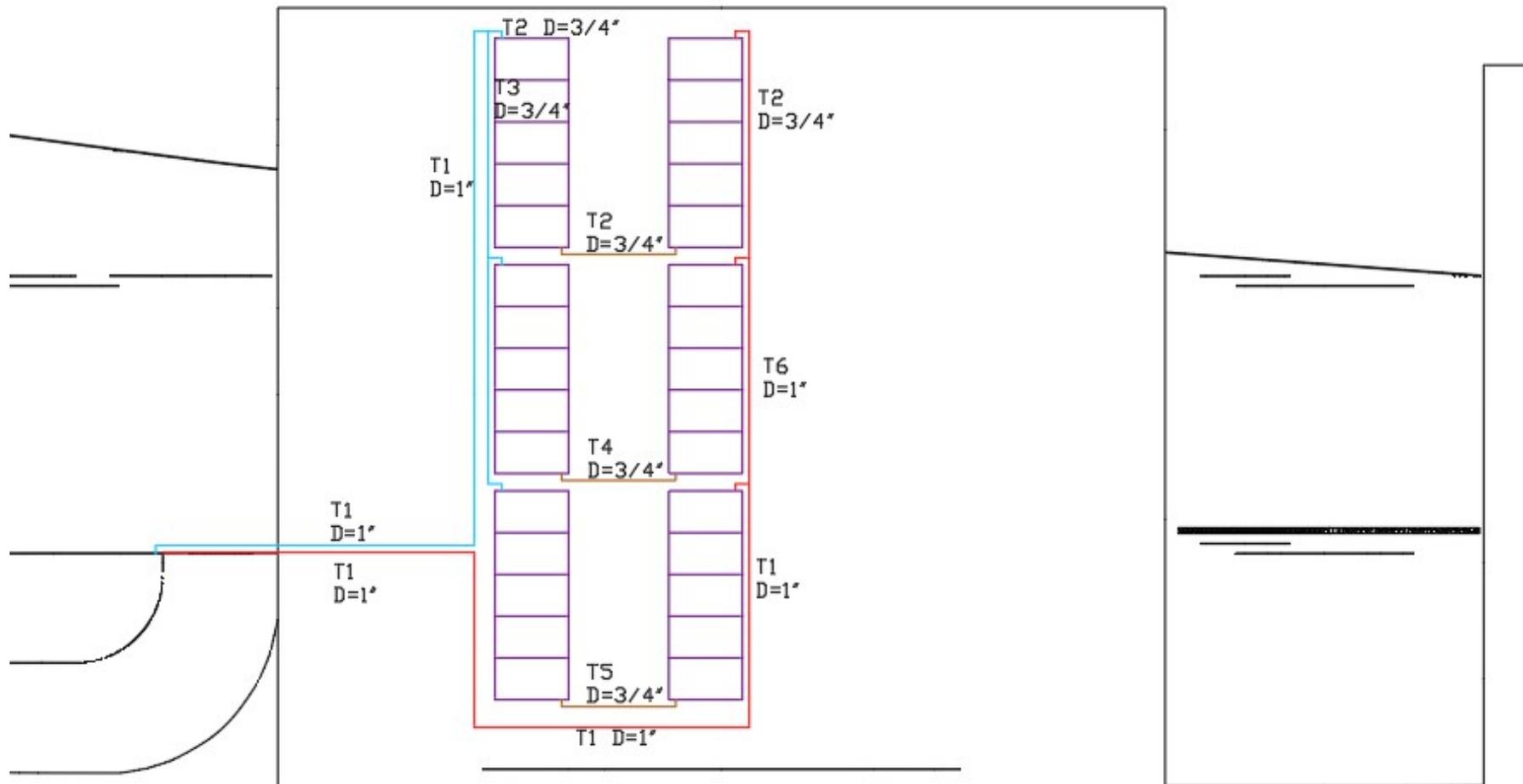
PLANO PLANTA CUBIERTA

Nº3

Julio 2019

Jesús Fernández Domínguez

Escala 1:373



TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño de una instalación de energía solar térmica a baja temperatura en un albergue juvenil

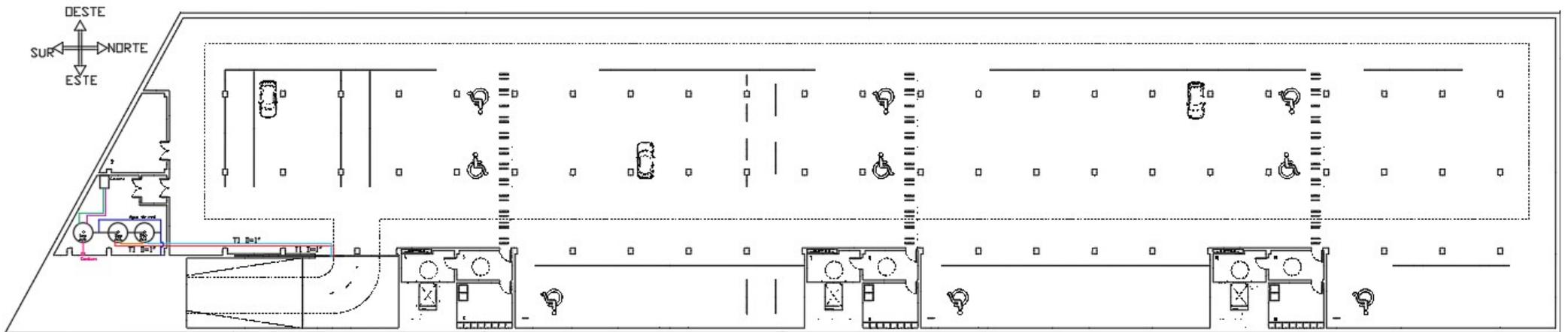
CAMPO DE CAPTADORES SOLARES

Nº4

Julio 2019

Jesús Fernández Domínguez

Escala 1:133



PLANTA SÓTANO -4.25m

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño de una instalación de energía solar térmica a baja temperatura en un albergue juvenil

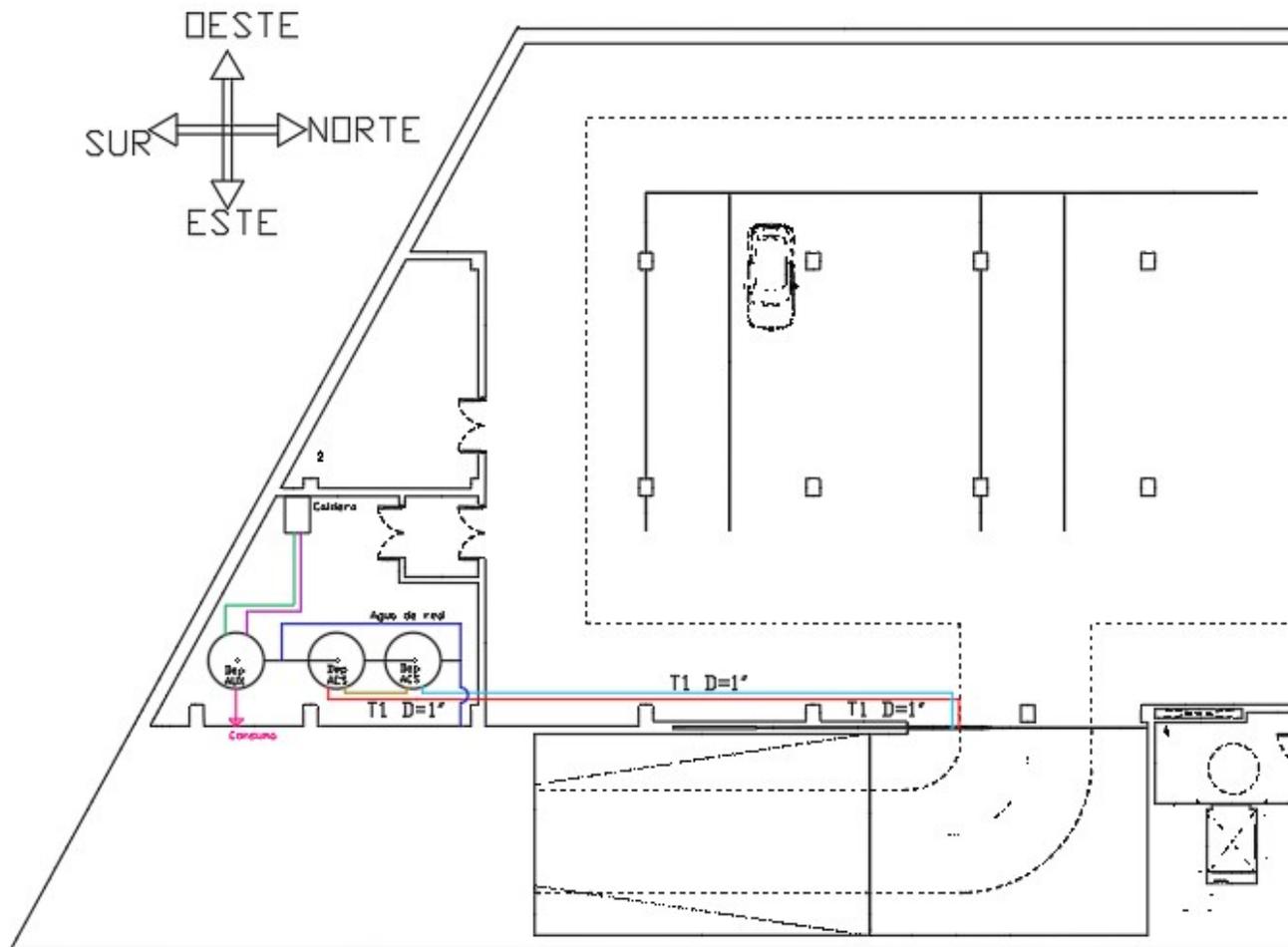
PLANO PLANTA SÓTANO

Nº5

Julio 2019

Jesús Fernández Domínguez

Escala 1:354



PLANTA SÓTANO -4.25m

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño de una instalación de energía solar térmica a baja temperatura en un albergue juvenil

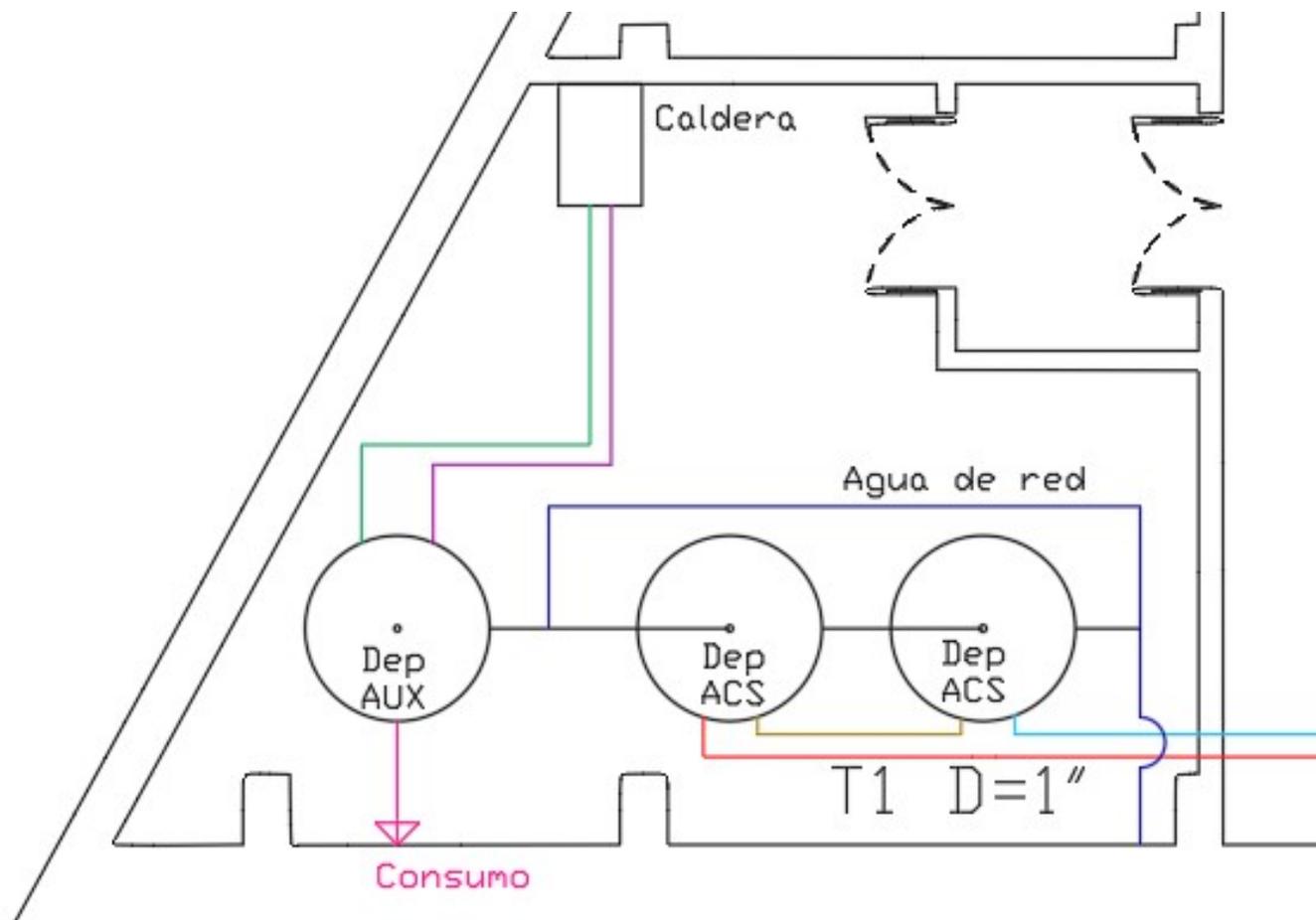
ZOOM PLANO PLANTA SÓTANO

Nº6

Julio 2019

Jesús Fernández Domínguez

Escala 1:118



TRABAJO FIN DE GRADO		
Diseño de una instalación de energía solar térmica a baja temperatura en un albergue juvenil		
PLANO SALA DE MÁQUINAS		Nº7
Julio 2019	Jesús Fernández Domínguez	Escala 1:49