

# Trabajo Fin de Grado

## Grado en Ingeniería de la Energía

### Análisis y diseño de una instalación solar térmica de ACS en un hotel

Autor: José Manuel Reguera Loreto

Tutor: José Julio Guerra Macho

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

Sevilla. 2021





Trabajo Fin de Grado  
Grado en Ingeniería de la Energía

# Análisis y diseño de una instalación solar térmica de ACS en un hotel

Autor:

José Manuel Reguera Loreto

Tutor:

José Julio Guerra Macho

Catedrático de Universidad

Dpto. de Ingeniería Energética  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2021



Trabajo Fin de Carrera: Análisis y diseño de una instalación solar térmica de ACS en un hotel

Autor: José Manuel Reguera Loreto

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, 2021

El Secretario del Tribunal

# Agradecimientos

---

A mi familia, que sin lugar a dudas siempre me ha apoyado en cada decisión tomada, gracias por estar ahí siempre, gracias por ayudarme a hacerlo posible.

A mis amigos por su apoyo incondicional, en especial a Antonio Vargas y Sonia Calzado, con quienes compartí este bonito camino. Agradecer también a todos los compañeros con quien he tenido el privilegio de coincidir en esta etapa y me ayudaron siempre.

Por último, agradecer a todos y cada unos de los profesores que me dieron clase en el grado, de todos aprendí algo, especial mención a Jose Julio Guerra Macho, el cual me ha brindado la oportunidad de poder cerrar esta bonita etapa que nunca olvidaré.

*José Manuel Reguera Loreto,*

*ETSI, Universidad de Sevilla,*

*Sevilla, 2021*

# Resumen

---

En el presente proyecto se va a diseñar una instalación solar de baja temperatura para la producción de agua caliente sanitaria en un hotel de 3 estrellas, situado en la localidad de Algeciras. La instalación tendrá como objetivo cumplir con las especificaciones técnicas exigidas por la normativa vigente, así como fomentar el uso de energías renovables que tendrán un menor impacto medioambiental que las energías convencionales.

El proyecto se compone de 5 partes, una memoria descriptiva en la que se hace una descripción de la instalación adoptada con sus principales equipos y elementos que la componen. Por otro lado, una memoria de cálculo, donde se detallan los cálculos necesarios para el dimensionado de la instalación y por las últimas 3 partes, pliego de condiciones técnicas, presupuesto y planos, que quedan definidas por su propio nombre.



# Abstract

---

This project designs a solar thermal system that uses solar energy to heat sanitary hot water in a hotel, located in the town of Algeciras, Cádiz. The installation aims to comply with the technical specifications required by current regulations, as well as promoting the use of renewable energies that will have a lower environmental impact than conventional energies.

The project consists of 5 parts, descriptive report, where a description of the adopted installation is made with its main equipment and elements that compose it. On the other and, calculation memory, where the necessary calculations for the sizing of the installation are detailed and the last 3 parts, technical specifications, plans and budget, that are defined by their own name.

# INDICE

---

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>vii</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>viii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xiii</b>
<i>1.MEMORIA DESCRIPTIVA</i> .....	<i>1</i>
1.1. Objeto del Proyecto.....	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Método de Cálculo.....	2
1.4. Descripción del edificio.....	6
1.5. Instalaciones de energía solar térmica.....	7
1.5.1. Principio de funcionamiento.....	7
1.5.2. Esquema de principio.....	13
1.6. Características técnicas de los equipos.....	15
1.7. Normativa.....	19
1.7.1. Código Técnico de la Edificación.....	19
1.7.2. Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios.....	20
1.7.3. Normas UNE.....	21
1.8. Referencias.....	21
<i>2.MEMORIA DE CÁLCULO</i> .....	<i>23</i>
2.1. Introducción.....	23
2.2. Datos de partida.....	23
2.2.1. Datos geográficos.....	23
2.2.2. Datos climatológicos.....	23
2.2.3. Radiación solar sobre superficie inclinada.....	24
2.3. Cálculo de la demanda.....	28
2.3.1. Cálculo de la demanda diaria de ACS.....	28
2.3.2. Cálculo de la demanda energética de ACS.....	29
2.4. Cálculo del volumen de acumulación y de la superficie de captación.....	31
2.5. Distancia entre captadores y pérdidas.....	33
2.7. Serpentin del depósito de acumulación.....	34
2.8. Cálculo de la red de tuberías del circuito primario.....	35
2.8.1. Pérdida de carga en el interacumulador.....	35
2.8.2. Pérdida de carga en el captador.....	36
2.8.3. Cálculo de la red de tuberías.....	36
2.8. Dimensionado de la bomba del circuito primario.....	39
2.9. Dimensionamiento cable conexión a la red.....	40
2.10. Dimensionado del vaso de expansión.....	41
2.11. Cálculo de espesores de aislamiento para tuberías del circuito primario.....	43
2.12. Centralita de regulación de control.....	44
2.13. Accesorios.....	44
<b>ANEXO: CERTIFICACIÓN DEL CHEQ4</b> .....	<b>46</b>
<i>3.PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS</i> .....	<i>49</i>

3.1. Objeto de campo y aplicación.....	49
3.2. Normativa aplicable.....	49
3.3. Condiciones de materiales y equipos .....	49
3.4. Condiciones de montaje .....	56
3.4.1. Requisitos generales .....	56
3.4.2. Montaje de la estructura soporte y captadores .....	56
3.4.3. Montaje de acumuladores.....	57
3.4.4. Montaje de la bomba.....	57
3.4.5. Montaje de tuberías y accesorios .....	57
3.4.6. Montaje de aislamiento.....	58
3.5. Pruebas puesta en marcha y recepción .....	58
3.5.1. Aspectos generales.....	58
3.5.2. Pruebas parciales.....	59
3.5.3. Pruebas finales.....	59
3.5.4. Ajustes y equilibrado.....	59
3.5.5. Recepción.....	60
3.6. Mantenimiento .....	60
3.6.1. Vigilancia.....	60
3.6.2. Mantenimiento preventivo .....	61
3.6.3. Mantenimiento correctivo.....	63
<i>4. MEDICIONES Y PRESUPUESTO .....</i>	<i>64</i>
4.1 Sistema de captación .....	64
4.2 Sistema de Acumulación.....	64
4.3 Sistema hidráulico.....	65
4.4 Sistema de control .....	66
4.4 Presupuesto total.....	66
<i>5. PLANOS.....</i>	<i>68</i>

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1.Efectos del cambio climático .....	1
Figura 2.Pestaña Localización CHEQ4 .....	2
Figura 3.Pestaña Configuración CHEQ 4. ....	3
Figura 4.Pestaña Demanda CHEQ 4. ....	4
Figura 5.Pestaña Solar/Apoyo. ....	4
Figura 6.Pestaña Otros Parámetros. ....	5
Figura 7.Pestaña Resultados. ....	5
Figura 8.Localización del Hotel Mercure Algeciras. ....	6
Figura 9.Imagen satélite hotel. ....	6
Figura 10.Irradiación global horizontal en Europa. ....	7
Figura 11.Esquema Básico instalación solar térmica BT. ....	9
Figura 12.Componentes del captador solar plano. ....	9
Figura 13.Interacumulador. ....	10
Figura 14.Bomba hidráulica. ....	11
Figura 15.Vaso de expansión. ....	12
Figura 16.Caldera de gas convencional. ....	12
Figura 17.Tipos deVálvulas. ....	13
Figura 18.Sistema de control. ....	13
Figura 19.Esquema de principio de la instalación. ....	14
Figura 20.Curva de rendimiento del captador. ....	15
Figura 21.Parámetros característicos y dimensiones del captador. ....	15
Figura 22.Características técnicas interacumulador CV-1000-M1B. ....	16
Figura 23.Ficha técnica bomba hidráulica. ....	17
Figura 24.Ficha técnica vaso de expansión. ....	18
Figura 25.Características técnicas del sistema de control. ....	19
Figura 26.Gráfica Irradiación global sobre superficie horizontal e inclinada. ....	28
Figura 27.Gráfica demanda energética mensual.....	30
Figura 28.Gráfica de la variación de la contribución solar según el nº captadores	32
Figura 29.Gráfica de la variación de la contribución solar según la relación V/A ..	32
Figura 30.Distance mínima entre captadores. ....	33
Figura 31.Pérdida de carga en el interacumulador. ....	35
Figura 32.Distribución de captadores y red de tuberías del circuito primario. ....	37
Figura 33.Curva característica de la bomba. ....	40
Figura 34.Accesorios del sistema de control. ....	44
Figura 35.Distribución del presupuesto por los distintos sistemas. ....	66

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1.Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios.	21
Tabla 2.Ubicación del edificio.	23
Tabla 3.Zonas climáticas.	23
Tabla 4.Datos climatológicos de Algeciras.	24
Tabla 5.Declinación y ángulo horario.	25
Tabla 6.Irradiación global extraterrestre e índice de claridad medio.	26
Tabla 7.Radiación directa y difusa.	26
Tabla 8.Irradiación global sobre superficie inclinada.	27
Tabla 9.Demanda de referencia L/día por persona (a 60º).	29
Tabla 10.Cálculo demanda energética mensual.	30
Tabla 11.Posibilidades del número de captadores.	31
Tabla 12.Posibilidades de volúmenes de acumulación.	32
Tabla 13.Resumen instalación elegida.	33
Tabla 14.Superficie de intercambio del serpentín del acumulador	34
Tabla 15.Velocidad del fluido en función del caudal y el diámetro de la tubería.	37
Tabla 16.Pérdida de carga en función del caudal y el diámetro de la tubería.	37
Tabla 17.Accesorios por tramos.	38
Tabla 18.Longitudes equivalentes de los accesorios en función del diámetro.	39
Tabla 19.Pérdida de carga total en tuberías.	39
Tabla 20.Pérdida de presión en los posibles circuitos.	39
Tabla 21.Características eléctricas de la bomba	41
Tabla 22.Volumen por tramo y equipos.	42
Tabla 23.Espesor mínimo de aislamiento en tuberías y accesorios.	43
Tabla 24.Aislamiento por tramos de tuberías.	44
Tabla 25.Plan de vigilancia de la instalación solar	61
Tabla 26.Mantenimiento preventivo en el sistema de captación.	62
Tabla 27.Mantenimiento preventivo en el sistema de acumulación.	62
Tabla 28.Mantenimiento preventivo en el circuito hidráulico.	62
Tabla 29.Mantenimiento preventivo en el sistema eléctrico y de control.	63
Tabla 30.Mantenimiento preventivo en el sistema auxiliar.	63
Tabla 31.Mantenimiento preventivo en el sistema de intercambio	63
Tabla 32.Presupuesto del sistema de captación.	64
Tabla 33.Presupuesto del sistema de acumulación.	64
Tabla 34.Presupuesto del sistema hidráulico.	65
Tabla 35.Presupuesto del sistema de control.	66
Tabla 36.Presupuesto total.	66

# 1. MEMORIA DESCRIPTIVA

## 1.1. Objeto del Proyecto

El objeto de este Proyecto es el análisis y diseño de una instalación solar térmica de baja temperatura para la producción de agua caliente sanitaria para el hotel Mercure de 3 estrellas, situado en Algeciras (Cádiz). Para ello, las diferentes partes del proyecto se haran de acuerdo con las diferentes normativas expuestas en el mismo.

Para este proyecto, se pretende conseguir un ahorro económico y energético, así como demostrar que es posible tener las mismas prestaciones con instalaciones no tradicionales y mas limpias.

## 1.2. Antecedentes

La situación actual de emisiones y gases tóxicos a la atmósfera provenientes de la quema de los combustibles fósiles ha hecho que la temperatura media del planeta haya sufrido un incremento notable que además parece no tener retroceso. El cambio climático se ha convertido en una realidad, y todo lo que el ser humano pueda hacer para paliarlo será necesario. Dicho esto, España tiene las condiciones perfectas para aportar su granito de arena con el aprovechamiento de la energía solar, entre otras energías renovables, ya que se encuentra entre los países de Europa que mas radiación solar reciben al año. Actualmente en España la energía solar térmica de baja temperatura se encuentra en una fase bastante avanzada de Desarrollo, instalación y aprovechamiento, siendo ya obligatoria su instalación en viviendas de nueva construcción y reformas con unas determinadas dimensiones. Cabe destacar también que a día de hoy la producción de combustibles fósiles en España es minima pero la energía final que se consume en España sí que proviene de los combustibles fósiles o derivados, por lo que se puede concluir en que España actualmente tiene dependencia energética con otros países. Es por ello que España necesita de sus recursos, que en su mayoría son las renovables, las cuales pueden hacer que las tornas se cambien y España se convierta en un país exportador de energía. Cabe decir que no vamos por mal camino, ya que en 2020 se consiguió una generación de energía del 43,6 % procedente de las renovables, por tanto no hay duda de que va en crescendo. Desde hace tiempo el mayor consumidor de energía en España es el sector de la edificación, que acapara el 40% del consumo. Dentro del consumo de energía de un edificio es importante destacar el consumo de ACS, el cual supone un 35 % y alrededor de un 5% de consumo de la energía final. De ahí la importancia de realizar una instalación solar eficiente. De cara a los objetivos de 2030, la instalación que se va a diseñar será una instalación de energía renovable que ayudará a reducir el uso/consumo de combustibles fósiles.



Figura 1. Efectos del cambio climático

### 1.3. Método de Cálculo

En este Proyecto se ha empleado la herramienta CHEQ4 como método de cálculo. Este programa ha sido elaborado por el IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) y ASIT (Asociación Solar de la Industria Térmica), con el objetivo de facilitar a todos los que usen la herramienta el cumplimiento y evaluación de la sección HE4 incluida en la exigencia básica HE Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE). Es de acceso gratuito y descargable para cualquier usuario.

A continuación se detalla paso a paso el funcionamiento del mismo.

La primera Ventana que sale al abrir el programa es donde se introduce la provincia y municipio donde se está realizando el análisis. Una vez se introduzcan estos datos, se tendrá la radiación global sobre superficie horizontal, la temperatura media del agua de red y temperatura ambiente media de manera mensual. Además de esto, se tiene la altura del municipio, zona climática a la que pertenece y su latitud (Figura 2).

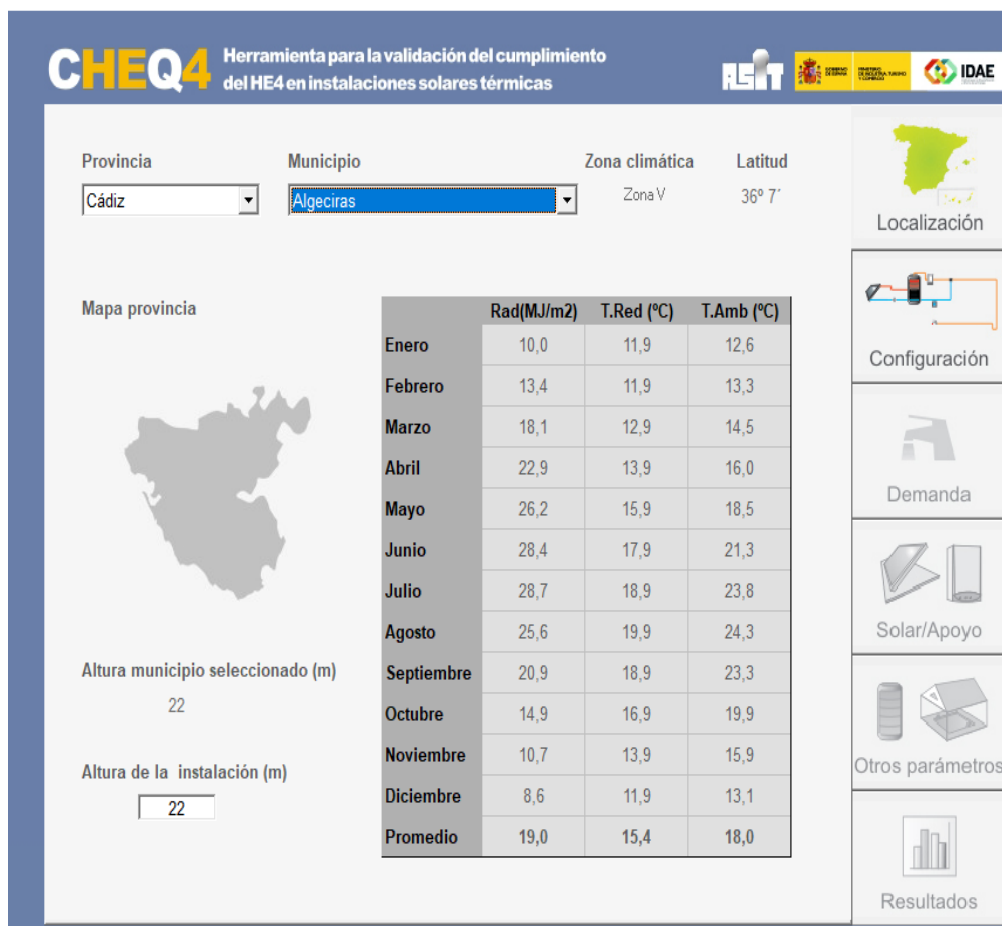


Figura 2. Pestaña Localización CHEQ4

La siguiente ventana es la correspondiente a la configuración de la instalación, donde aparecen 8 tipos de instalaciones diferentes (Figura 3).



Figura 3. Pestaña Configuración CHEQ4.

Una vez introducida la localización y configuración de la instalación, se pasa a la tercera ventana, donde se indicará el tipo de edificio para el que se va a aplicar la instalación de ACS, su ocupación, y la contribución de energía renovable mínima exigida. También existe la posibilidad de añadir otras demandas (l/día) a 60°C (Figura 4).

El siguiente apartado es el de Solar/Apoyo, donde se selecciona el modelo del captador solar que, una vez seleccionado se muestran las principales características técnicas de este. Además, hay que indicar el número de captadores a utilizar, nº de captadores en serie, el % de pérdidas en sombra, la orientación de estos (Figura 5).

Por otro lado, para el circuito primario y secundario es necesario saber la longitud del circuito, el tipo y espesor del aislante.


Por último, en el apartado de sistema de apoyo se rellena que tipo de sistema de apoyo se va a tener y tipo de combustible va a utilizar.

En la ventana de Otros parámetros, se introduce el volumen de acumulación necesario y algunas características de distribución como la longitud del circuito y el espesor del aislante (Figura 6).

Por último, se obtienen los resultados, donde el programa muestra una pequeña tabla de resultados a modo de conclusión, además de una gráfica mensual donde se puede ver la evolución mensual de la fracción solar, demanda bruta, aportación solar y el consumo auxiliar (Figura 7).



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



**CONSUMO ÚNICO**

Aplicación:

Número de personas:

Demanda calculada (l/día a 60 °C): 2.419

**CONSUMO MÚLTIPLE**

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo B	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo C	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo D	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		

Demanda calculada (l/día a 60 °C):

**CONSUMO TOTAL**

Otras demandas (l/día a 60°C):

Demanda total (l/día a 60°C): 2.419

**CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA**

**OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)**

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








 Localización  
 Configuración  
 Demanda  
 Solar/Apoyo  
 Otros parámetros  
 Resultados

Figura 4. Pestaña Demanda CHEQ4.

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




**CAPTADORES**

Empresa:   
 Marca/Modelo:

Datos de ensayo:

Área (m <sup>2</sup> )	2,77
n0 (-)	0,703
a1 (W/m <sup>2</sup> K)	3,51
a2 (W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )	0,014
Qtest(l/hm <sup>2</sup> )	71
k50	0,94
Laboratorio	CENER
Certificación	NPS-7419



**CAMPO DE CAPTADORES**

Núm. captadores:  Captadores en serie:  Pérdidas sombras (%):   
 Orientación (°):  Inclinación (°):  Área total captadores (m<sup>2</sup>): 38,78

**CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO**

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

**SISTEMA DE APOYO**

Tipo de sistema:   
 Tipo de combustible:



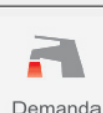
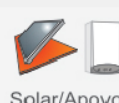


 Localización  
 Configuración  
 Demanda  
 Solar/Apoyo  
 Otros parámetros  
 Resultados

Figura 5. Pestaña Solar/Apoyo.

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

Volumen total (l)

Vol/Área (l/m2) 64,47

**DISTRIBUCIÓN**  
 Long. circuito (m)   
 Diám.tubería (mm)   
 Esp. aislante (mm)  T. imp.(°C)   
 Aislante

**VOLUMEN ACUMULACIÓN SUBESTACIONES**  
 Tipo A (l)  Tipo C (l)   
 Tipo B (l)  Tipo D (l)   
 Volumen total (l) 0 Vol/Área (l/m2)

**DISTRIBUCIÓN SUBESTACIONES**  
 Long. total (m)   
 Diám. tubería (mm)   
 Esp. aislante (mm)   
 Aislante

**PISCINA CUBIERTA**  
 Altura (m)  Temp. ambiente (°C)   
 Apertura diaria (h)  Temp. piscina (°C)   
 Superficie lámina (m2)  Renov. volumen día (%)   
 Humedad relativa (%)  Ocupación (pers/m2)

Localización  
 Configuración  
 Demanda  
 Solar/Apoyo  
 Otros parámetros  
 Resultados

Figura 6.Pestaña Otros Parámetros.

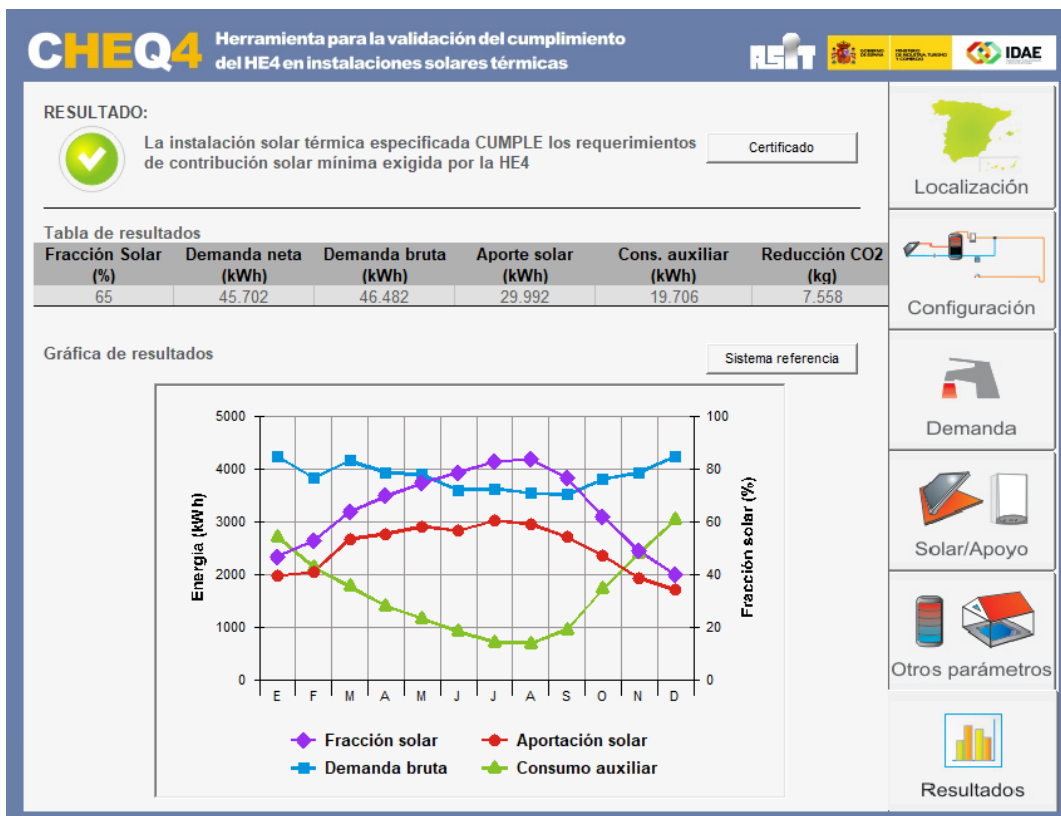


Figura 7.Pestaña Resultados.

## 1.4. Descripción del edificio

El edificio que se ha utilizado para realizar el análisis y diseño de la instalación se trata de un hotel de 3 estrellas, ubicado en la provincial de Cádiz, más en concreto en el municipio de Algeciras. La ubicación exacta es la siguiente, calle malta s/n (Figura 8 y 9).

El hotel esta dividido en 6 plantas, una planta baja donde se encuentra, entre otras cosas, el recibidor, la sala de máquinas y un vestuario donde se duchan y se cambian los trabajadores del hotel. Luego hay 4 plantas exactamente idénticas con 6 habitaciones dobles en cada una de ellas y posibilidad de cama supletoria en algunas de las habitaciones. El número de huéspedes es de 52. En la ultima planta está la cafetería.



Figura 8. Localización del Hotel Mercure Algeciras.

La instalación que actualmente hay en el hotel, se trata de una instalación convencional con una caldera de gas de 197,5-kW y con un depósito de acumulación de 2600 litros. La caldera se va a utilizar como generador auxiliar en la instalación solar. La fachada principal está orientada al sur y la superficie de la que se dispone en la cubierta es de 362 m<sup>2</sup>.

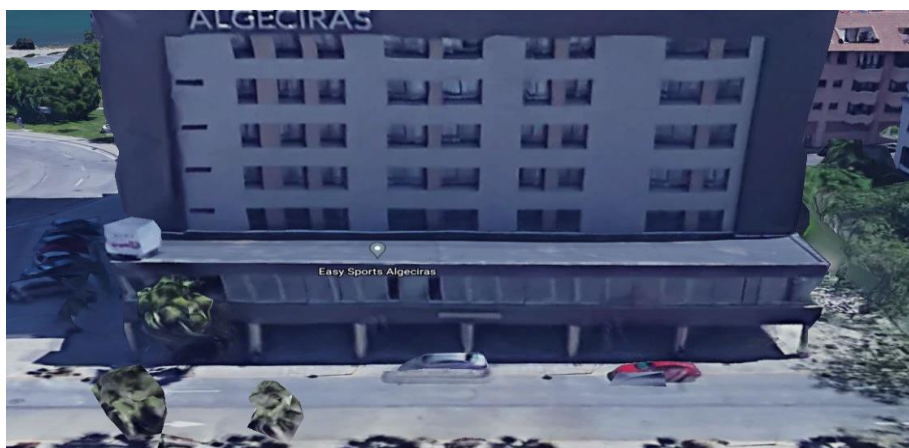


Figura 9. Imagen satélite hotel.

## 1.5. Instalaciones de energía solar térmica

Una instalación solar térmica de baja temperatura es un sistema de aprovechamiento de la energía procedente del sol para la producción de agua caliente sanitaria y calefacción.

El aprovechamiento de este tipo de energías en viviendas, ya sean residenciales o del sector terciario, son una de las formas más eficientes y económicas de aprovechar un recurso tan abundante y natural como es el sol. Además, el consumo de la misma supone un menor consumo de energía primaria y una disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> que la producción de ACS mediante una caldera de gas. Actualmente La tecnología del aprovechamiento solar se trata de una tecnología muy madura en el sector de la edificación. Esto hace que las instalaciones sean seguras y cómodas, teniendo un mantenimiento mínimo y con posibilidad de integrar sistemas de control de forma que se tenga un control remoto.

Como se ha comentado con anterioridad, no cabe duda que España es un lugar idóneo para el aprovechamiento de la energía solar térmica dado que es uno de los países de Europa que mas irradiación global recibe (Figura 10).

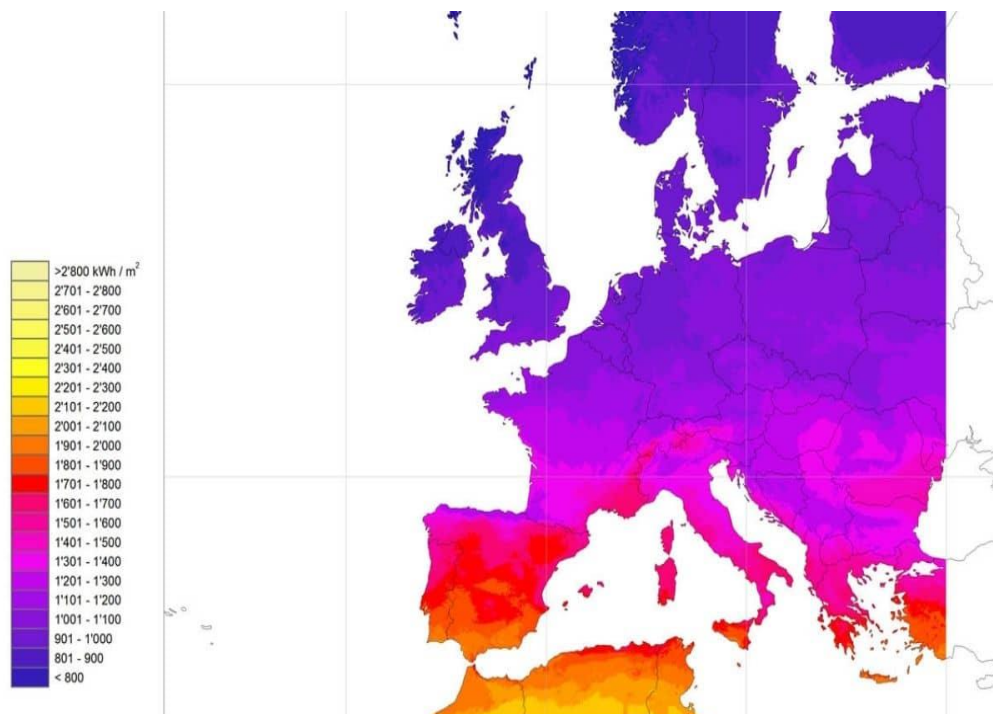


Figura 10. Irradiación global horizontal en Europa.

### 1.5.1. Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento se basa en absorber la energía solar mediante un conjunto de captadores que se transfiere a un fluido en forma de energía térmica. Dicho fluido será transportado hasta unos depósitos de acumulación que, mediante un intercambiador de calor se aportará la energía necesaria para calentar el agua, que se encuentra almacenada en los

depósitos. Por último, el agua caliente será transportada hasta los puntos de consumo.

Dentro de la instalación (Figura 11) se pueden diferenciar los siguientes sistemas:

- Sistema de captación:

Es aquel donde, a partir de captadores solares, se transforma la radiación solar incidente en energía interna del fluido que circula por el interior de estos.

- Sistema de acumulación:

Es donde se acumula el agua hasta que llegue la hora de su uso.

- Sistema de intercambio:

Es aquí donde se produce la transferencia de calor entre el fluido caloportador y el agua de consumo, mediante un intercambiador colocado en el interior del depósito de acumulación.

- Sistema de transporte:

Está formado por las bombas, tuberías, válvulas y vaso de expansión, entre otros, y el cual es el encargado de distribuir por toda la instalación la energía contenida en el fluido.

- Sistema auxiliar:

Está formado por un equipo auxiliar, normalmente una caldera convencional de gas, que se utiliza cuando la energía térmica procedente de los captadores no cubre toda la demanda de consumo. En este caso, la caldera convencional ya se encuentra instalada en el hotel, dado que es el medio que utiliza para la producción de agua caliente. Esta podrá ser reutilizada como el sistema auxiliar de la instalación solar.

- Sistema de regulación y control:

El Sistema de control es el encargado de proteger la instalación de posibles averías, así como optimizar y garantizar el correcto funcionamiento del conjunto.

Una forma de control de la instalación es mediante la utilización de sondas de temperatura, una sonda colocada a la salida del grupo de captadores y otra en la parte baja del acumulador. Esta diferencia de temperatura estará entre 3 y 7°C.

Los principales componentes de la instalación son los siguientes:

### **Captador solar plano:**

Es el elemento principal de una instalación solar. Su principio de funcionamiento se basa en retener la energía solar que recibe, transformándola en energía térmica para transferirla posteriormente al fluido caloportador. Es importante que su diseño este adaptado a las condiciones climatológicas.

Los componentes del captador plano son los siguientes:

1. Cubierta: Se trata de un material transparente, vidrio o plástico y es donde incide la radiación solar.
2. Placa absorbedora: Es el elemento que absorbe la energía solar y transmite el calor al fluido que circula por las tuberías. Es una especie de lámina metálica
3. Tubos: Son los que están en contacto con la placa absorbedora de manera que se maximice el

intercambio de energía calorífica por conducción. Dentro de los tubos circula el fluido que se calentará y transportará el calor hasta el depósito de acumulación.

4. Aislante: Se sitúa en la parte posterior y los laterales del captador, con el objetivo de reducir las pérdidas térmicas del absorbedor. Suele usarse lana de vidrio o lana mineral.

5. Carcasa o Caja: Contiene todos los elementos del captador. Esta ha de ser resistente a la corrosión, deformaciones mecánicas y preparada para las variaciones de temperaturas expuestas. Suelen estar hechas de aluminio o acero galvanizado.

Es importante destacar que todo captador solar (Figura 12), está gobernado en cuanto a funcionamiento por los siguientes principios básicos:

- La naturaleza del cuerpo.
- El estado de la superficie.
- El grueso del cuerpo.
- El tipo de radiación.
- La orientación e inclinación del captador.

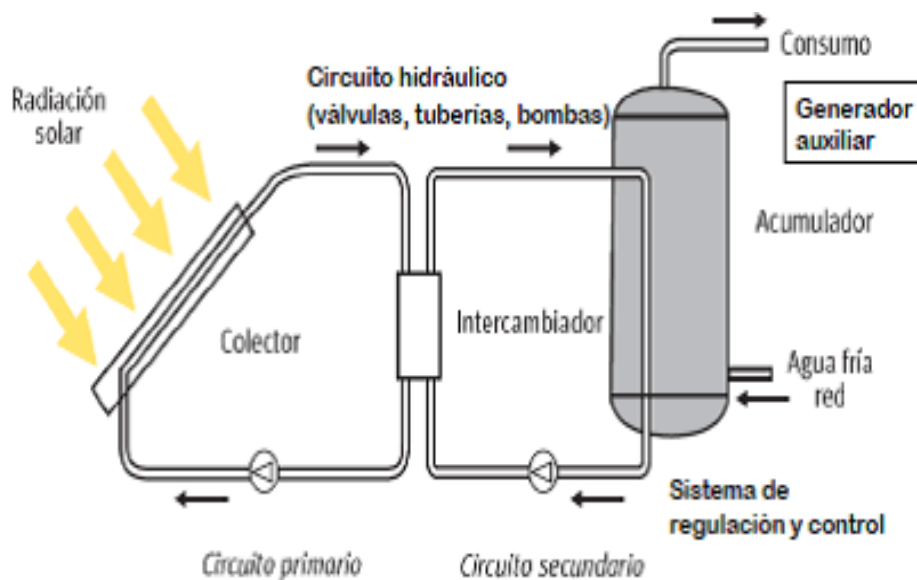


Figura 11. Esquema Básico instalación solar térmica BT.

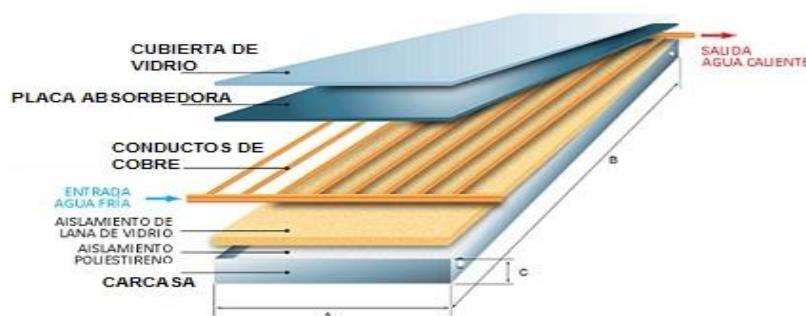


Figura 12. Componentes del captador solar plano.

## Depósito Interacumulador

El objetivo principal del acumulador solar es almacenar el agua caliente proveniente de los captadores solares. Es decir, en estos depósitos se almacena la energía térmica para tenerla disponible cuando se demande, independientemente de la radiación solar que haya en ese momento.

Es importante tener en cuenta la estratificación del agua. Esta se almacena en el depósito, cuando se calienta, disminuye su densidad y tiende a ascender, mientras que el agua fría tiende a bajar produciéndose una estratificación del agua por temperatura dentro del acumulador. No obstante, este efecto es deseable, ya que permite que el agua más caliente se sitúe en la parte superior del depósito, que es de donde se extrae el agua para su consumo.

El acumulador solar se colocará siempre lo más cerca posible de los captadores y de forma vertical para favorecer la estratificación.

En cuanto a las conexiones, la conexión entre el agua caliente proveniente de los captadores solares y el acumulador se realizará por la parte superior de éste (Aproximadamente sobre el 50-70% de su altura total). Si el intercambiador de calor está dentro del acumulador, éste se colocará en la parte inferior del mismo. La tubería de salida del agua de consumo se situará en la parte lateral superior del acumulador solar.

Por otro lado, el acumulador debe ser resistente a las diferentes presiones y temperaturas a las que pueda estar sometido.

Las pérdidas térmicas es un parámetro bastante importante a tener en cuenta para el diseño del acumulador, ya que las prestaciones energéticas del sistema dependerán en mayor medida de este parámetro. Es por ello que se recubrirá toda la parte exterior con un aislamiento que garantice la calidad del agua de consumo (Figura 13).



Figura 13. Interacumulador.

## Tuberías

Son las encargadas de transportar los fluidos en la instalación. También se incluyen las uniones, accesorios, soportes y aislamiento.

Hay que tener en cuenta que en este caso las tuberías por las que va a circular se trata de agua de consume humano, por lo que el material de éstas no debe intoxicarla y es por eso que todos los materiales que se van a usar deben estar certificados y marcados según la normativa, de tal manera que se recomiendan materiales como el acero inoxidable (UNE-EN 10.312, series 1 y 2), cobre (UNE-EN 1.057) y solo para agua fría acero galvanizado (UNE-EN 10.255 serie M).

La temperatura de trabajo vendrá marcada por la prevención de la legionelosis y estará comprendida entre los 50 y 70º. En cuanto a la presión vendrá fijada según el tipo de material.

## Bomba de circulación

Las bombas son las encargadas de transportar el fluido. Son accionadas por motores eléctricos. Van actuar a velocidad variable para que puedan trabajar en diferentes condiciones de operación.

El circuito primario se define como un circuito cerrado, donde el agua tiene un comportamiento poco agresivo. Sin embargo, el circuito secundario se trata de un circuito abierto y el agua es mucho más agresiva ya que se recibe continuamente agua de consumo (Figura 14).

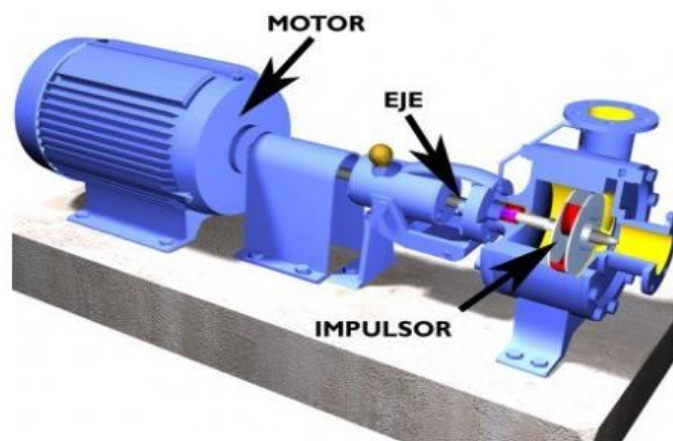


Figura 14. Bomba hidráulica.

## Vaso de expansion

El objetivo principal del vaso de expansion es absorber las variaciones de volume que se puedan producir de un fluido en un circuito cerrado al variar su temperatura. Estos irán colocados justo antes de las bombas hidráulicas, que es donde se concentra mayor presión (Figura 15).

## Caldera convencional

Actuará cuando la demanda no se pueda cubrir en su totalidad mediante la energía obtenida de los captadores. La caldera es de gas natural y por tanto calentará el agua a partir de la combustión del gas (Figura16).





Figura 15.Vaso de expansión.



Figura 16.Caldera de gas convencional.

### **Válvulas**

Son las encargadas de regular y controlar el paso del fluido. Se utilizarán 3 tipos de válvulas, válvulas de corte, válvulas de antirretorno y válvulas de seguridad o escape (Figura 17).

- Válvula de corte: Permiten cortar o regular el caudal.
- Válvula antirretorno: Permiten el paso del fluido en una sola dirección, se colocará después de las bombas.
- Válvula de seguridad: Para evitar sobrepresiones, actúa liberando fluido e irá instalada en la conexión con el vaso de expansión.



Figura 17. Tipos de válvulas.

### Sistema de control

Es el responsable del correcto funcionamiento de la instalación y el sistema que se encarga de maximizar el rendimiento de la instalación, además de protegerlas de posibles averías por sobrecalentamiento, congelación, pérdidas de presión en alguna zona, etc. El sistema de control está leyendo continuamente temperaturas que le permite así tener un control de funcionamiento y por tanto una capacidad de actuación sobre los equipos de la instalación, como las bombas, válvulas, etc (Figura 18).

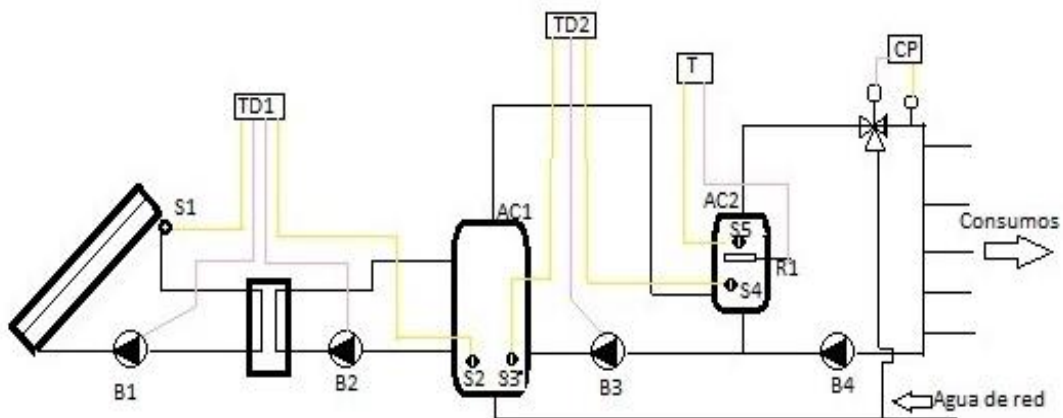


Figura 18. Sistema de control.

### 1.5.2. Esquema de principio

A continuación, se muestra el esquema de la instalación que se va a diseñar (Figura 19).

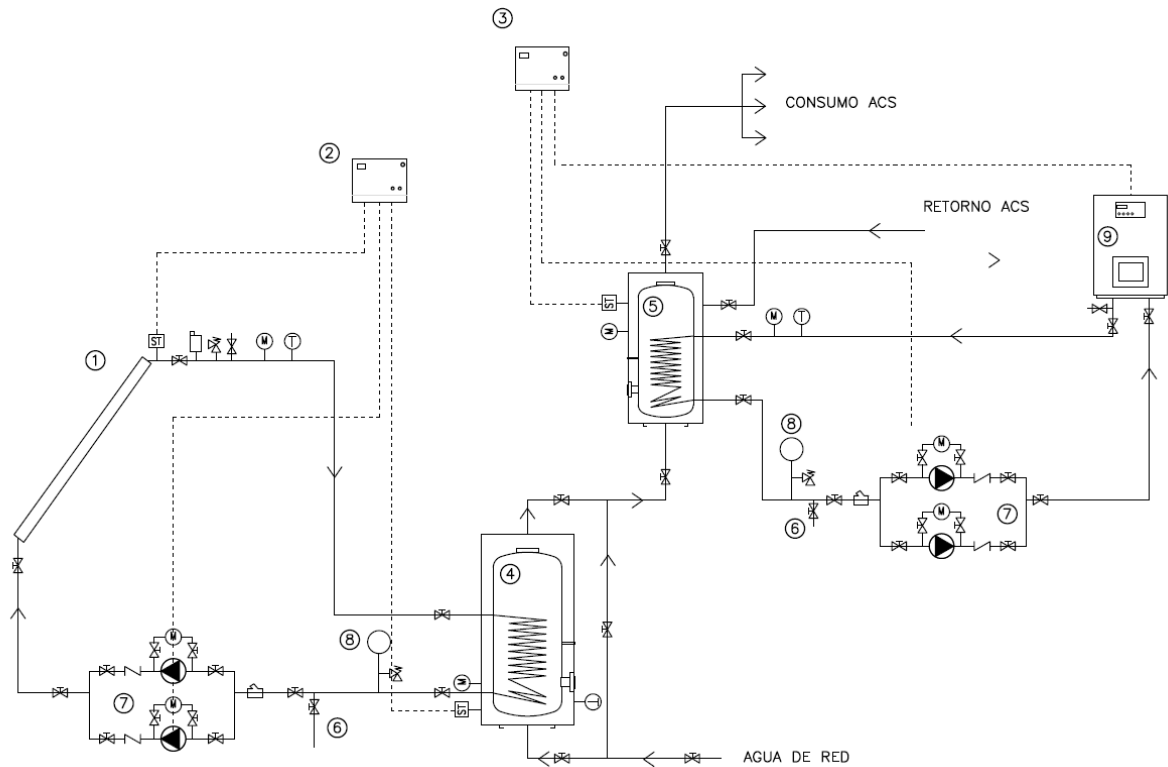


Figura 19. Esquema de principio de la instalación.

El circuito primario se encarga de transportar el fluido caloportador desde los captadores (En este caso serán 14 captadores solares y se colocarán en 2 hileras de 7) hasta el interacumulador, circulando por el serpentín para regresar hasta los captadores pasando antes por el vaso de expansion, necesario y obligatorio por seguridad, con su posterior paso por la bomba de circulación.

Por otro lado, se llevará el agua de red hasta el interacumulador, agua que se calienta mediante el intercambio de calor con el fluido caloportador del circuito primario, y que, una vez calentada, el agua pasa por otro interacumulador, el interacumulador de la instalación convencional, instalación que sirve de sistema auxiliar, ya que si no se ha alcanzado la temperatura deseada, será necesario obtenerla mediante la caldera de gas que ya se encontraba instalada. Finalmente, una vez se tiene la temperatura deseada, el agua se distribuye por los puntos de consumo. El funcionamiento de la bomba de circulación del circuito primario lo controla la centralita de regulación, mediante dos sondas de temperaturas situadas en la salida de una de las baterías de captadores solares y en la zona inferior del interacumulador. Si la diferencia de temperaturas entre salida de captadores y la zona inferior del interacumulador es mayor de  $7^{\circ}\text{C}$ , se pone en funcionamiento la bomba. Cuando la diferencia de temperatura es inferior a  $3^{\circ}\text{C}$ , se detiene la bomba.

Si la temperatura de salida de captadores es inferior a  $3^{\circ}\text{C}$  o superior a  $90^{\circ}\text{C}$ , el sistema de control arranca la bomba para evitar los problemas de congelación y sobrecalentamiento.

El funcionamiento del sistema auxiliar se controla mediante una sonda de temperatura en el depósito auxiliar. Si la temperatura en el depósito es inferior a  $50^{\circ}\text{C}$  se pone en funcionamiento la bomba del circuito auxiliar y la caldera auxiliar, hasta que la temperatura alcance los  $60^{\circ}\text{C}$ . En este momento se para primero la caldera auxiliar y luego la bomba con un cierto retardo. Este

control de temperaturas permite garantizar el consumo y evitar el riesgo de legionella (Apartado IT.1.14.3 del RITE)

## 1.6. Características técnicas de los equipos

En este apartado se van a mostrar las características técnicas de los equipos que conforman la instalación.

- **Captador solar**

El captador seleccionado es de la marca Chromagen, más en específico el modelo QR-F con las siguientes características técnicas (Figura 20 y 21).

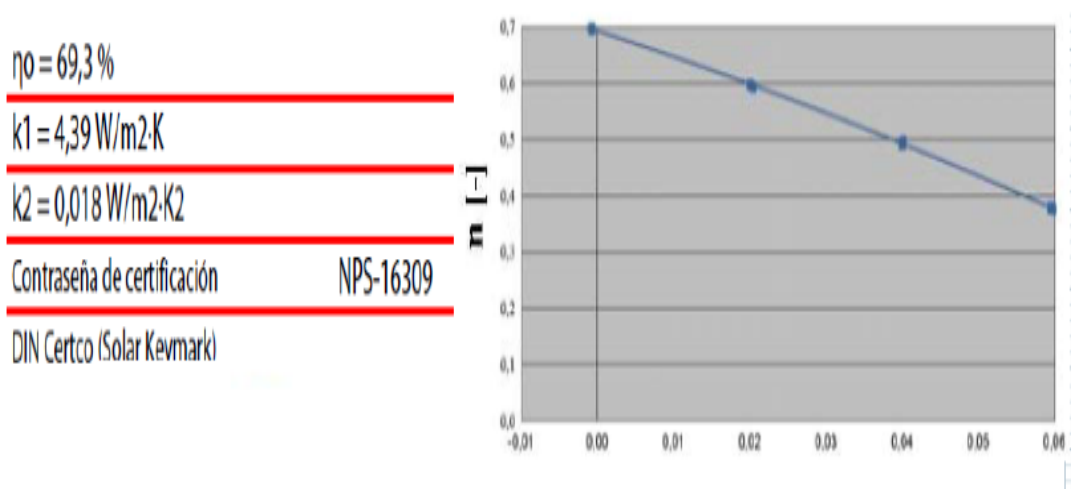


Figura 20. Curva de rendimiento del captador.

Dimensiones y Pesos	
Largo Total	2.190 mm
Ancho Total	1.275 mm
Fondo	90 mm
Área Total	2,79 m <sup>2</sup>
Área de Apertura	2,58 m <sup>2</sup>
Área del Absorbedor	2,54 m <sup>2</sup>
Peso en vacío	41 Kg
Capacidad del fluido	1,5 l
Fluido caloportador	agua ó agua glicolada
Tº de estancamiento	165 °C
Flexión máxima del captador	1.000 Pa

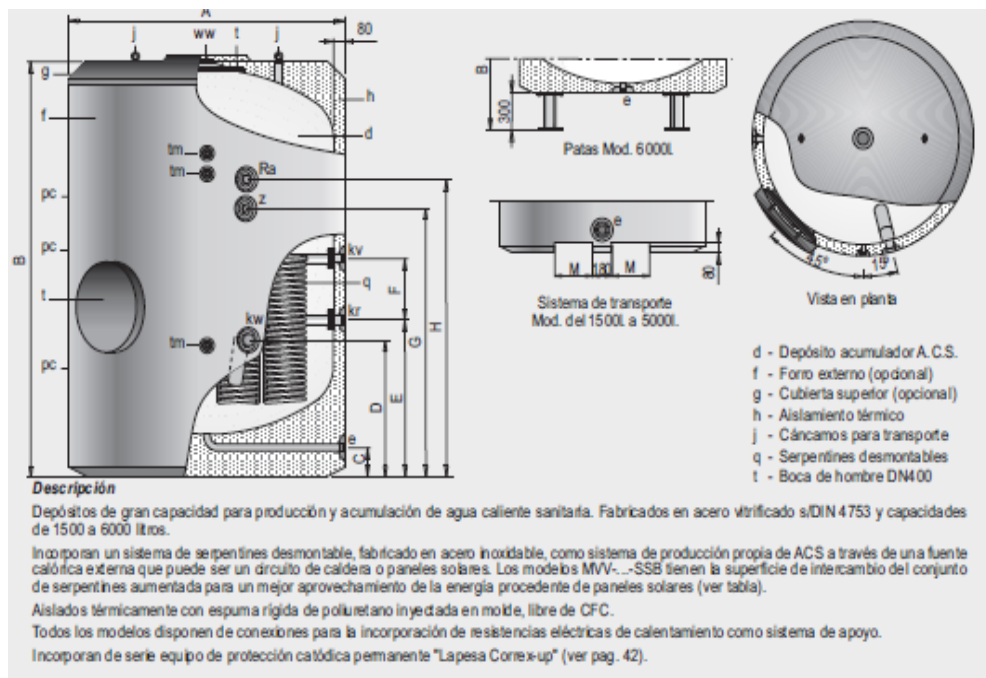
  

Presiones de prueba y caudal recomendado	
Presión de timbre	14 bar
Presión máxima de trabajo	10 bar
Caudal recomendado	45 l/h·m <sup>2</sup>
Caida de presión (mm.c.a.)	$2,59 \cdot q_i^2 + 2,53 \cdot q_i$ (l/min)

Figura 21. Parámetros característicos y dimensiones del captador.

- Interacumulador

El modelo de interacumulador seleccionado es de la marca LAPESA, más en concreto el MVV 2500 SB (Figura 22).



Características técnicas / Conexiones / Dimensiones	MVV1500 SB/SSB	MVV2000 SB/SSB	MVV2500 SB/SSB	MVV3000 SB/SSB	MVV3500 SB/SSB	MVV4000 SB/SSB	MVV5000 SB/SSB	MVV6000 SB/SSB	
Capacidad de A.C.S.	l	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000
Temperatura máx. depósito de A.C.S.	°C	90	90	90	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S. (*)	bar	8	8	8	8	8	8	8	8
Temperatura máx. circuito de calentamiento (**)	°C	120	120	120	120	120	120	120	120
Presión máx. circuito de calentamiento	bar	25	25	25	25	25	25	25	25
Número de serpentines -SB /SSB	und	2 / 3	2 / 3	3 / 4	3 / 5	4 / 5	4 / 5	5 / 6	5 / 6
Capacidad de serpentines -SB /SSB	l	17 / 25	19 / 29	28 / 35	29 / 48	38 / 48	38 / 48	48 / 56	48 / 56
Superficie de intercambio -SB /SSB	m²	2,8 / 4,2	3,4 / 5,0	4,8 / 6,1	5,0 / 8,4	6,7 / 8,4	6,7 / 8,4	8,4 / 10,0	8,4 / 10,0
Peso en vacío aprox. -SB /SSB	Kg	430 / 445	495 / 510	675 / 685	740 / 765	810 / 825	980 / 995	1110 / 1120	1216 / 1228
Cota A: diámetro exterior	mm	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910	1910
Cota B: longitud total	mm	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710	3210
Cota C:	mm	160	160	195	195	195	190	190	-
Cota D:	mm	680	680	800	800	800	880	880	946
Cota E:	mm	780	920	910	1015	1015	1055	1055	1136
Cota F:	mm	400	400	400	400	400	400	400	400
Cota G:	mm	1095	1470	1225	1410	1545	1400	1580	2194
Cota H:	mm	1285	1660	1415	1600	1735	1590	1770	2364
Cota M:	mm	210	210	285	285	285	350	350	-
w: entrada agua fría	°GAS/M	2	2	3	3	3	3	3	3
e: desagüe	°GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	2
ww: salida agua caliente	°GAS/M	2	2	3	3	3	3	3	3
z: recirculación	°GAS/M	1-1/2	1-1/2	2	2	2	2	2	2
lv: avance caldera	°GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2
kr: rebrota caldera	°GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2
Ra: conexión resistencia de apoyo	°GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	°GAS/M	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
pc: conexión protección catódica	°GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
n° conexiones protección catódica en continuo	und.	2	2	2	3	3	3	3	3
(*) Otras presiones, consultar. (**) Temperatura estándar. Otras temperaturas, consultar.									
<b>EP</b>		<b>MVV1500 SB/SSB</b>	<b>MVV2000 SB/SSB</b>	<b>MVV2500 SB/SSB</b>	<b>MVV3000 SB/SSB</b>	<b>MVV3500 SB/SSB</b>	<b>MVV4000 SB/SSB</b>	<b>MVV5000 SB/SSB</b>	<b>MVV6000 SB/SSB</b>
Pérdidas estáticas	W	154	174	194	215	232	245	266	280
Clase de eficiencia energética		C	C	C	C	C	C	C	C
Volumen	l	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000

Figura 22. Características técnicas interacumulador CV-1000-M1B.

- **Bomba de circulación**

La bomba elegida es de la marca Sedical modelo SAX 25/4-B. A continuación, se muestra la ficha técnica de la misma (Figura 23).

Longitud instalación	180 mm
Presión máx. trabajo	10 bar
Temp. fluido	15 a 85 °C
Dureza del agua a 65 °C	Máx. 35 °fH = 20 °dH
Dureza del agua a 85 °C	Máx. 25 °fH = 14 °dH
Presión trabajo necesaria a 75 °C de temp. agua	500 m a.s.l.
a 95 °C de temp. agua	0,05 bar
Por cada ± 100 m de altitud	0,30 bar
	± 0,01 bar
Peso	2,3 kg
Carcasa de la bomba	Bronce

Racores incluidos.

**Datos eléctricos**

Tensión	Regulación	1x230 V, 50 Hz
Intensidad	Regulación	0,05 a 0,19 A
	Mín	0,05 A
Potencia	Regulación	5 a 22 W
	Mín	5 W

La bomba va equipada con protección interna del motor eléctrico y no requiere protección externa del motor.

**Esquema de conexión**

54, 52, 51 Señal avería o funcionamiento  
L, PE, N Alimentación de la red

**Temperaturas**

Temp. ambiente °C	Temperatura media Min. °C	Máx. °C
15	15	85
30	30	85
35	35	85
40	40	70

Para evitar la formación de condensación, la temperatura del fluido tiene que ser siempre superior a la temperatura ambiente.

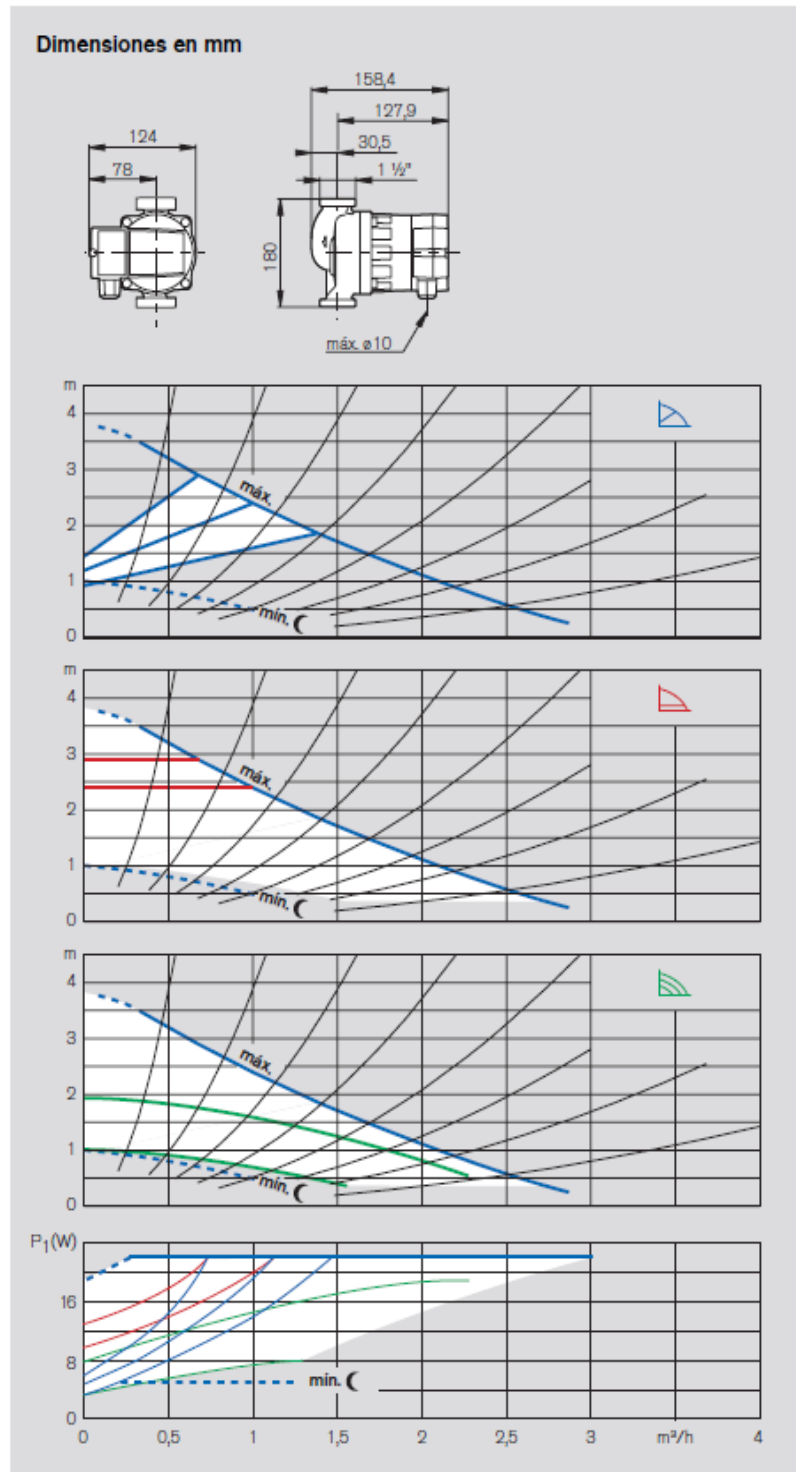


Figura 23. Ficha técnica bomba hidráulica.

- **Vaso de expansión**

El vaso de expansión seleccionado es de la marca Ibaiondo modelo 2 SMF (Figura 24).

# IBAIONDO

**SMF SIN PATAS**



## Vasos de expansión de membrana Sistemas cerrados de energía solar

- Vasos de expansión de membrana para sistemas cerrados de energía solar
- Material: Acero
- Membrana no recambiable, especial para soportar picos de temperatura de hasta 130°C durante una hora
- Se recomienda instalar un vaso intermedio VI disipador de temperatura
- Conexión de agua cincada (R 3/4")
- Aptos para uso de anticongelantes hasta el 50%
- Válvula de hinchado
- Gas precarga: Aire
- Acabado exterior mediante pintura en color Blanco
- Fabricados conforme a la Directiva 2014/68/UE
- 2 años de garantía



### Especificaciones técnicas

▪ Volumen:	2 – 24 Litros
▪ Membrana:	No Recambiable
▪ Presión máxima servicio:	8-10Bar
▪ Presión de prueba:	12-15 Bar
▪ Precarga EXWORKS:	2,5 Bar
▪ Temperatura máxima de servicio:	100°C
▪ Temperatura mínima de servicio:	-10°C
▪ Conexión de agua:	R 3/4" G.M



Peso (Kg)	Código	Modelo	Volumen (Lts.)	Presión (Bar)	ØD (mm)	H (mm)	Conexión agua R
0,8	02002070	2 SMF	2	10	110	245	3/4"
2	02005070	5 SMF	8	10	200	250	3/4"
2,5	02008070	8 SMF	8	10	200	340	3/4"
3,2	02012070	12 SMF	12	10	270	310	3/4"
4	02018070	18 SMF	18	10	270	415	3/4"
4,5	02024070	24 SMF	24	8	320	430	3/4"

Figura 24. Ficha técnica vaso de expansión.

- **Accesorios del sistema de control**

El sistema de control seleccionado es el modelo LTDC de la marca Scorell. Las características técnicas se muestran en la figura 26.

Características técnicas	STDC	MTDC	LTDC	XTDC
Entradas sensor temperatura	3	3	5-6	8
Salidas relé 230V	1	2	3	7
de ellas para control de velocidad	0-1	0-1	0-2	2
Salidas 0-10V o PWM	0-1	0-1	1-2	2
Cantidad de aplicaciones	9	25+	36+	48+
LED roja/verde para visualizar el estatus	0	1	1	2
Contador de energía simple	✓	✓	✓	✓
Contador a base de caudal (direct sensor)	x	x	0-2	1-2
Control de presión (direct sensor)	x	x	0-2	✓
Reloj tiempo real con batería	✓	✓	✓	✓
Interfaz digital / CAN Bus	x	x	✓	✓
Data logging en tarjeta SD	x	x	✓(via data logger)	✓
Conexión Ethernet	x	x	✓(via data logger)	✓

Figura 25. Características técnicas del sistema de control.

## 1.7. Normativa

Para la instalación se utilizó la reglamentación y normativa vigente. A continuación citaremos de manera algo detallada la normativa aplicada.

### 1.7.1. Código Técnico de la Edificación

Dentro del CTE, se encuentra el Documento Básico HE - Ahorro de Energía, el cual además se divide en varias secciones:

- HE0 Limitación del consumo energético.
- HE1 Condiciones para el control de la demanda energética.
- HE2 Condiciones de las instalaciones térmicas.
- HE3 Condiciones de las instalaciones de iluminación.
- HE4 Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.
- HE5 Generación mínima de energía eléctrica.

Para el diseño de una instalación de ACS, se ha tenido en cuenta el HE4, que se va a detallar a continuación. Esta sección, la sección HE4, se encuentra en la página 28 del nuevo DB-HE, versión de diciembre de 2019.



- **Ámbito de aplicación**
  - a) Edificios de nueva construcción con una demanda de acs superior a 100l/día calculada de acuerdo el Anejo F que se encuentra al final del DB-HE.
  - b) Edificios existentes con una demanda de acs superior a 100 l/día, de acuerdo al anejo F, en los que se realice una reforma íntegra de la instalación de generación térmica, edificio o se produzca un cambio de uso del edificio.
  - c) Ampliaciones o intervenciones no contempladas en el punto anterior, en edificios existentes con una demanda inicial de ACS superior a los 5000l/día, que supongan en un 50% el incremento de la demanda inicial.

- **Caracterización de la exigencia**

Los edificios satisfarán sus necesidades de ACS empleando en gran medida energía procedente de fuentes renovables o procesos de cogeneración renovables. De esta forma se entiende que esta exigencia se aplica de forma independiente al servicio de ACS y al servicio de climatización de piscina.

- **Cuantificación de la exigencia. Contribución renovable mínima para-ACS**

La contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables cubrirá al menos el 70% de la demanda energética anual para-ACS, obtenida a partir de los valores mensuales, e incluyendo las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación. Esta contribución mínima podrá reducirse al 60% cuando la demanda de ACS sea inferior a 5000 l/d.

Las bombas de calor destinadas a la producción de ACS, deberán disponer de un rendimiento medio estacional SCOP superior a 2,5 cuando sean accionadas eléctricamente y superior a 1,15 cuando sean accionadas mediante energía térmica. El valor de SCOP se determinará para la temperatura de preparación del ACS, que no será inferior a 45°C.

- **Justificación de la exigencia**

Para justificar que un edificio cumple con las exigencias del DB, los documentos del proyectos deberán incluir la siguiente información sobre el edificio:

- a) Demanda mensual de agua caliente sanitaria
- b) La contribución de energía renovable aportada para satisfacer las necesidades de energía para-ACS.
- c) La contribución de la energía residual aportada, en caso de aplicar, para el ACS.

### 1.7.2. Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios

Los puntos más importantes de aplicación para este Proyecto son:

✓ **IT 1.1.4.3.1 Preparación de agua caliente para usos sanitarios.**

Especifica que en la preparación del agua caliente se debe prevenir la legionelosis. Para ello, la temperatura debe estar entre 50°C y 70°C.

Los materiales empleados en el circuito deberán resistir la acción agresiva del agua sometida a tratamiento de choque químico.

No se permite la preparación de agua caliente sanitaria para usos sanitarios mediante la mezcla directa de agua fría con condensado o vapor procedente de calderas.

✓ IT 1.2.4.2.1.2 Aislamiento térmico de redes de tuberías.

A continuación, se muestra la siguiente tabla obtenida de la sección IT 1.2.4.2.1.2 del RITE consolidado a fecha de 2021 (Tabla 1), y en la que se puede observar cuales son los espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan ACS que discurren por el interior y exterior de los edificios:

Diámetro exterior (mm)	Aislamiento de tuberías para ACS	
	Interior	Exterior
$D \leq 35$	30	40
$35 < D \leq 60$	35	45
$60 < D \leq 90$	35	45
$90 < D \leq 140$	45	55
$140 < D$	45	55

Tabla 1. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios.

✓ IT 1.2.4.2.7 Redes de tuberías

Los circuitos de tuberías deberán conseguir el equilibrado hidráulico en su diseño empleando valvulas de equilibrio en el caso de que fuese necesario.

✓ IT 1.2.4.6 Aprovechamiento de energías renovables y residuales

Se diseñarán para alcanzar la contribución renovable mínima para agua caliente sanitaria y/o climatización establecida en la sección HE4 del Código Técnico de la Edificación.

### 1.7.3. Normas UNE

- **UNE 94002.**

Define el método de cálculo de la demanda energética en las instalaciones de producción de agua caliente sanitaria.

- **UNE 94003**

De esta norma se obtiene los valores climáticos de referencia de irradiación global mensual sobre superficie horizontal.

- **UNE 100155**

Define el proceso de cálculo para el diseño y cálculo de un sistema de expansión de agua en un circuito cerrado, aplicable de esta forma a los circuitos cerrados de ACS.

### 1.8. Referencias

[1] MINISTERIO DE FOMENTO, GOBIERNO ESPAÑA, «Documento Básico HE» Código Técnico de la Edificación, CTE, Sección HE 4. 2020

[2] MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO, GOBIERNO DE ESPAÑA, IDAE, «Reglamento Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE» Real Decreto, 178/2021. 2021

[3] ASOCIACIÓN SOLAR DE LA INDUSTRIA TÉRMICA (ASIT), Guía ASIT de la Energía Solar Térmica.

2010

- [4] APUNTES ENERGÍA TÉRMICA Y TERMOELÉCTRICA. Universidad Europea de Madrid. 2019
- [5] AENOR, NORMA UNE 100155: 2004. *Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión*. 2004
- [6] AENOR, NORMA UNE 94002: 2005. *Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica*. 2005
- [7] AENOR, NORMA UNE 94003: 2007. *Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas*. 2007
- [8] ROSA ÁLVAREZ, P. R. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla. *Diseño y dimensionado de una instalación solar para producción de ACS en un edificio del sector servicios, Trabajo Fin de Grado*. 2019.
- [9] MÁRQUEZ NÚÑEZ, M. A. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla. *Diseño de una instalación de energía solar térmica en un hotel utilizando el método CHEQ4, Trabajo Fin de Grado*. 2018.
- [10] MARTÍN LÓPEZ, D. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla. *Estudio y diseño de una instalación solar térmica para producir agua caliente en el sector residencial, Trabajo Fin de Grado*. 2020.
- [11] CHROMAGEN ESPAÑA S.L.U. CATÁLOGOS. ([Chromagen – Hot Water Solutions](#)).
- [12] LAPESA GRUPO EMPRESARIAL S.L. CATÁLOGOS. ([Inicio | lapesa](#))
- [13] IBAIONDO S.A. CATÁLOGOS. ([Vasos de expansión – Industrias Ibaiondo | Acumuladores a Presión](#))
- [14] SEDICAL S.A. CATÁLOGOS. ([Empresa - Sedical](#))
- [15] INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA, IDAE, [CHEQ4 \(idae.es\)](#), CHEQ4. 2019
- [16] APUNTES DE LA ASIGNATURA “INSTALACIONES TÉRMICAS”, LUIS PÉREZ-LOMBARD. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Energética. Universidad de Sevilla 2017
- [17] APUNTES DE LA ASIGNATURA “ENERGÍAS RENOVABLES”, FRANCISCO JAVIER PINO LUCENA. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Energética. Universidad de Sevilla. 2017

## 2. MEMORIA DE CÁLCULO

### 2.1. Introducción

En la memoria de cálculo se va a llevar a cabo el diseño de la instalación de ACS partiendo de los datos de la localización, del edificio y del tipo de instalación a realizar. Todo ello de acuerdo a la normativa vigente y con la ayuda también del programa CHEQ 4 para asegurar que la instalación es la idónea.

### 2.2. Datos de partida

#### 2.2.1. Datos geográficos

<b>Edificio</b>	Hotel Mercure Algeciras
<b>Localidad</b>	Algeciras
<b>Provincia</b>	Cádiz
<b>Altitud</b>	19
<b>Latitud</b>	36° 6'
<b>Longitud</b>	5° 26'
<b>Zona Climática</b>	IV

Tabla 2.Ubicación del edificio.

#### 2.2.2. Datos climatológicos

Para buscar la zona climática a la que pertenece la ubicación donde se sitúa el hotel se ha utilizado la sección “Zonificación climática en función de la radiación solar global media diaria anual” del Documento de Apoyo al Documento Básico DA DB-HE/1 (Tabla 3).

<b>Provincia</b>	<b>Municipio</b>	<b>Código INE</b>	<b>Zona Climática</b>
CÁDIZ	Alcalá de los Gazules	11001	IV
	Alcalá del Valle	11002	IV
	Algar	11003	IV
	Algeciras	11004	IV
	Algodonales	11005	IV
	Arcos de la Frontera	11006	V
	Barbate	11007	IV

Tabla 3.Zonas climáticas.

Los datos de irradiación global media mensual sobre superficie horizontal, temperatura del agua de red y la temperatura ambiente de la localidad se consiguen a partir de la herramienta de

cálculo CHEQ4 (Tabla 4).

	H(MJ/m2)	Tred(°C)	Tamb(°C)
<b>Enero</b>	10	11,9	12,6
<b>Febrero</b>	13,4	11,9	13,3
<b>Marzo</b>	18,1	12,9	14,5
<b>Abril</b>	22,9	13,9	16
<b>Mayo</b>	26,2	15,9	18,5
<b>Junio</b>	28,4	17,9	21,3
<b>Julio</b>	28,7	18,9	23,8
<b>Agosto</b>	25,6	19,9	24,3
<b>Septiembre</b>	20,9	18,9	23,3
<b>Octubre</b>	14,9	16,9	19,9
<b>Noviembre</b>	10,7	13,9	15,9
<b>Diciembre</b>	8,6	11,9	13,1
<b>Promedio</b>	<b>19</b>	<b>15,4</b>	<b>18</b>

Tabla 4. Datos climatológicos de Algeciras.

### 2.2.3. Radiación solar sobre superficie inclinada

Como se ha comentado en el punto anterior, los datos obtenidos de radiación por el programa CHEQ 4 son los relativos a una superficie horizontal. En este apartado se va a calcular la radiación sobre una superficie inclinada a modo de ver que la radiación solar sobre una superficie inclinada es mucho más constante que sobre una superficie horizontal. Para ello se parte de un grado de inclinación, que en este caso será el mismo que la latitud de la localidad de Algeciras, 36,14°.

En primer lugar, se calcula el grado de declinación solar ( $\delta$ ), conocido como el ángulo que forma la línea Sol-Tierra con el plano ecuatorial. La fórmula para su cálculo es la siguiente

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

siendo n el número del día del año.

Por otro lado, se necesita conocer el ángulo horario  $w_s$ , cuya fórmula es la siguiente:

$$w_s = \cos^{-1} x (-\tan \phi \times \tan \delta)$$

Siendo  $\phi$  la latitud del lugar.

	n	$\delta$ (°)	ws (°)
Enero	17	-20,92	73,79
Febrero	47	-12,95	80,33
Marzo	75	-2,42	88,23
Abril	105	9,41	96,96
Mayo	135	18,79	104,39
Junio	162	23,09	108,14
Julio	198	21,18	106,44
Agosto	228	13,45	100,06
Septiembre	258	2,22	91,62
Octubre	288	-9,60	82,91
Noviembre	318	-18,91	75,51
Diciembre	344	-23,05	71,90

Tabla 5. Declinación y ángulo horario.

El valor de la irradiación global extraterrestre sobre una superficie horizontal se calcula mediante la siguiente expresión:

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

Siendo  $G_{CS} = 1367 \text{ W/m}^2$ , constante solar.

Una vez obtenido  $H_0$ , se puede calcular el índice de claridad medio, que no es más que el cociente de la irradiación global horizontal entre la irradiación global extraterrestre horizontal (Tabla 6).

$$k_t = \frac{H}{H_0}$$

Para el cálculo de la radiación directa y radiación difusa se utilizan las siguientes correlaciones.

Para  $w_s \leq 81,4^\circ$  y  $0,3 \leq k_t \leq 0,8$  La relación  $H_d/H$  es:

$$\frac{H_d}{H} = 1,391 - 3,560 \times k_t + 4,189 \times k_t^2 - 1,821 \times k_t^3$$

Para  $w_s > 81,4^\circ$  y  $0,3 \leq k_t \leq 0,8$  La relación  $H_d/H$  es:

$$\frac{H_d}{H} = 1,311 - 3,022 \times k_t + 3,427 \times k_t^2 - 1,821 \times k_t^3$$

Una vez calculada la relación  $H_d/H$ , se puede obtener la radiación directa sabiendo que la

radiación global es la suma de la radiación directa y la difusa (Tabla 7).

$$H = H_D + H_d$$

	Ho(J/m2)	Ho (MJ/m2)	kt
<b>Enero</b>	16.762.925	16,76	0,60
<b>Febrero</b>	21.672.034	21,67	0,62
<b>Marzo</b>	29.017.118	29,02	0,62
<b>Abril</b>	34.692.792	34,69	0,66
<b>Mayo</b>	41.337.684	41,34	0,63
<b>Junio</b>	41.668.369	41,67	0,68
<b>Julio</b>	43.247.812	43,25	0,66
<b>Agosto</b>	38.397.775	38,40	0,67
<b>Septiembre</b>	30.651.676	30,65	0,68
<b>Octubre</b>	24.562.842	24,56	0,61
<b>Noviembre</b>	18.864.178	18,86	0,57
<b>Diciembre</b>	16.177.833	16,18	0,53

Tabla 6.Irradiacion global extraterreste e índice de claridad medio.

	Hd/H	Hd (MJ/m2)	HD(MJ/m2)
<b>Enero</b>	0,30	3,01	6,99
<b>Febrero</b>	0,28	3,79	9,61
<b>Marzo</b>	0,32	5,75	12,35
<b>Abril</b>	0,29	6,54	16,36
<b>Mayo</b>	0,31	8,09	18,11
<b>Junio</b>	0,27	7,57	20,83
<b>Julio</b>	0,28	8,11	20,59
<b>Agosto</b>	0,28	7,16	18,44
<b>Septiembre</b>	0,27	5,57	15,33
<b>Octubre</b>	0,33	4,95	9,95
<b>Noviembre</b>	0,33	3,49	7,21
<b>Diciembre</b>	0,36	3,09	5,51

Tabla 7.Radiación directa y difusa.

De cara a conseguir la irradiación global sobre una superficie inclinada,  $H_i$ , es necesario calcular el ángulo solar en superficie inclinada ( $w'_s$ ), el cual se calcula mediante la siguiente expresión:

$$w'_s = \text{Min}(w_s, \text{acos}(-\tan(\phi - s) \times \text{sen } \delta))$$

Siendo  $s$  la inclinación del captador sobre la horizontal ( $35^\circ$ ).

Además, también es necesario calcular la relación entre la irradiación directa sobre una superficie inclinada y la irradiación directa sobre una superficie horizontal:

$$R_D = \frac{\cos(\phi - s) \times \cos(\delta) \times \text{sen}(w'_s) + \frac{\pi}{180} \times w'_s \times \text{sen}(\phi - s) \times \text{sen}(\delta)}{\cos(\phi) \times \cos(\delta) \times \text{sen}(w_s) + \frac{\pi}{180} \times w_s \times \text{sen}(\phi) \times \text{sen}(\delta)}$$

De este modo, ya se podría obtener  $H_i$  (Tabla 8) como:

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

	$w'_s(^{\circ})$	RD	Hi (MJ/m2)	H(MJ/m2)
<b>Enero</b>	73,79	1,96	16,43	10
<b>Febrero</b>	80,33	1,62	18,98	13,4
<b>Marzo</b>	88,23	1,30	21,26	18,1
<b>Abril</b>	89,99	1,04	22,95	22,9
<b>Mayo</b>	89,93	0,88	23,30	26,2
<b>Junio</b>	92,21	0,82	23,87	28,4
<b>Julio</b>	88,81	0,84	24,75	28,7
<b>Agosto</b>	91,40	0,97	24,34	25,6
<b>Septiembre</b>	88,49	1,19	23,25	20,9
<b>Octubre</b>	82,91	1,50	19,45	14,9
<b>Noviembre</b>	75,51	1,86	16,58	10,7
<b>Diciembre</b>	71,90	2,08	14,25	8,6

Tabla 8. Irradiación global sobre superficie inclinada.

De esta forma, en la figura 26 se puede ver de manera más gráfica como la irradiación global sobre superficie inclinada tiene una menor variación mensual que la irradiación global sobre superficie horizontal.



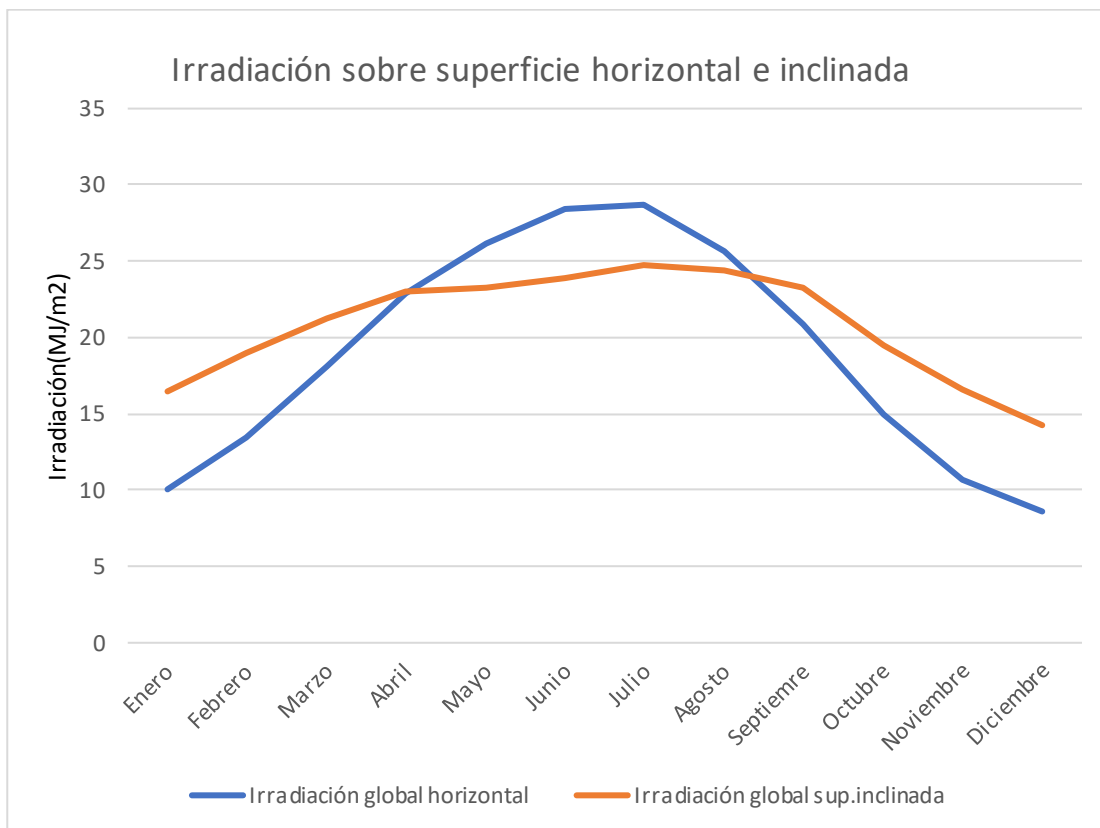


Figura 26. Gráfica Irradiación global sobre superficie horizontal e inclinada.

## 2.3. Cálculo de la demanda

### 2.3.1. Cálculo de la demanda diaria de ACS

Para el cálculo de la demanda neta de ACS es necesario saber la ocupación que el edificio va a tener y el tipo de edificio donde se encuentra la instalación solar.

En este caso, la ocupación máxima es de 58 personas. El edificio es un hotel de 3 estrellas el cual tiene una cafetería en la última planta, a tener en cuenta también para la demanda neta de ACS. Para el cálculo de la demanda de referencia se utilizará el Anexo F (Demanda de referencia de ACS) del CTE (Tabla 9).

Para esta instalación se tendrá en cuenta todas las partes que necesitan ACS. Por un lado las habitaciones del hotel, y por otro la cafetería del mismo.

$$Q_{HAB}^{ACS} = 58 \text{ personas} \times 41 \frac{\text{Litros}}{\text{día} \times \text{persona}} = 2378 \frac{\text{Litros}}{\text{Día}}$$

$$Q_{CAFET}^{ACS} = 50 \text{ personas} \times 1 \frac{\text{Litros}}{\text{día} \times \text{persona}} = 50 \frac{\text{Litros}}{\text{Día}}$$

Es decir, que la demanda total de ACS es la suma de estas dos:

$$Q^{ACS} = Q_{HAB}^{ACS} + Q_{CAFET}^{ACS} = 2378 + 50 = 2428 \frac{\text{Litros}}{\text{Día}}$$

Tabla c-Anejo F Demanda orientativa de ACS para usos distintos del residencial privado

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

Tabla 9. Demanda de referencia L/día por persona (a 60º).

### 2.3.2. Cálculo de la demanda energética de ACS

La demanda neta mensual energética de ACS se calcula a partir de la demanda neta diaria como:

$$D^{ACS} = Q^{ACS} \times \rho_{AGUA} \times cp \times n \times (T_{AC} - T_{AF})$$

$Q^{ACS}$  = Demanda diaria de ACS. (Litros/DÍA)

$\rho_{AGUA}$  = Densidad del agua a 60ºC. (0,983 Kg/Litros)

$cp$  = Calor específico del agua a 60ºC. (4190 J/KxKg)

$n$  = Número de días que tiene el mes.

$T_{AC}$  = Temperatura del agua caliente, como es la de referencia del CTE, 60ºC

$T_{AF}$  = Temperatura del agua fría de red, fijada por el CTE y la cual dependerá del mes y de la provincia.

	MES	QACS (L/DIA)	DACS (L/MES)	DACS (MJ)
<b>Enero</b>	31	2.428	75.268	15.169
<b>Febrero</b>	28	2.428	67.984	13.701
<b>Marzo</b>	31	2.428	75.268	14.854
<b>Abril</b>	30	2.428	72.840	14.070
<b>Mayo</b>	31	2.428	75.268	13.908
<b>Junio</b>	31	2.428	75.268	13.277
<b>Julio</b>	30	2.428	72.840	12.544
<b>Agosto</b>	31	2.428	75.268	12.646
<b>Septiembre</b>	30	2.428	72.840	12.544
<b>Octubre</b>	31	2.428	75.268	13.593
<b>Noviembre</b>	30	2.428	72.840	14.070
<b>Diciembre</b>	31	2.428	75.268	15.169
<b>TOTAL</b>	-	-	-	<b>165.545</b>

Tabla 10.Cálculo demanda energética mensual.

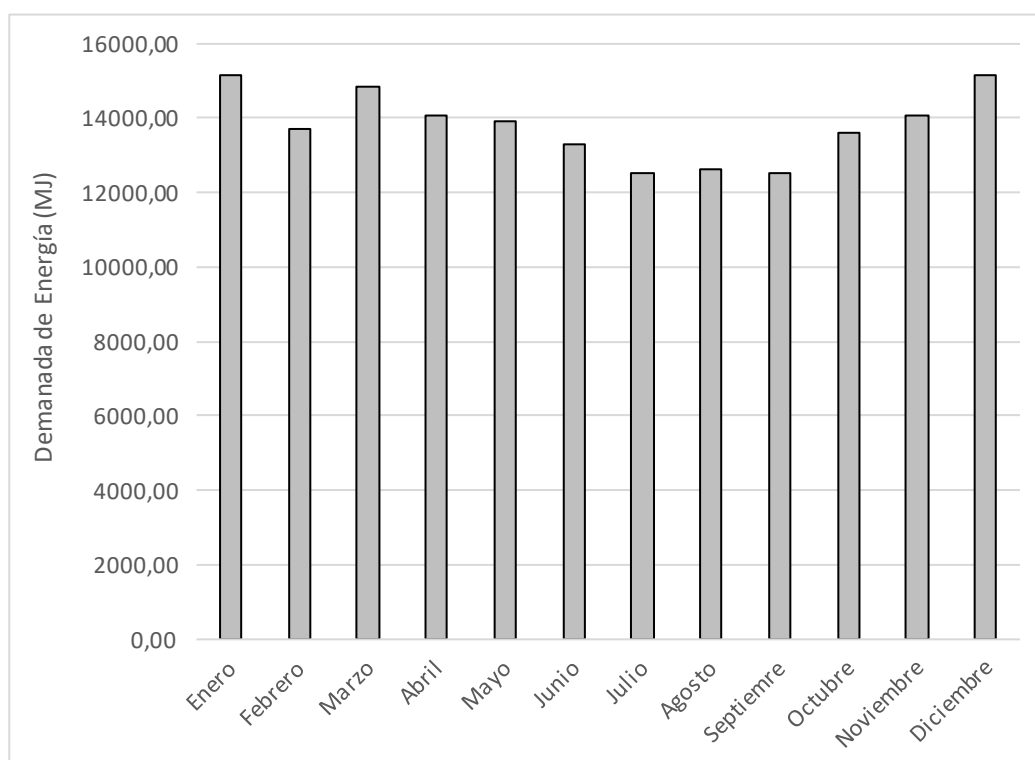


Figura 27.Gráfica demanda energética mensual

En la figura 27, se observa que la demanda mas alta se produce en los meses de Enero Marzo y Diciembre, mientras que las mas bajas, como se podia esperar, en los meses de verano.

## 2.4. Cálculo del volumen de acumulación y de la superficie de captación

Para el cálculo del volumen de acumulación se tendrá en cuenta que este se va a dimensionar en función de la energía que aporta a lo largo del día, es decir se va a prever un volumen de acumulación acorde con la demanda. En el apartado anterior se ha calculado la demanda diaria con un valor de 2428 L/Día, con lo que al menos necesitaremos un volumen de 2500 litros.

Como ya se ha comentado en el apartado de normativa de la memoria descriptiva y según el DB.HE4, la contribución mínima de energía renovable será del 60%, al tratarse de una demanda de ACS inferior a 5000 l/d.

Para el área de captación y siguiendo las recomendaciones de la guía ASIT de la energía solar térmica y el apartado 2.2.5.2 del antiguo DB-HE4, se debe cumplir la siguiente condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Aplicando esta relación y fijando el volumen de acumulación en 2500 litros, el área de captación se comprende entre 13,89 m<sup>2</sup> y 50 m<sup>2</sup>. Los captadores que se han elegido tienen un área de 2,77 m<sup>2</sup>, lo que equivale a tener en nuestra instalación un número de captadores comprendido entre 5 y 19.

Una vez se conoce el margen de captadores, mediante la herramienta CHEQ 4, realizamos una serie de simulaciones de forma que se pueda ver cual es la mejor opción que cumple con la contribución mínima de energía renovable. La simulación se hace teniendo en cuenta que el número de captadores en serie es 1 (Veáse Tabla 11 y Figura 28).

Nº De captadores	Area total captadores(m <sup>2</sup> )	Volumen acumulación(L)	Relacion V/A	Contribución solar(%)
6	16,62	2500	150	34
8	22,16	2500	113	43
10	27,7	2500	90	51
12	33,24	2500	75	58
14	38,78	2500	64	64

Tabla 11.Posibilidades del número de captadores.

Se realiza otra simulación, pero esta vez considerando que el nº de captadores es fijo y es 14,

De esta forma tendríamos de partida que el área de captación es de 38,78 m<sup>2</sup> y el volumen de acumulación podría estar comprendido entre 1940 litros y 6980 litros. De nuevo mediante el CHEQ 4, realizamos varias simulaciones variando el volumen comprendido entre estos límites, de forma que se pueda ver desde este otro punto de vista cual es la mejor opción que cumple con la normativa DB-HE4(Veáse Tabla 12 y Figura 29).

Tras realizar las simulaciones, se puede concluir que para la relación V/A=64 cumpliríamos la normativa vigente de contribución de energía renovable mínima del 60 %, por lo que la opción elegida será la de de V/A=64 (Tabla 13).

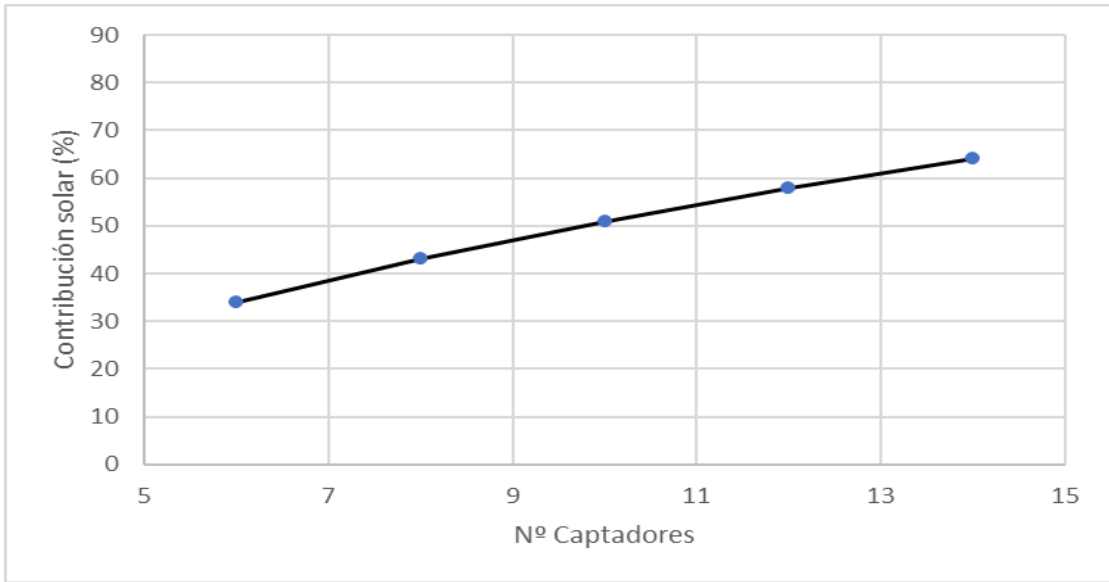


Figura 28. Gráfica de la variación de la contribución solar según el nº captadores

Volumen acumulador(L)	Nº De captadores	Área total captadores(m2)	Relacion V/A	Contribución solar(%)
2500	14	38,78	64	64
3000	14	38,78	77	66
4000	14	38,78	103	70
5000	14	38,78	129	73
6000	14	38,78	155	77
6900	14	38,78	178	80

Tabla 12. Posibilidades de volúmenes de acumulación.

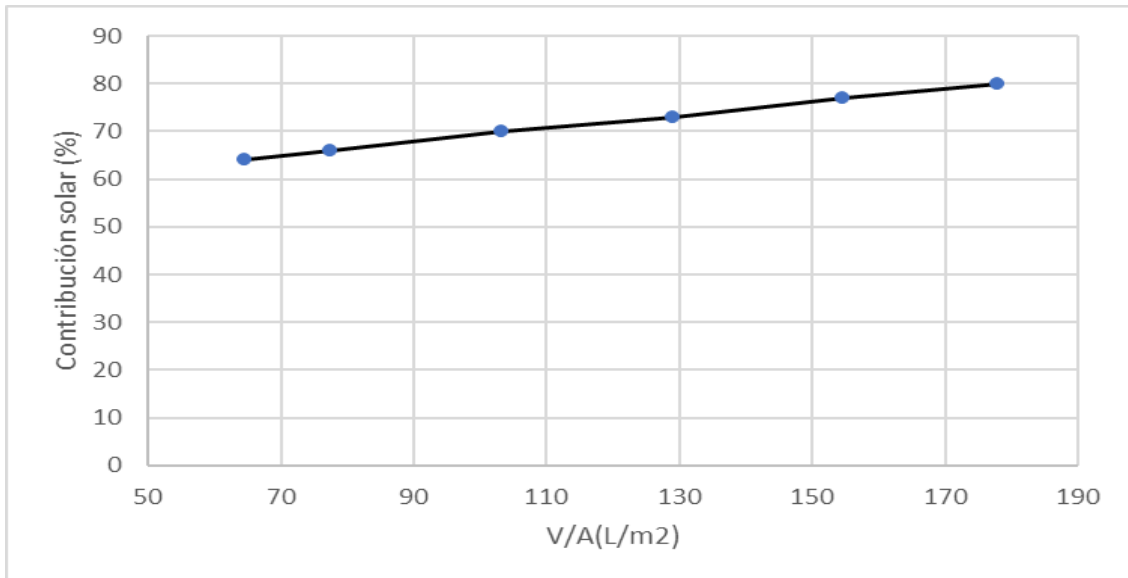


Figura 29. Gráfica de la variación de la contribución solar según la relación V/A

<b>Nº Captadores</b>	14
<b>Area de captación</b>	38,78 m <sup>2</sup>
<b>Nº de Captadores en Serie</b>	1
<b>V/A</b>	64
<b>Volumen de Acumulación</b>	2500 Litros
<b>Cobertura solar</b>	64 %
<b>Inclinación captadores</b>	35°
<b>Orientación</b>	0° Sur

Tabla 13. Resumen instalación elegida.

## 2.5. Distancia entre captadores y pérdidas

Tras el dimensionado básico de la instalación y de cara a que las pérdidas por sombra sean mínimas, se dispone a calcular la distancia entre captadores o filas de captadores. Esta distancia se puede obtener a partir de la siguiente ecuación.

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61 - \text{latitud})} = k \times h \quad [3]$$

Siendo:

d = Distancia mínima entre captadores

h = altura máxima del obstáculo.

$$k = \frac{h}{\operatorname{tg}(61 - \text{latitud})}$$

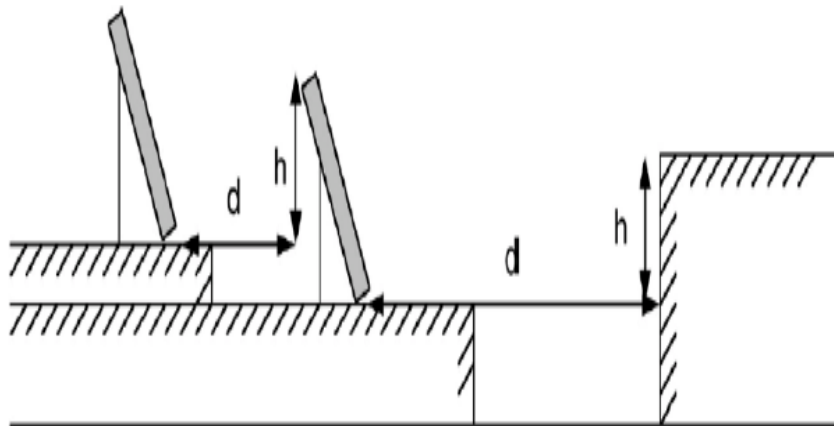


Figura 30. Distancia mínima entre captadores.

Para este caso se trata de una cubierta plana y la inclinación de los captadores es de 35°, similar a la latitud como recomienda el Código Técnico de la Edificación. Con esta información, con las

observaciones de la Figura 30 y sabiendo el largo del captador, se obtiene una altura de 1,256 metros y una distancia mínima entre captadores de 2,16 metros. Esto quiere decir que, si la distancia entre captadores es igual o superior a esta distancia, podemos deducir que las pérdidas por sombra serán las mínimas posibles.

Para el cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación, se tiene la siguiente ecuación.

$$P\acute{e}rdidas (\%) = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} \times (\beta - \beta_{\acute{o}pt}) + 3,5 \times 10^{-5} \times \alpha^2] \text{ Para } 15^\circ < \beta < 90^\circ \text{ [3]}$$

Siendo:

$\beta$  = Ángulo de inclinación de los captadores

$\beta_{\acute{o}pt}$  = Latitud de la localidad, 36,14°

$\alpha$  = La orientación de la instalación, que es 0°

En este caso y dado que no existen edificios ni objetos que puedan proyectar sombras sobre los captadores, la orientación tomada es la de 0° al sur. Tras realizar los cálculos, se puede concluir que las pérdidas por orientación e inclinación son apenas del 0,02%

## 2.7. Serpentin del depósito de acumulación

El depósito de acumulación elegido se trata de un interacumulador de 2500 Litros de la marca LAPESA, modelo MVV 2500 SB.

Se comprueba que para el interacumulador elegido y tal y como se ve en la tabla 14, la superficie de intercambio para un serpentín es de 4.8 m<sup>2</sup>. En este caso, el modelo elegido tiene 3 serpentines y por tanto la superficie total de intercambio es de 14.4 m<sup>2</sup>. Sabiendo que la relación entre el área útil de intercambio y el área de captadores, que en este caso es de 38,78 m<sup>2</sup>, no debe ser inferior a 0,2[3], se puede concluir que el intercambiador incorporado en el acumulador solar está bien dimensionado.

Características técnicas /Conexiones /Dimensiones		MVV1500 SB/SSB	MVV2000 SB/SSB	MVV2500 SB/SSB
Capacidad de A.C.S	l	1500	2000	2500
Temperatura máx.* depósito de A.C.S	°C	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S. (*)	bar	8	8	8
Temperatura máx. circuito de calentamiento (**)	°C	120	120	120
Presión máx. circuito de calentamiento	bar	25	25	25
Número de serpentines -SB /-SSB	und	2/3	2/3	3/4
Capacidad de serpentines -SB /-SSB	l	17/25	19/29	28/35
Superficie de intercambio -SB /-SSB	m <sup>2</sup>	2.8/4.2	3.4/5.0	4.8/6.1
Peso en vacío aprox. -SB /-SSB	Kg	430/445	495/510	675/685

Tabla 14. Superficie de intercambio del serpentín del acumulador

## 2.8. Cálculo de la red de tuberías del circuito primario

Una vez se han calculado el número de captadores del que se va a disponer y las pérdidas por sombras y orientación, es necesario obtener cuáles son las pérdidas que se producen en los distintos tramos de tuberías del circuito primario de la instalación.

Para ello, lo primero que hay que determinar es el caudal total que circula por el circuito primario, que se calculará a partir del caudal de ensayo del captador seleccionado, en este caso el Chromagen QR-F, el cuál tiene un caudal por captador de  $45 \frac{l}{h \cdot m^2}$ . Además, sabiendo el número de captadores, la superficie total de captación y número de captadores en serie, se obtiene el caudal del circuito primario mediante la siguiente ecuación.

$$\dot{Q}_{Primario} = \frac{\dot{q}_{capt} \times N_{capt} \times A_{total\ capt}}{N_{Capt\ serie}}$$

Siendo

$\dot{q}_{capt}$  = Caudal recomendado del captador (Litros/h)

$N_{capt}$  = Número total de captadores

$A_{total\ capt}$  = Área total de apertura de los captadores ( $m^2$ )

$N_{Capt\ serie}$  = Número de captadores en serie

El caudal del circuito primario es de  $1625,4 \frac{Litros}{hora}$ ,  $1,625 \frac{m^3}{hora}$ .

### 2.8.1. Pérdida de carga en el interacumulador

Por otro lado, para obtener las pérdidas de carga del interacumulador es suficiente con saber el caudal del circuito primario que se ha calculado en el apartado anterior. Una vez se sabe el caudal del circuito primario, se busca en el catálogo la curva de pérdida de carga del modelo elegido, en este caso MVV 2500 SB (Figura 31).

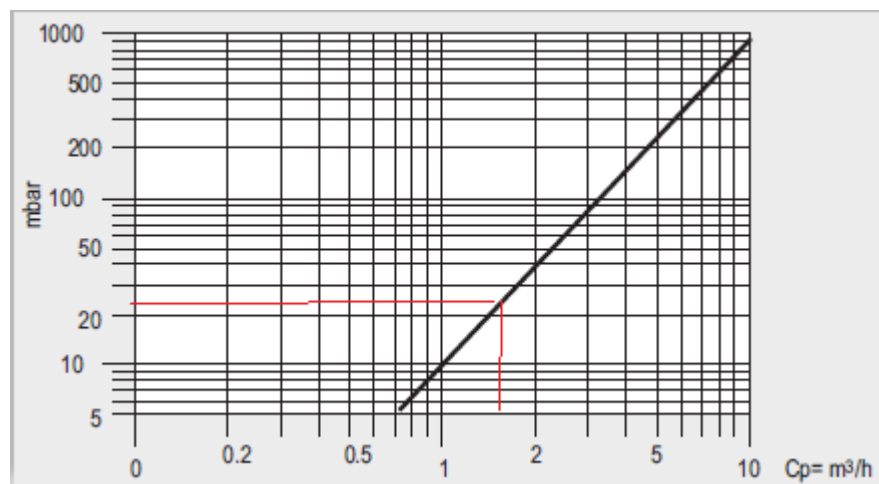


Figura 31. Pérdida de carga en el interacumulador.



Por tanto, sí se tiene que el caudal del circuito primario es  $1,625 \frac{m^3}{h}$ , la pérdida de carga para el interacumulador será aproximadamente de 23 mbar, o lo que es lo mismo, 2300 Pa.

### 2.8.2. Pérdida de carga en el captador

Con la información que nos facilita el fabricante en el catálogo sobre la pérdida de carga del captador solar, se puede calcular la pérdida de carga unitaria por captador.

$$\Delta p_{captador} = 2,59 \times q_i^2 + 2,54 \times q_i$$

Siendo  $q_i$  el caudal másico en Litros por minuto y que se puede calcular de la siguiente forma:

$$q_i = \dot{q}_{capt} \times A_{apertura} \times \rho_{agua}$$

De esta forma obtenemos que la pérdida de carga unitaria es de 14,45 mmca, o lo que es lo mismo, 141,7 Pa.

### 2.8.3. Cálculo de la red de tuberías

Para minimizar las pérdidas de carga en la red de tuberías, se utilizará la técnica del retorno invertido de manera que los desequilibrios hidráulicos se mantengan por debajo del 5% y no sea necesario la instalación de válvulas de equilibrio.

En la figura 32 se muestra la disposición de los captadores en la cubierta del edificio, así como los diferentes tramos de tuberías del circuito primario.

Para realizar el dimensionamiento de la red de tuberías y siguiendo el pliego de condiciones del IDAE se establece que:

1. La velocidad de circulación del fluido debe de ser menor a 2 m/sg a su paso por locales habitados, e inferior a 3 m/sg a su paso por el exterior.

2. Las pérdidas en tuberías por metro lineal deben ser inferiores a 40 mmca.

Teniendo en cuenta estas dos especificaciones y sabiendo que la velocidad y las pérdidas de carga pueden obtenerse a partir de las siguientes expresiones, se podrá determinar el diámetro admisible para cada tramo.

$$\text{Para la velocidad} \rightarrow v = \frac{\dot{Q}}{A} = \frac{4 \times \dot{Q}}{\pi \times D^2}$$

Siendo:

$v$  = Velocidad del fluido. (m/sg)

$\dot{Q}$  = Caudal del fluido. ( $m^3$ /sg)

$D$  = Diámetro de la tubería. (m)

Además para tuberías de cobre las pérdidas de carga se van a calcular mediante la hoja Excel "Cálculo de Red Tuberías" del profesor D. Juan Francisco Coronel Toro.

Por tanto, con estas dos expresiones y teniendo en cuenta las dos especificaciones comentadas anteriormente, se obtiene el diámetro para cada tramo de las tuberías del circuito primario. A

continuación se muestran las tablas utilizadas para seleccionar el mismo (tablas 15 y 16).

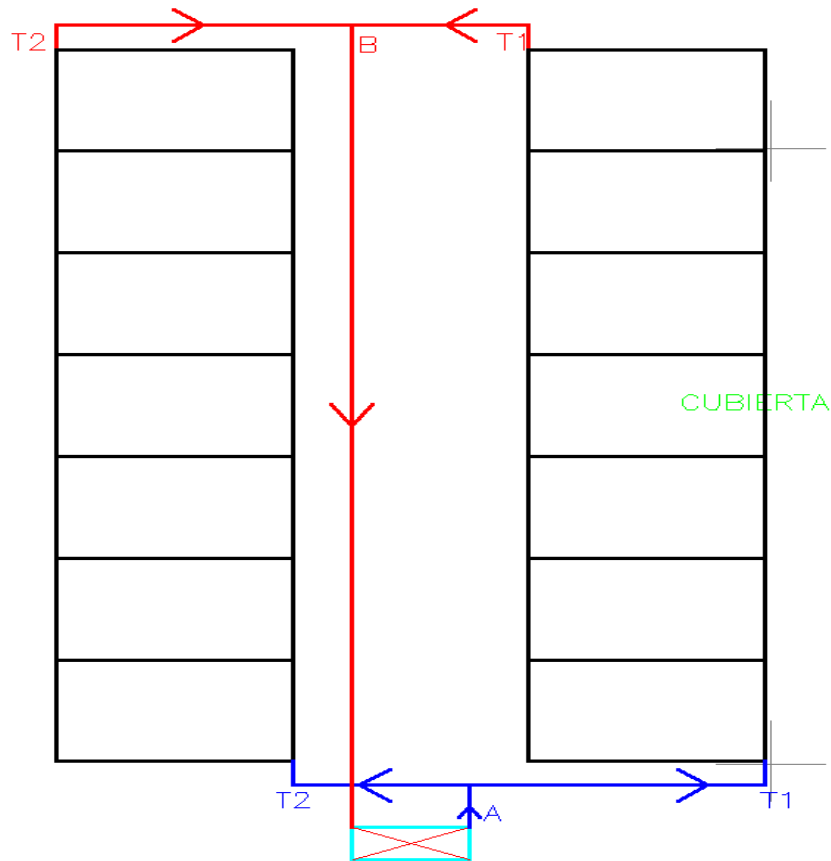


Figura 32. Distribución de captadores y red de tuberías del circuito primario.

				Velocidad del fluido(m/sg)					
				0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
D (")				0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
D(mm)				6,35	12,7	19,05	25,4	31,75	38,1
D(m)				0,00635	0,0127	0,01905	0,0254	0,03175	0,0381
Caudal(l/h)	1625,4	Caudal(m <sup>3</sup> /sg)	0,0004515	14,26	3,56	1,58	0,89	0,57	0,40
	812,7		0,00022575	7,13	1,78	0,79	0,45	0,29	0,20

Tabla 15. Velocidad del fluido en función del caudal y el diámetro de la tubería.

				Pérdida de Presión(Pa/m)					
				0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
D (")				0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
D(mm)				6,35	12,7	19,05	25,4	31,75	38,1
D(m)				0,00635	0,0127	0,01905	0,0254	0,03175	0,0381
Caudal(l/h)	1625,4	Caudal(m <sup>3</sup> /sg)	0,0004515	559285,70	15021,32	1895,29	447,65	148,34	60,70
	812,7		0,00022575	189555,29	3994,79	521,34	126,30	42,64	17,69

Tabla 16. Pérdida de carga en función del caudal y el diámetro de la tubería.

Comentar además que los caudales que se pueden observar en las tablas no son mas que los caudales que van a circular por las tuberías existentes en nuestro circuito primario, y que en este caso serán los dos indicados.

Una vez se tiene dimensionada la red de tuberías del circuito primario, hay que calcular la pérdida de carga total de la instalación. De esta forma, se podrá dimensionar la bomba de circulación.

La pérdida de carga total se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\Delta p = \Delta p_{tuberías\ y\ accesorios} + \Delta p_{equipos}$$

Siendo  $\Delta p_{tuberías\ y\ accesorios} = \sum \Delta p_i \times L_{tramo\ i}$ .

Donde  $\Delta p_i$  será la pérdida de carga del tramo i en Pa/m, y la  $L_{tramo\ i}$  será la longitud del tramo i en m, teniendo en cuenta la longitud del accesorio también.

A continuación se muestran las tablas construidas para calcular las pérdidas de carga en tuberías y accesorios (Tabla 17).

Las longitudes equivalentes de accesorios se han obtenido de los apuntes de instalaciones térmicas en edificios. (Tabla 18).

Después de todo, se suman las perdidas de carga en tuberías con las perdidas de carga en los equipos calculada en apartados anteriores, obteniéndose así la pérdida de carga total por tramo (Tabla 19). La pérdida de carga en los captadores se asocia a los tramos 1 y 2, mientras que la pérdida de carga de los equipos se asocia en los tramos A y B.

Por último y para verificar que los desequilibrios hidráulicos son menores del 5%, se van a hallar las perdidas de presión en los diferentes circuitos posibles (Tabla 20), de manera que se pueda ver fácilmente cuales son los distintos caminos posibles y la perdida de carga en dichos caminos.

Como se puede ver, al haber solo dos posibles circuitos y ser simétricos, la diferencia es la misma y, por tanto, los desequilibrios hidráulicos son menores del 5%, con lo que no será necesario usar válvulas de equilibrado.

Tramo	D(")	T rama deriv.	T rama alin.	Válvula compuerta	codo 180°	codo 90°
A	1,25	0	2	0	1	1
T1	1	0	0	2	0	2
T2	1	0	0	2	0	2
B	1,25	0	2	0	1	1

Tabla 17. Accesorios por tramos.

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

Tabla 18.Longitudes equivalentes de los accesorios en función del diámetro.

Tramo	Ltramo(m)	Laccesorio(m)	Leq	$\Delta p(\text{Pa}/\text{m})$	$\Delta P_{\text{tub}}(\text{Pa})$	$\Delta P_{\text{Equipos}}(\text{Pa})$	$\Delta P_{\text{tot}}(\text{Pa})$
A	26,52	1,66	28,18	148,34	4180,40	2300	6480,40
T1	6,22	1,54	7,76	126,30	979,55	994	1973,55
T2	6,22	1,54	7,76	126,30	979,55	994	1973,55
B	36,05	1,66	37,71	148,34	5593,88	2300	7893,88

Tabla 19.Pérdida de carga total en tuberías.

Posibles circuitos	Perdida de presión(Pa)	Diferencia con la máxima
AT1B	16347,83	0,0%
AT2B	16347,83	0,0%

Tabla 20.Perdida de presión en los posibles circuitos.

## 2.8. Dimensionado de la bomba del circuito primario

Para dimensionar la bomba es necesario saber el caudal total que circula por el circuito primario, ya calculado anteriormente y la pérdida de carga del circuito mas desfavorable que debe vencer la bomba, esta ultima es la calculada en el apartado anterior, multiplicada por un factor de seguridad k, siguiendo las recomendaciones de la Guía Técnica de Energía Solar Térmica (IDAE y ASIT), de 1,05.

$$\Delta p_{circ,desf} = \Delta p_{AT1B} \times k = (16347 \times 1,05) = 17165 \text{ Pa} = 1,75 \text{ mca.}$$

$$\dot{Q}_{Primario} = 1625,4 \frac{l}{h} = 1,625 \frac{m^3}{h}.$$

Con estos dos parámetros de la bomba, y sabiendo el fabricante elegido, en este caso Sedical, se ve en la curva característica de sus bombas (Figura 33) cual es la bomba que mejor se adapta, que en este caso es el modelo SA(X) 25/4-B, con alimentación 1x230 Voltios, 50 Hz, 1 fase y con un consumo regulado que va de 5 a 22 Watios.

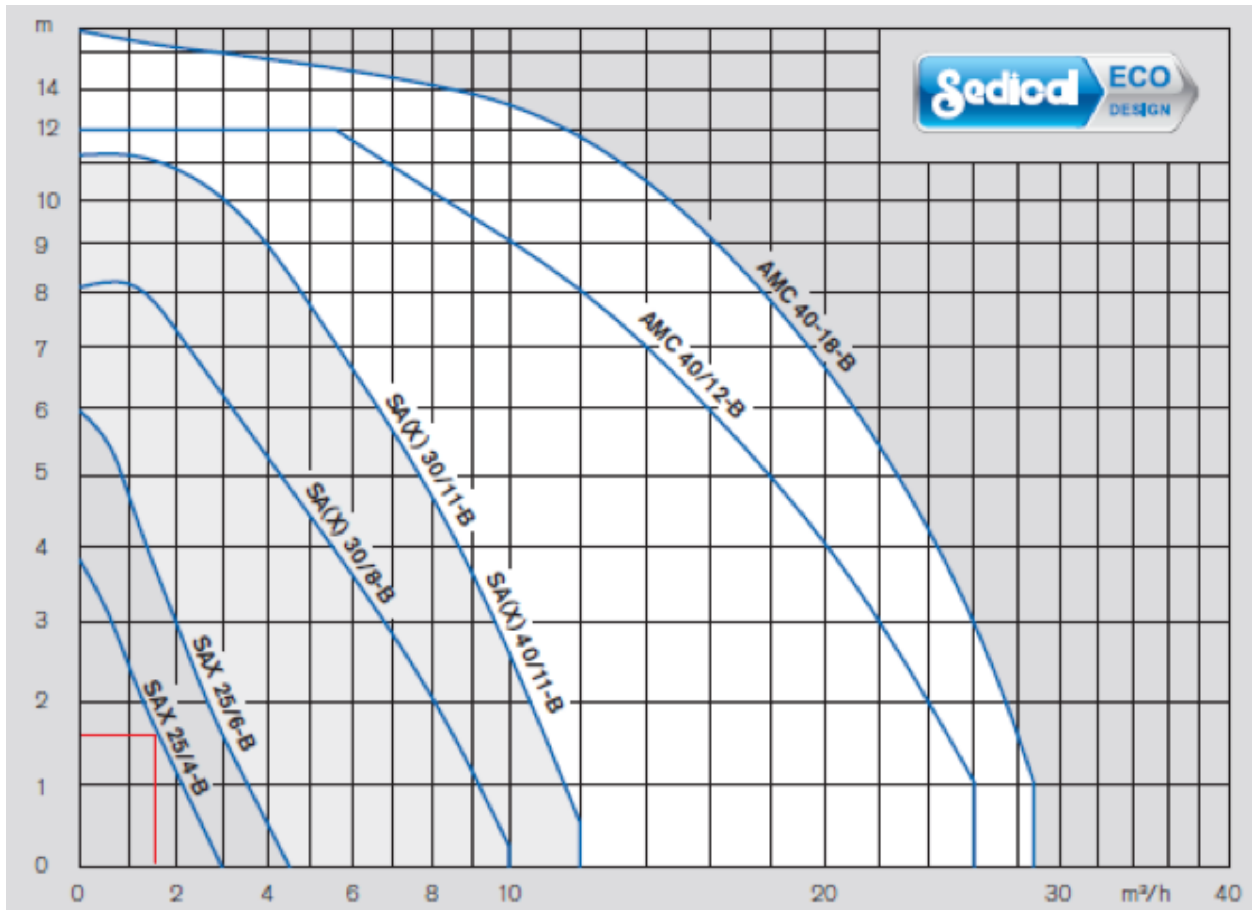


Figura 33. Curva característica de la bomba.

## 2.9. Dimensionamiento cable conexión a la red

En este apartado se va a calcular la sección del cable que conectará a las bombas con la red eléctrica. Para ello se hará uso de las características técnicas de la bomba (Tabla 21) y las siguientes Instrucciones Técnicas Complementarias de Baja Tensión (ITC-BT):

- ITC-BT07. Permite calcular la sección del cable cumpliendo con el criterio térmico, obteniéndose de la tabla 5 de esta instrucción, la mínima sección, de 6 mm<sup>2</sup> con aislamiento de PVC, que permite una intensidad máxima admisible de 63 A, mucho mayor que la intensidad nominal de la bomba.
- ITC-BT11. Para calcular la sección del cable, además de tener en cuenta la intensidad máxima

admisible, es necesario tener en cuenta la caída máxima de tensión admisible, la cual depende de la longitud y de la sección del cable. En este caso, como las dimensiones son mínimas, no se utilizará el criterio de caída de tensión para el cálculo.

- ITC-BT21. Esta instrucción se usa para la protección de los cables de daños no eléctricos. La tabla 2 disponible en la instrucción muestra los diferentes diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número de conductores y la sección de los conductores. Se tienen 2 conductores, fase y neutro, y una sección nominal de  $6 \text{ mm}^2$ , por lo que el diámetro exterior del tubo será de 16 mm.

Por último comentar que la bomba va equipada con protección interna del motor eléctrico y no requiere protección externa del motor.

<b>Bomba ACS Sedical Modelo SAX 25/4B</b>	
<b>Intensidad Nominal(A)</b>	0,19
<b>Potencia Nominal(W)</b>	22
<b>Tensión(V)</b>	230
<b>Fase</b>	1

Tabla 21. Características eléctricas de la bomba

## 2.10. Dimensionado del vaso de expansión

Para el dimensionado del vaso de expansión se va a utilizar la norma UNE 100-155, que establece los criterios para el diseño y el cálculo de un sistema de expansión de agua en un circuito cerrado.

El volumen del vaso de expansión se calcularía de la siguiente forma:

$$V_{v.expansión} = V_{total+Cseg} \times c_e \times c_p$$

Donde

$V_{v.expansión}$  = Volumen mínimo del vaso de expansión.

$V_{total+Cseg}$  = Volumen total del circuito primario + Coeficiente de seguridad.

$c_e$  = Coeficiente de expansión del fluido.

$c_p$  = Coeficiente de presión del fluido.

El volumen total del circuito no es más que la suma del volumen encerrado en las tuberías, captadores y serpentín de los interacumuladores que, además se le aplicara un 10% adicional como coeficiente de seguridad. El volumen de las tuberías se calcula mediante el diámetro y la longitud del tramo, mientras que el volumen de los serpentines y los captadores vienen en el propio catálogo del fabricante. A continuación se muestra una tabla (tabla 22) con los volúmenes para cada tramo y para los distintos equipos.

Tramo	Caudal(l/h)	Ltramo(m)	D(″)	D(mm)	r(m)	Volumen(l)
A	1625,4	0,5213	1,25	31,75	0,015875	0,00041
T1	812,7	6,216	1	25,4	0,0127	0,00315
T2	812,7	6,216	1	25,4	0,0127	0,00315
B	1625,4	10,05	1,25	31,75	0,015875	0,00796
Captadores 14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	21
InterAcumulador	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	84
<b>TOTAL</b>						<b>115,52</b>

Tabla 22.Volumen por tramo y equipos.

Como se ha comentado antes, para obtener el volumen total, habrá que multiplicar el volumen obtenido por el coeficiente de seguridad ( $C_{seg}$ ).

$$V_{total+Cseg} = V_{total,cp} \times C_{seg} = 105,01 \times 1,1 = 115,52 \text{ Litros.}$$

Para el cálculo del coeficiente de expansión del fluido, si la temperatura del mismo está comprendida entre los 30°C y los 70°C, que en este caso es de 60°C, se utiliza la siguiente expresión:

$$c_e = (-1,75 + 0,064t + 0,0036t^2) \times 10^{-3}$$

Se obtiene por tanto un coeficiente de expansión de 0,01505.

El coeficiente de presión se define como:

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

Donde

$P_M$  = Presión máxima de trabajo.

$P_m$  = Presión mínima de trabajo.

La presión máxima es de 10 bar, ya que es la máxima que aguantan los equipos del circuito primario, mientras que la presión mínima está fijada por la diferencia de altura entre el punto más alto de la instalación y el punto de situación del vaso de expansión. En este caso la cota es de 0,5m, al que además se aplicará otro 0,5 de seguridad, por lo que la presión mínima sumándole la atmosférica es de 2 bar.

Una vez calculados los coeficientes, se obtiene un volumen mínimo del vaso de expansión de 1,67 litros y, por tanto, se elige el vaso de expansión del fabricante IBAIONDO, modelo 2 SMF que tendrá una capacidad de 2 litros.

## 2.11. Cálculo de espesores de aislamiento para tuberías del circuito primario

Lo último que queda por dimensionar son los aislamientos de las tuberías del circuito primario, que, para ello se hace uso del apartado IT 1.2.4.2 Redes de tuberías y conductos, del RITE, donde se especifican las siguientes generalidades:

- Todas las tuberías y accesorios de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos refrigerados con temperaturas menor que la temperatura ambiente del local por el que discurran o cuando contengan fluidos con temperatura mayor de 40°C cuando estén instalados en locales no calefactados.
- Cuando las tuberías o los equipos estén instalados en el exterior del edificio, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie.
- Los equipos y componentes y tuberías, que se suministren aislados de fábrica, deben cumplir con su normativa específica en materia de aislamiento.
- En toda instalación térmica por la que circulen fluidos no sujetos a cambio de estado, en general las que el fluido caloportador es agua, las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no superarán el 4 % de la potencia máxima que transporta.
- Para el cálculo del espesor mínimo de aislamiento se podrá optar por el procedimiento simplificado o por el alternativo. En ningún caso el espesor mínimo debe ser menor al especificado en las tablas de la IT 1.2.4.2.1.2.

En este caso se va a emplear el procedimiento simplificado donde los espesores de aislamiento térmico están tabulados en función del diámetro exterior y de la localización de las tuberías en la tabla del RITE 1.2.4.2.1.2 tal y como se puede ver en la tabla 23.

Diámetro exterior (mm)	Aislamiento de tuberías para ACS	
	Interior	Exterior
$D \leq 35$	30	40
$35 < D \leq 60$	35	45
$60 < D \leq 90$	35	45
$90 < D \leq 140$	45	55
$140 < D$	45	55

Tabla 23. Espesor mínimo de aislamiento en tuberías y accesorios.

En la tabla 24 se pueden ver cuales son los espesores de aislamiento para cada tramo de tubería



Tramo	D(")	D(mm)	Espesor(mm)
A	1,25	31,75	30
T1	1	25,4	40
T2	1	25,4	40
B	1,25	31,75	30

Tabla 24. Aislamiento por tramos de tuberías.

## 2.12. Centralita de regulación de control

Para el Sistema de control se elige la centralita de regulación de la marca Scorell, más en concreto el modelo LTDC y cuyas características se encuentran en la memoria descriptiva

En este caso la regulación se va a realizar a partir de dos reguladores diferenciales de temperatura, uno de ellos ya se encuentra incorporado, más en concreto el de la instalación convencional. Por un lado, uno encargado de activar y desactivar la bomba del circuito primario en función de la diferencia de temperatura entre salida de captadores y la parte inferior del interacumulador, y por otro lado, el otro regulador es el encargado de activar y desactivar la bomba del sistema auxiliar, sistema que tal y como se ha dicho antes, ya existe en la instalación. En la memoria descriptiva se puede ver una descripción más detallada del sistema de control (Figura 34).

Las sondas de temperaturas están incluidas con 6 entradas para sensores PT 1000, 3 salidas relé 230 V (on/off), 2 de ellas para control de velocidad, y más de 36 variantes hidráulicas.



Figura 34. Accesorios del sistema de control.

## 2.13. Accesorios

Se colocan 2 purgadores automáticos a la salida de las baterías de los captadores, que son los puntos donde puede quedar aire acumulado.

Se coloca un filtro en la aspiración común a las dos bombas.

Se colocan válvulas de corte a la entrada y salida de todos los equipos:

- 4 Válvulas para las 2 hileras de 7 captadores.
- 8 Válvulas en las 2 bombas.
- 4 Válvulas en el interacumulador solar.
- 1 Válvula en la entrada del agua de red, otra valvula en la bifurcación hacia la salida del interacumulador y otra en la entrada al acumulador auxiliar que viene desde el interacumulador y la bifurcación del agua de red.
- 1 Válvula en el grupo hidráulico de llenado.

Se colocan 2 válvulas antiretorno a la salida de las bombas de circulación y 2 válvulas de seguridad, una junto al vaso de expansión y otra a la salida de los captadores.

Por último existe una valvula de vaciado en la salida de los captadores.

## ANEXO: CERTIFICACIÓN DEL CHEQ4

---

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

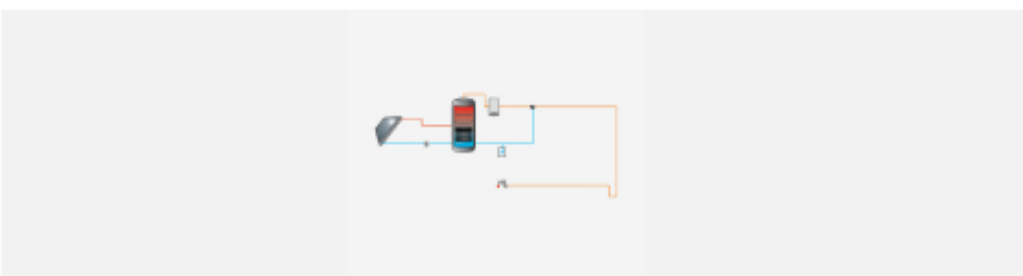
## Datos del proyecto

Nombre del proyecto	
Comunidad	
Localidad	
Dirección	

## Datos del autor

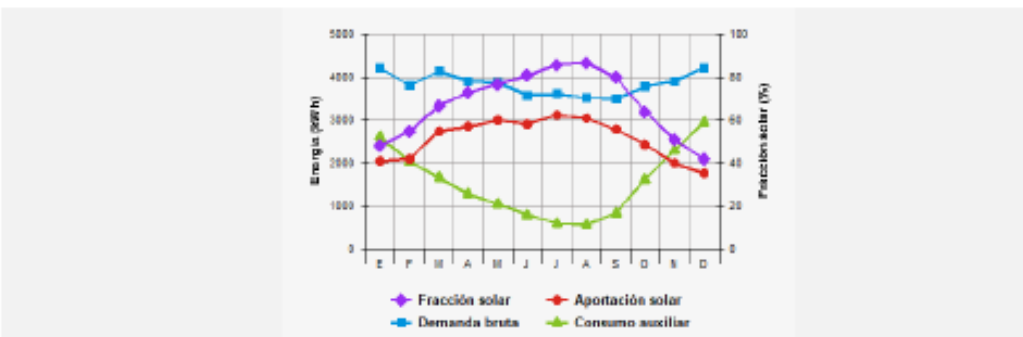
Nombre	
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

## Características del sistema solar



Localización de referencia	Algeciras (Cádiz)											
Altura respecto la referencia [m]	0											
Sistema seleccionado	Instalación de consumidor único con interacumulador											
Demanda [l/día a 60°C]	2.419											
Ocupación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

## Resultados



Fracción solar [%]	67
Demanda neta [kWh]	45.702
Demanda bruta [kWh]	46.194
Aporte solar [kWh]	30.862
Consumo auxiliar [kWh]	18.322
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	7.777

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

Parámetros del sistema		Verificación en obra
<b>Campo de captadores</b>		
Captador seleccionado	QR-F ( CHROMAGEN ESPAÑA, S.L.U)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	NPS-7419	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	14,0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	1,0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0,1	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0,0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	35,0	<input type="checkbox"/>
<b>Circuito primario/secundario</b>		
Caudal circuito primario [l/h]	1.625,0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	0,1	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	15,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	21,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	40,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
<b>Sistema de apoyo</b>		
Tipo de sistema	Caldera convencional	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Gas natural	<input type="checkbox"/>
<b>Acumulación</b>		
Volumen [l]	2.500,0	<input type="checkbox"/>
<b>Distribución</b>		
Longitud del circuito de distribución [m]	60,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	31,8	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	30,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	60,0	<input type="checkbox"/>

## 3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

### 3.1. Objeto de campo y aplicación

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares térmicas para calentamiento de ACS, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad.

Se especificarán todos los componentes y sus materiales utilizados, pruebas a realizar y puesta en marcha, además del mantenimiento que se debe aplicar durante la vida útil de la instalación.

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

### 3.2. Normativa aplicable

Todos los equipos y materiales se regirán por la siguiente normativa:

- Código Técnico de la Edificación, Real Decreto 732/2019, de 20 de Diciembre (CTE-DB-AE, CTE-DBSI y CTE-DB-HR)
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE), Real Decreto 178/2021, de 23 de Marzo.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus instrucciones complementarias (ITC-BT), Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto.
- Pliego de Especificaciones Técnicas para Instalaciones de Energía Solar Térmica a Baja Temperatura.
- Norma UNE-EN 12975-1:2006." Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores Solares".
- Además de la normativa de carácter obligatorio mencionada, se utilizará otras normas o recomendaciones de guía como la UNE de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) o las normas NTE del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. En cualquier caso se seguirá con la última actualización de toda la normativa mencionada.
- Se cumplirá con toda normativa de carácter regional y local.

### 3.3. Condiciones de materiales y equipos

#### **Tuberías**

En los distintos circuitos cerrados podrán utilizarse tuberías de cobre, de acero inoxidable, de acero negro o material plástico compatible con el fluido utilizado, que soporten las condiciones extremas de funcionamiento y con la protección necesaria en función de su ubicación.

Para el caso de circuitos de agua caliente sanitaria podrán utilizarse tuberías de cobre, acero inoxidable o materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito, que cumplan las normas UNE de aplicación y que la utilización de este material esté autorizada por las compañías de agua potable.

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

En todos los casos será recomendable prever la protección catódica del acero según la norma

UNE-100050.

Todos los elementos metálicos que no estén galvanizados o que no estén protegidos contra la oxidación por su fabricante, se les aplicará dos capas de pintura antioxidante a base de resinas sintéticas acrílicas multi pigmentadas por minio de plomo, cromado de zinc y óxido de hierro. De las dos manos de pintura se da una fuera de obra y otra con el tubo ya instalado.

### **Accesorios**

- Compensadores de dilatación:

Se utilizan en los circuitos de agua caliente. Se colocarán siempre entre dos puntos fijos, capaces de soportar los esfuerzos de dilatación y presión que se originan.

- Juntas:

Estará prohibido utilizar amianto. La presión nominal será PN-10 y soportarán temperaturas de hasta 200°C.

- Lubricante de roscas:

Se aplicará uno de uso general que no sea endurecedor ni venenoso.

- Derivaciones:

Se pueden utilizar empalmes soldados. Las aperturas en tuberías se harán con la suficiente precisión de manera que estén perfectamente acabadas.

- Codos en bomba:

Cuando sea necesario la conexión directa de un codo a una bomba, este deberá ser de radio largo en la succión y descarga para facilitar las mismas.

- Sombreretes:

Es necesario proteger todas las tuberías que vayan por el tejado del edificio.

- Guías:

Se instalarán guías donde indique el fabricante, como, por ejemplo, en liras o juntas de expansión.

- Termómetros:

Serán de mercurio, con una escala adecuada al servicio y dentro de una caja metálica protectora con ventana de vidrio, instalados para que su lectura sea sencilla.

- Manómetros:

Los manómetros serán con válvula de aguja de aislamiento en acero inoxidable e inmersos en glicerina. La precisión como mínimo será del 99%.

- Válvulas de seguridad:

Se incluirán todas las válvulas de seguridad necesarias para un funcionamiento de los sistemas completamente seguro y correcto.

- Purga de Aire:

Cuando se necesite y con el objetivo de evitar la formación de cámaras de aire, además de una instalación silenciosa, se dispondrá la tubería con pendiente ascendente hacia la dirección del

flujo.

Los trazados de tuberías horizontales tendrán siempre una pendiente mínima del 1%.

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

- Vaciados:

Los vaciados se dirigirán al sumidero o desagüe más cercano, y además dispondrán de una válvula de vaciado para que la tubería descargue correctamente.

### **Captadores**

El captador deberá llevar una placa metálica en un lugar visible con las siguientes características técnicas:

- Nombre del fabricante y lugar de fabricación.
- Año de fabricación.
- Nº de Serie.
- Marca y modelo.
- Área de captación.
- Superficie del captador.
- Dimensiones.
- Capacidad del fluido.
- Presión Máxima de trabajo.
- Temperatura de estancamiento a  $1000 \text{ W/m}^2$  y a 30°C.
- Peso en vacío.

Además, será recomendable que el material de la parilla de tubos de los captadores sea metálico y que la distancia media entre el absorbedor la cubierta transparente esté comprendida entre los 2 y 4 cm.

El captador llevará preferentemente un orificio de ventilación con un diámetro superior a los 4 mm, que estará situado en la parte inferior de manera que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. Este orificio se realizará de tal manera que pueda drenarse en su totalidad y sin afectar al aislamiento.

Se recomienda que todos los captadores de los que se componga la instalación sean del mismo tipo y modelo. Si esto no fuera posible debido a una rehabilitación o ampliación, se dispondrá de un sistema de regulación del caudal para que así se pueda conseguir el mismo caudal que las baterías de los captadores existentes.

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

Todos los materiales de la estructura soporte se deberían proteger contra la acción de los agentes ambientales, más en concreto contra el efecto de la radiación solar y la corrosión. Las estructuras de acero deberían protegerse a partir de galvanizado por inmersión en caliente, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes. Antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura, se debería llevar a cabo la realización de taladros en la estructura.



La tornillería y piezas auxiliares se recomienda que sean de acero inoxidable.

### **Acumuladores**

El acumulador deberá llevar una placa o etiqueta identificativa en un lugar visible con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Año y número de fabricación.
- Marca y modelo.
- Volumen neto de almacenamiento en litros.
- Presión máxima de trabajo.
- Temperatura máxima de trabajo.
- Principales dimensiones.

Además, cuando el intercambiador este incorporado en el acumulador, la placa deberá indicar también los siguientes datos:

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

Además, el intercambiador estará colocado en la parte inferior del acumulador y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El intercambiador sumergido podrá ser a su vez de serpentín o de haz tubular.

Cada acumulador vendrá equipado de fábrica con los manguitos necesarios 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 embrizado 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 (Termómetros y termostatos).
- Manguito para el vaciado.

El depósito acumulador llevará estaré enteramente cubierto con material aislante y además será recomendable añadir una protección mecánica en chapa pintada o lámina de material plástico.

En general podrán utilizarse acumuladores de las siguientes características:

- Acumuladores de acero vitrificado con protección catódica.
- Acumuladores de acero con un tratamiento que asegure la resistencia a temperatura y corrosión con protección catódica.
- Acumuladores de acero inoxidable adaptados al tipo de agua y temperatura de trabajo.
- Acumuladores de cobre.
- Acumuladores no metálicos que sean capaces de soportar las condiciones extremas del circuito, resistan a la presión y temperatura más desfavorables y esté autorizada su utilización por la administración competente.

## **Bombas**

Al igual que los captadores y acumuladores, las bombas de circulación deberán llevar una placa o etiqueta identificativa en un lugar visible con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Marca y modelo.
- Características eléctricas.
- Numero de serie.

Además, deberán cumplir las siguientes especificaciones técnicas en cuanto a materiales y prestaciones:

1. Rodete de fundición o bronce.
2. Eje acero inoxidable AISI 316.
3. Tubo de estanqueidad en acero inoxidable.
4. Cojinete a bolas de carbono, a prueba de polvo y humedad.
5. Cierres mecánicos: todas las bombas deberán estar provistas de cierres mecánicos y separadores de sedimentos.
6. Juntas torcas de EPDM.
7. Acoplamientos flexibles del tipo todo acero con protector de acoplamiento. Se incluirá espaciador en el acoplamiento para facilitar el mantenimiento de grupo.
8. Rotor húmedo o seco, según documentos del proyecto.
9. Motor de 2 o 4 polos, 2900 o 1450 rpm, 220 V/1 ó 380V/3, 50 Hz IP.44 Clase F.
10. Caudal, altura manométrica, potencia del motor, número de velocidades y presión sonora según lo establecido en las especificaciones técnicas.
11. En circuitos de ACS, los materiales de la bomba serán resistente a la corrosión.
12. Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

## **Vasos de expansión**

Los vasos de expansión llevarán una placa de identificación en un lugar visible con las siguientes características:

- Nombre del fabricante.
- Marca y modelo.

Que, además deberán cumplir las siguientes características:

1. Temperatura máxima de trabajo recomendable de 100°C. Se adoptarán las medidas necesarias para que no llegue al vaso de expansión fluido a una temperatura que supere la máxima recomendable.
2. Para evitar fugas, se deben presurizar con nitrógeno puro. No aconsejable el uso de aire para esta aplicación debido a que puede reducirse la vida útil del vaso de expansión
3. El cuerpo exterior estará hecho de acero con doble tratamiento antioxidante y accesible a la

membrana de expansión interior.

### **Válvulas**

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

- 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.

En función del tipo de válvula que se elija para una aplicación determinada, se diseñarán con un tipo de material diferente:

1. Válvulas de asiento: el cuerpo, el prensa-estopas y la tapa se fabricarán del mismo material, bronce, fundición de hierro o acero. El obturador tendrá forma de pistón o asiento plano. El asiento será de bronce o acero inoxidable, según el material del cuerpo.
2. Válvulas de esfera: el cuerpo será de fundición, hierro o acero. Esfera y eje de acero duro cromado o acero inoxidable.
3. Válvulas de seguridad de resorte: cuerpo de hierro fundido o acero al carbono. Obturador y vástago de acero inoxidable. Prensa estopas de latón.
4. Válvulas de retención: cuerpo y tapa de bronce o latón. Asiento y clapeta de bronce.
5. Purgadores de aire: cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón. Mecanismo de acero inoxidable. Flotador y asiento de acero inoxidable o de plástico. Obturador de goma sintética.

En el cuerpo de la válvula irán grabados la presión nominal PN, expresada en bar o  $\text{kg/cm}^2$ , y el diámetro nominal DN, expresado en mm o pulgadas, cuando el diámetro sea superior a 25mm.

La presión nominal de todo tipo de válvulas deberá ser  $\geq 4 \text{ kg/cm}^2$ .

Las válvulas de seguridad deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores de forma que en ningún caso se sobrepase la presión máxima de trabajo del captador o del sistema.

### **Aislamiento**

En lo respectivo al material que se use como aislante, deberá cumplir con los requisitos de la norma UNE 100171:1989.

El material aislante que se sitúe en el exterior bajo las condiciones climatológicas, deberá protegerse adecuadamente para evitar su deterioro.

Como protección del material podrá usarse una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio y, en el caso de que el aislamiento sea de espuma elastómera, se podrá usar pinturas plásticas impermeables cuya exposición prolongada al sol no afecte las propiedades fundamentales.

## **Sistema eléctrico y control**

El diseño de la instalación eléctrica se regirá por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Se construirá un cuadro eléctrico específico para la instalación solar. El sistema de control estará basado en un controlador digital programable que incorporará una adquisición de datos de la instalación en tiempo real que se podrá gestionar a distancia y no ser necesario tener in situ, en la sala de máquinas, un responsable/encargado.

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

Los sensores de temperaturas soportarán las temperaturas máximas previstas en el lugar donde se ubiquen.

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte que hay que medir la misma. En el caso de los sensores de temperatura de inmersión, se instalarán a contracorriente con el fluido. Además, estos sensores deberán estar aislados de la influencia de condiciones ambientales que le rodean.

La ubicación de las sondas se tiene que realizar de forma que estas midan exactamente la temperatura que se desea 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.

## **Sistema de medida**

Los sistemas de medida nos proporcionan información y datos sobre el estado y funcionamiento de la instalación.

### **1. Medida de caudal:**

Se utilizarán contadores de caudal de agua constituidos por materiales resistentes al agua. En el caso de que este sistema de medida se ubique en el exterior, se precintará y protegerá contra intervenciones fraudulentas. Se suministrarán los siguientes datos facilitados por el fabricante:

- Caudales: en servicio continuo, máximo, mínimo y de arranque.
- Calibre.
- Temperatura máxima del fluido.
- Presión máxima.
- Dimensiones y modo de conexión.
- Pérdida de carga según el caudal.

### **2. Medida de la temperatura:**

Las medidas de temperaturas se realizarán mediante sondas, termopares, termómetros de resistencia o termisores. Los medidores de temperatura deberán estar preferentemente inmersos en el fluido para obtener la mayor precisión.

### **3. Medida de la energía térmica:**

Contadores constituidos por los siguientes elementos:

- Contador de agua.

- Dos sondas de temperatura.
- Microprocesador electrónico.

### 3.4. Condiciones de montaje

#### 3.4.1. Requisitos generales

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

Los fabricantes de cada equipo especificarán las condiciones de montaje, según los materiales escogidos y se complementarán con la aplicación de las reglamentaciones vigentes que tengan competencia en cada caso.

Será responsabilidad del suministrador comprobar que el edificio reúne las condiciones necesarias para soportar la instalación. Esta se indicará en la documentación expresamente.

También será responsabilidad del suministrador comprobar la calidad de los materiales y agua utilizados, de manera que se ajusten a lo especificado en estas normas.

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

Con carácter general se deberán considerar que:

- Las conexiones de todos los aparatos y máquinas deberían estar protegidas con el fin de evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades.
- La instalación de todos los componentes, equipos, válvulas, etc. se realizará de manera que sea posible el posterior acceso a efectos de su mantenimiento, reparación o desmontaje.
- Una vez realizada la instalación, las placas características de cada elemento deberán estar visibles.
- Es responsable del administrador que la calidad de los materiales esté acorde a lo especificado en el proyecto.
- Todos los elementos metálicos que no estén protegidos contra la oxidación por el fabricante, serán recubiertos con un tratamiento antioxidante que se defina.
- Ningún elemento de la instalación debe entorpecer el paso en los espacios donde se ubiquen.
- El cumplimiento de la normativa se vigilará exhaustivamente en cuanto al trazado de tuberías y líneas eléctricas.

#### 3.4.2. Montaje de la estructura soporte y captadores

La estructura soporte se fijará al edificio de tal forma que resista las cargas indicadas en el Proyecto.

La sujeción de los captadores a la estructura serán capaces de resistir las cargas de viento y nieve, y además, por si fuera necesario, permitirá el movimiento del captador para que no se transmitan esfuerzos de dilatación.

Los captadores se montarán según las instrucciones del fabricante. Se tendrán en cuenta las recomendaciones del fabricante en lo que respecta a los periodos prolongados expuestos al sol y la forma de mantener el conexionado para que no entre suciedad en el circuito.

La conexión entre captadores podrá realizarse mediante manguitos, accesorios metálicos o tuberías flexibles.

La instalación de los captadores se realizará de tal forma que su desmontaje sea posible con el mínimo de actuaciones sobre los demás.

#### 3.4.3. Montaje de acumuladores

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

Los acumuladores se montarán siguiendo las instrucciones del fabricante.

La estructura soporte y su fijación para depósitos de más de 1000 Litros situados en cubiertas o pisos deberá ser diseñada por un profesional competente.

#### 3.4.4. Montaje de la bomba

Las bombas se instalarán siguiendo las instrucciones del fabricante y con espacio suficiente para que puedan ser desmontadas con facilidad y sin necesidad de desarmar las tuberías adyacentes. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser menor al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

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

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

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

#### 3.4.5. Montaje de tuberías y accesorios

Previo al montaje, se comprobará que las tuberías y accesorios no estén dañadas.

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

Las piezas especiales como los manguitos, estepas 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 de la edificación evitando hacer trazados diagonales. Se tendrán en cuenta las pendientes que deban utilizarse para el correcto vaciado de la instalación y para evitar la formación de bolsas de aire. Para ello, los tramos horizontales de tubería se montarán con pendiente descendente para facilitar el vaciado y ascendente en el sentido de evacuación del aire. Se evitarán sifones invertidos para evitar la formación de acumulaciones de aire y los sifones normales para evitar acumulación de impurezas.

Las tuberías se instalarán lo más próximo posible a paramentos donde se puedan ubicar los elementos de soporte que deben impedir la transmisión de vibraciones al edificio, por ejemplo, usando juntas de goma entre apoyos y paredes. Se dejará además el espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios y se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Será necesario verificar el cumplimiento de toda reglamentación vigente que le sea de aplicación y no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos como cuadro o motores.
- Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente.
- No se debe realizar la instalación de tuberías en hueco y salas de equipos de ascensores, centros de transformación y chimeneas en uso.
- Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos y las conexiones de componentes al circuito deberían ser fácilmente desmontables por bridas o racores con el fin de facilitar su sustitución o reparación.
- Se facilitarán las dilataciones de tuberías utilizando los cambios de dirección o dilatadores axiales.
- Para evitar la corrosión del exterior de las tuberías de acero se procederá a su protección mediante limpieza de la superficie, imprimación anticorrosiva y pintura de acabado.
- Se deben utilizar manguitos anti-electrolíticos para evitar el inicio de corrosión en la unión entre distintos materiales, como cobre y galvanizado, sobre todo en circuitos de ACS.

#### 3.4.6. Montaje de aislamiento

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios. Todos los accesorios deberán quedar aislados con los mismos espesores de aislamiento que los de la tubería donde estén instalados. Se adoptarán las precauciones necesarias para evitar los puentes térmicos en todos los elementos que soportan la tubería. El aislamiento y su protección permitirán las actuaciones de mantenimiento como abrir o cerrar válvulas. Cuando el aislamiento pueda retener agua en su interior se debe de dejar prevista la salida al exterior para evitar que todo el aislamiento se pueda empapar y para controlar la existencia de fugas.

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

El material aislante que se sitúe a la intemperie se deberá proteger adecuadamente de los agentes atmosféricos.

La protección exterior del aislamiento debe de impedir que el agua entré en contacto con él, ya que sino se hace, las propiedades aislantes podrían verse afectadas, así como la durabilidad del material.

### 3.5. Pruebas puesta en marcha y recepción

#### 3.5.1. Aspectos generales

Una vez la instalación se ha terminado, se produce la entrega al promotor o usuario para iniciar el periodo de uso inicial. Una vez realizada las pruebas y puesta en marcha, se realiza la recepción.

El instalador será el responsable 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. El instalador se encargará de realizar el documento de control de ejecución, donde se incluirán, entre otras cosas, pruebas parciales, pruebas finales, funciones realizadas junto con su fecha, resultado y grado de cumplimiento de expectativas. La instalación solar debería ser ajustada a los valores de Proyecto dentro de los márgenes admisibles de tolerancia.

### 3.5.2. Pruebas parciales

Antes de realizar todas las pruebas es necesario comprobar el estado de los materiales en el momento de su recepción en la obra.

Durante la ejecución de la instalación, las tuberías y elementos que vayan a estar ocultos deberán estar visibles para su inspección y aprobación antes de su posterior montaje. Además, se comprobarán todos los soportes de tuberías, diámetros, trazados y pendientes.

También se realizarán otra serie de pruebas detalladas a continuación:

- **Pruebas a los equipos**

Se comprobarán que los materiales y componentes que lleguen a la obra cumplen con las especificaciones y características. Será necesario que tengan una certificación de origen, de manera que quede acreditado que cumplen la normativa vigente.

- **Pruebas de estanqueidad de redes hidráulicas**

Tal y como se ha comentado anteriormente, antes de ocultar todas las tuberías se asegurará su estanqueidad.

- **Pruebas de libre dilatación**

Una vez realizadas las pruebas anteriores con resultados satisfactorios, se llevará la instalación hasta la temperatura de estancamiento del sistema de seguridad para posteriormente dejar enfriar. Durante el proceso el enfriamiento, se comprobará que la instalación no haya sufrido deformaciones. Es una forma de asegurar que el sistema de expansión funciona correctamente.

### 3.5.3. Pruebas finales

Con la realización de estas pruebas se asegura que la instalación cumple con las condiciones de diseño y reúne la suficiente fiabilidad, seguridad y calidad exigidas en el proyecto.

Son aceptables las pruebas finales que se realicen siguiendo las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN12599. Estas pruebas serán muy parecidas a las anteriores, pero con un carácter definitivo y final.

### 3.5.4. Ajustes y equilibrado

La instalación se ajustará a los valores determinados en el proyecto con ciertos márgenes admisibles de tolerancia. Se realizarán de acuerdo a la norma UNE 100010(Partes 1,2 y 3), "Climatización. Pruebas de ajuste y equilibrado", particularizando para las características específicas de cada sistema o instalación:

- **Sistemas de distribución de agua**

- De cada circuito se comprobará el caudal y la presión que pasa por él.



- En el caso de haber mas de una rama de captadores, se comprobará el equilibrio hidráulico en cada una de las ramas.
- Se comprobará que el fluido anticongelante contenido en los circuitos cumple con los requisitos del proyecto.
- Las bombas se ajustarán al caudal de diseño.
- Se comprobará el mecanismo del subsistema de energía solar en condiciones de estancamiento.
- **Sistemas de control automático**

Se ajustarán todos los parámetros de este sistema a los valores de diseño del Proyecto y se comprobará el funcionamiento de todos los componentes del sistema de control.

### 3.5.5. Recepción

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

- **Recepción provisional**

Una vez se procede al acto de recepción provisional de la instalación por parte de la propiedad, se da por finalizado el montaje de la instalación. La recepción provisional quedará formalizada en un acta donde figuren todos los intervinientes y en la que se formalice mediante la documentación pertinente. Una vez entregada el acta de recepción provisional, la propiedad o terceros podrán reclamar la subsanación de cuantas anomalías o defectos se detecten en el funcionamiento de la instalación. Cualquier incidencia en el funcionamiento de la instalación deberá ser notificada formalmente. En este caso, si es necesario realizar pruebas adicionales para la verificación del correcto funcionamiento, se añadirán los resultados a las hojas ya entregadas con anterioridad.

- **Recepción definitiva**

Una vez 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.

## 3.6. Mantenimiento

Las operaciones llevadas a cabo tras poner la instalación en marcha tienen como objetivo aumentar la vida útil de la misma, garantizar el funcionamiento y aumentar la fiabilidad.

Se definen tres escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación:

- Vigilancia.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

### 3.6.1. 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 principales parámetros funcionales de cada elemento de la instalación, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Tendrá un alcance similar a los de la tabla 25.

<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 25. Plan de vigilancia de la instalación solar

### 3.6.2. Mantenimiento preventivo

Es un conjunto de operaciones que garantizan el correcto funcionamiento de la instalación durante su vida útil.

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener el rendimiento de la instalación sin que el instalador o el usuario note ninguna anomalía.

Este plan de mantenimiento incluirá, como mínimo, una revisión anual de la instalación para aquellas que tengan un área de captación mayor a  $20 m^2$  y una revisión cada 6 meses en el caso que se supere el área de captación anterior.

El plan de mantenimiento deberá realizarse por personal técnico especializado que tenga conocimiento de 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. A continuación, se muestran los planes de mantenimiento para los distintos sistemas que conforman la instalación (Tabla 26,27,28,29,30 y 31).

<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 26.Mantenimiento preventivo en el sistema de captación.

<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 27.Mantenimiento preventivo en el sistema de acumulación.

<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 28.Mantenimiento preventivo en el circuito hidráulico.

<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 29.Mantenimiento preventivo en el sistema eléctrico y de control.

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

Tabla 30.Mantenimiento preventivo en el sistema auxiliar.

<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 31.Mantenimiento preventivo en el sistema de intercambio

### 3.6.3. Mantenimiento correctivo

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

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

## 4. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

### 4.1 Sistema de captación

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
Captador solar, marca Chromagen, modelo QR-F o similar. <i>Características</i> Superficie total: 2,77 m2. Ancho total: 1275 mm. Largo total: 2190 mm. Fondo: 90 mm. Rendimiento óptico: 69,3 %. Coeficiente pérdida K1 : 4,39 W/m2·K. Coeficiente pérdida K2: 0,018 W/m2·K. Peso: 41 Kg. Presión máxima admisible: 10 bar. Temperatura de estancamiento: 165 °C. k50 = 0,94. Qensayo = 71 l/h·m2. Pérdida de carga (Qensayo) = 314 Pa.	14	Unidad	546,00	7644,00
Estructura soporte EISA064 de la marca Chromagen o similar, para agrupación de 7 captadores e inclinación 35°.	2	Unidad	650	1300,00
<b>TOTAL</b>				<b>8.944,00 €</b>

Tabla 32. Presupuesto del sistema de captación.

### 4.2 Sistema de Acumulación

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
Interacumulador, marca LAPESA, modelo MVV 2500 SB o similar. <i>Características</i> Diámetro exterior: 1660 mm. Longitud total: 2015 mm. Capacidad: 2500 Litros. Superficie de intercambio: 14,4 m2. Triple serpentín Peso en vacío: 675. Presión máxima depósito ACS: 8 bar. Presión máxima circuito calentamiento: 25 bar. Temperatura máxima depósito ACS: 90°C. Temperatura máxima circuito calentamiento: 120°C. Pérdidas estáticas: 194 W.	1	Unidad	5.656	5.656,00
<b>TOTAL</b>				<b>5.656,00 €</b>

Tabla 33. Presupuesto del sistema de acumulación.

### 4.3 Sistema hidráulico

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
Bomba de circulación, marca Sedical, modelo SAX 25-4B o similar. <i>Características</i> Diámetro de conexión: 30,5 mm. Diámetro nominal del rodete: 180 mm. Potencia: 22 W. Temperatura máxima de fluido = 85°C. Presión máxima de trabajo: 10 bar. Tensión: 230 V, 1 fase, 50 Hz. Caudal: 0 a 3 m <sup>3</sup> /h. Altura: 0 a 3,9 mca. Peso aproximado: 2,3 kg. Tipo de protección: IP 44.	2	Unidad	204,65	409,30
Filtro de aspiración, marca Filtromatic o similar.	1	Unidad	24,9	24,90
Vaso de expansión, marca IBAIONDO, modelo 2SMF o similar. Volumen: 2 Litros. Diámetro de 1 - 1/4 "	1	Unidad	14,27	14,27
Tubería de cobre 1,25 " , proveedor SALVADOR ESCODA o similar. Según norma AENOR EN-12735.	65	Metro	16,24	1055,60
Tubería de cobre 1 " , proveedor SALVADOR ESCODA o similar. Según norma AENOR EN-12735. Venta en barras de 5m.	15	Metro	11,63	174,45
Accesorio cobre TE 90°, proveedor SALVADOR ESCODA o similar. TE Reducidad H-H-H, 35-28-28 mm.	2	Unidad	30,25	60,50
Codo Cobre 90°, proveedor SALVADOR ESCODA o similar. Codo M-H, 35 mm de diámetro.	4	Unidad	19,95	79,80
Codo Cobre 90°, proveedor SALVADOS ESCODA o similar. Codo M-H, 28 mm de diámetro.	6	Unidad	5,02	30,12
Purgador automático de aire, proveedor GENEBRE o similar. Temperatura máxima de 110°C. Presión máxima de 10 bar.	2	Unidad	12,12	24,24
Válvula de seguridad , proveedor SALVADOR ESCODA o similar. AC 05 103. Para tubería de 1".	1	Unidad	18,99	18,99
Válvula de seguridad , proveedor SALVADOR ESCODA o similar. AC 05 107. Para tubería de 1 -1/4".	1	Unidad	34,18	34,18
Válvula de vaciado, proveedor SALVADOR ESCODA o similar. AA 03 803. Para tubería de 1 " .	1	Unidad	13,15	13,15
Válvula antiretorno, SALVADOR ESCODA o similar. AA 05 164. Para tubería de 1 -1/4"	2	Unidad	13,3	26,60
Válvula de corte, proveedor SALVADOR ESCODA o similar. AA 03 803. Para tubería de 1 " .	4	Unidad	13,15	52,60
Válvula de corte, proveedor SALVADOR ESCODA o similar. AA 03 803. Para tubería de 1 - 1/4".	16	Unidad	18,2	291,20
Aislamiento tubería, proveedor K-FLEX o similar. Para tuberías de cobre de 25 mm. Temperatura máxima del fluido de 100°C.	65	Metro	7,94	516,10
Aislamiento tubería, proveedor K-FLEX o similar. Para tuberías de cobre de 30 mm. Temperatura máxima del fluido de 100°C.	15	Metro	9	135,00
<b>TOTAL</b>				<b>2.961,00 €</b>

Tabla 34. Presupuesto del sistema hidráulico.

#### 4.4 Sistema de control

Concepto	Cantidad	Unidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
Regulador diferencial de temperatura,marca Scorel,modelo LTDC o similar. <i>Características</i> 6 entradas para sensores PT 1000. 3 salidas relé 230 V. 36 variantes hidráulicas. Protección IP40 incorporada.	1	Unidad	164,23	328,46
Sonda de temperatura Pt 1000. <i>Características</i> Sensor de temperatura con cable de silicona. Afinado según DNI EN60751(IEC751). Temperatura máxima de 180°C.	50	Metro	4,25	212,50
Termómetro <i>Características</i> Termómetro de esfera de 80mm. Temperatura: 0°C - 120°C. Vaina de 50 o 100 mm.	2	Unidad	18,2	36,40
Manómetro <i>Características</i> Manómetro de esfera de 63 mm con glicerina. Caja de acero inoxidable ASI 304. Rosca 1/4" macho gas. Presión : 0 - 25 bar.	4	Unidad	24,8	99,20
<b>TOTAL</b>				<b>676,56 €</b>

Tabla 35.Presupuesto del sistema de control.

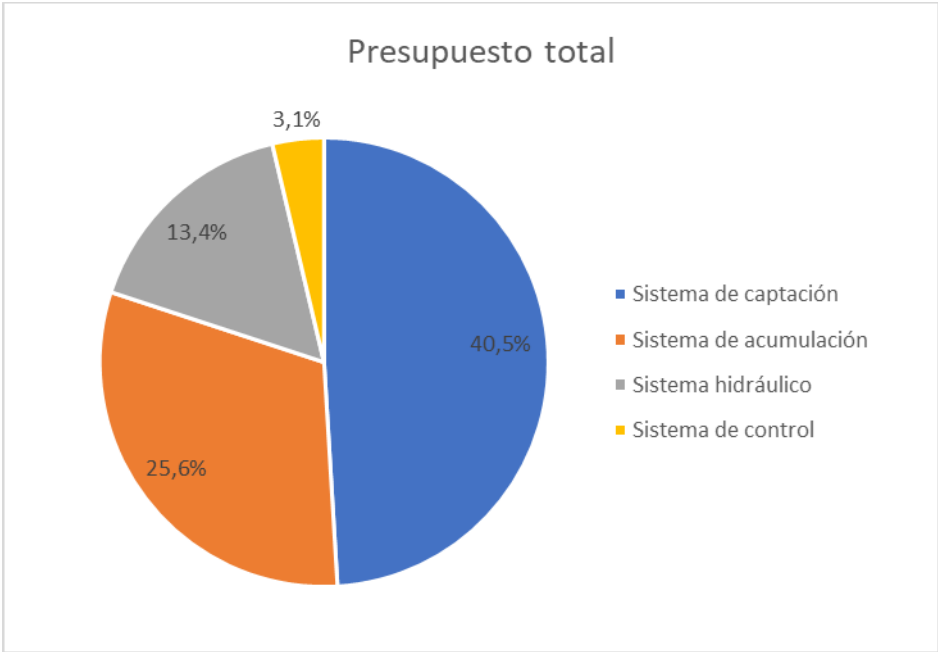
#### 4.4 Presupuesto total

Sistema de captación	8.944,00 €
Sistema de acumulación	5.656,00 €
Sistema hidráulico	2.961,00 €
Sistema de control	676,56 €
<b>IVA( 21%)</b>	<b>3.829,89 €</b>
<b>TOTAL (IVA INCLUIDO)</b>	<b>22.067,45 €</b>

Tabla 36.Presupuesto total.

Por tanto, el presupuesto total final es de 22.067,45€, o lo que es lo mismo, 569,04 € por  $m^2$  de área de captación.


Figura 35.Distribución del presupuesto por los distintos sistemas.






## 5.PLANOS

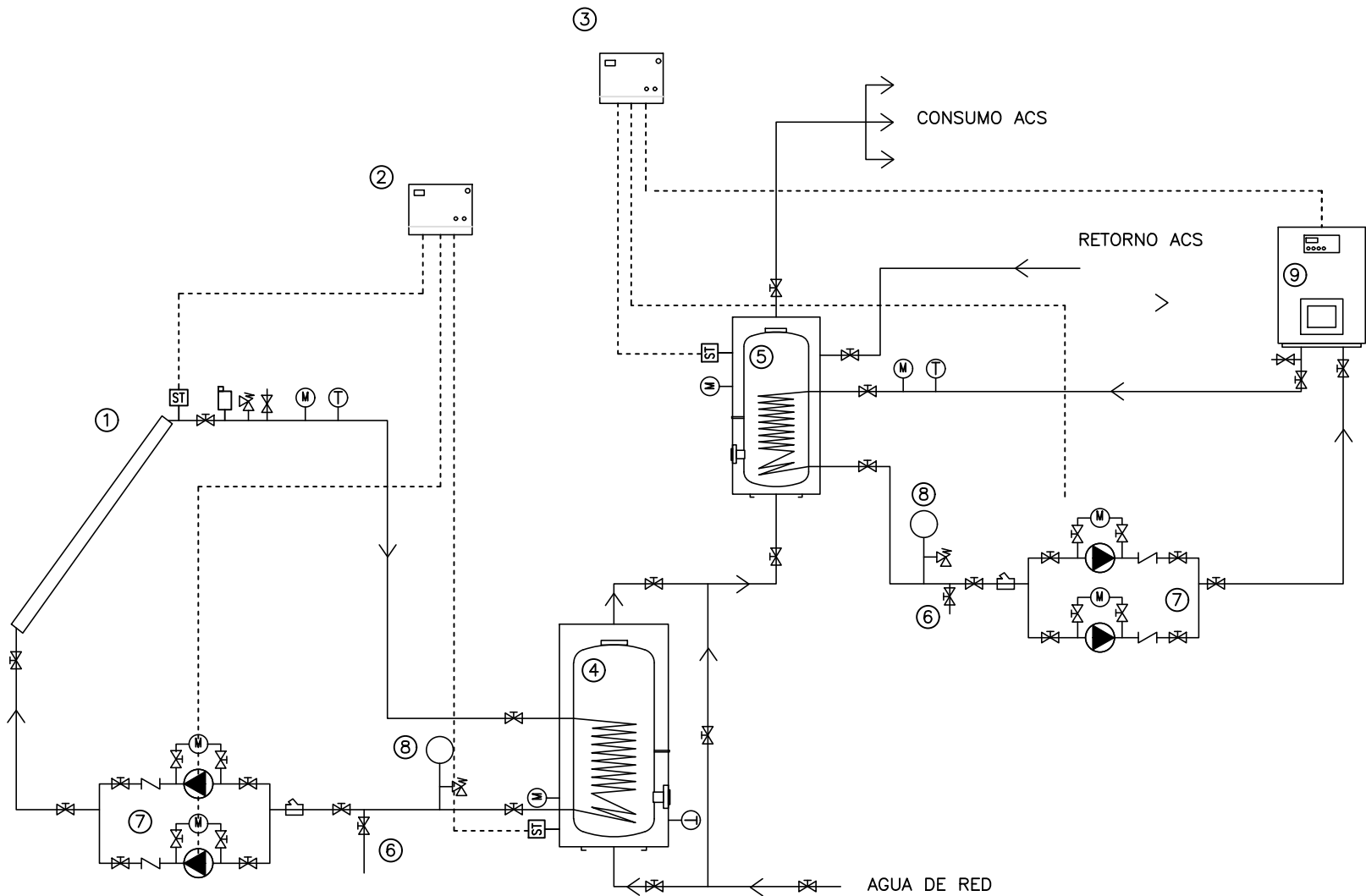


	ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE ACS EN UN HOTEL			
	ESCALA S/E	FECHA Junio 2021	DIBUJADO JRL	ARCHIVO PDF
Localización general Hotel Mercure Algeciras				Nº PLANO 1

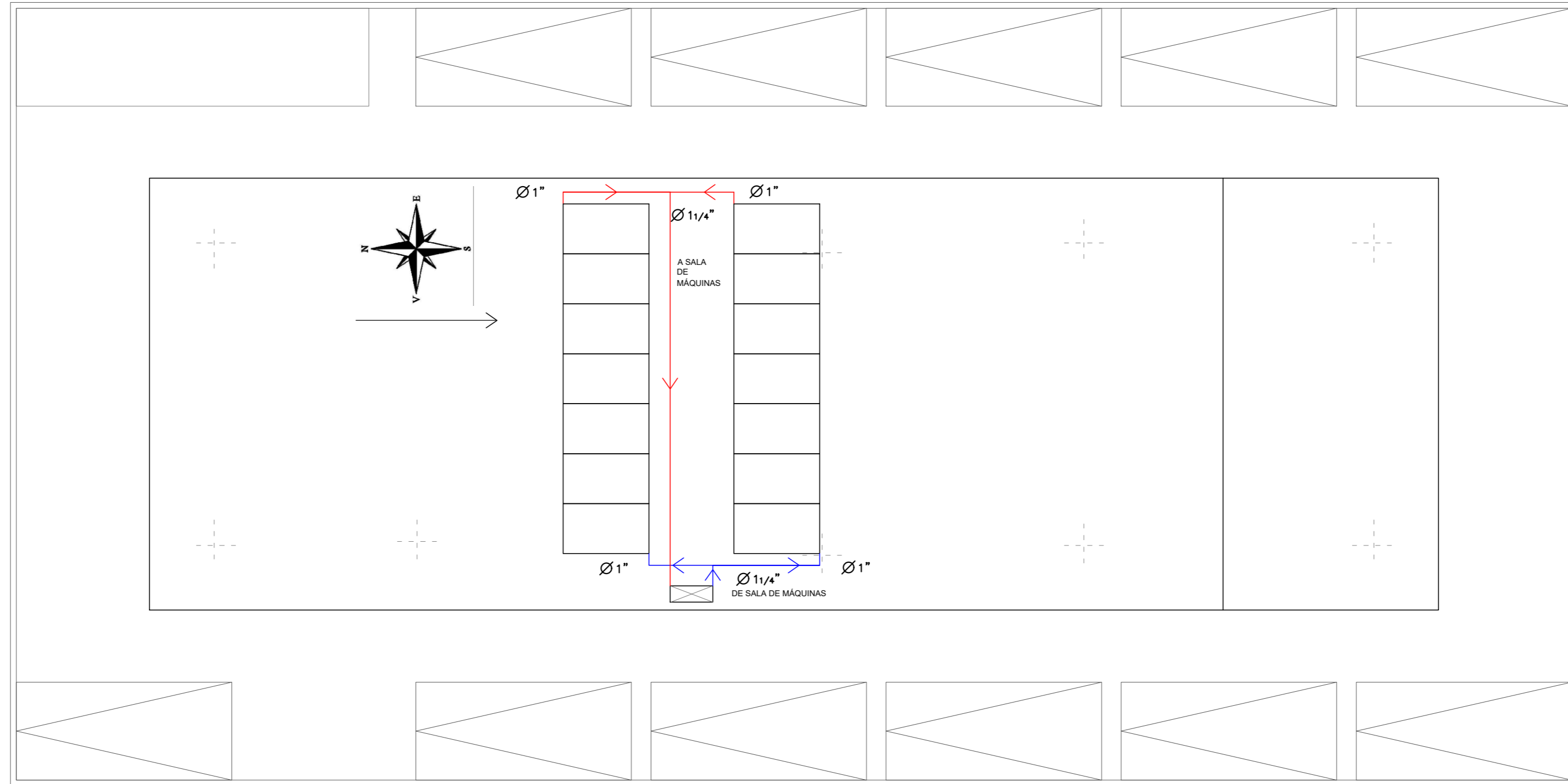


	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE ACS EN UN HOTEL</b>				
	ESCALA	FECHA	DIBUJADO	ARCHIVO	CÓDIGO
	S/E	Junio 2021	JRL	PDF	--
Localización específica Hotel Mercure Algeciras					Nº PLANO 2

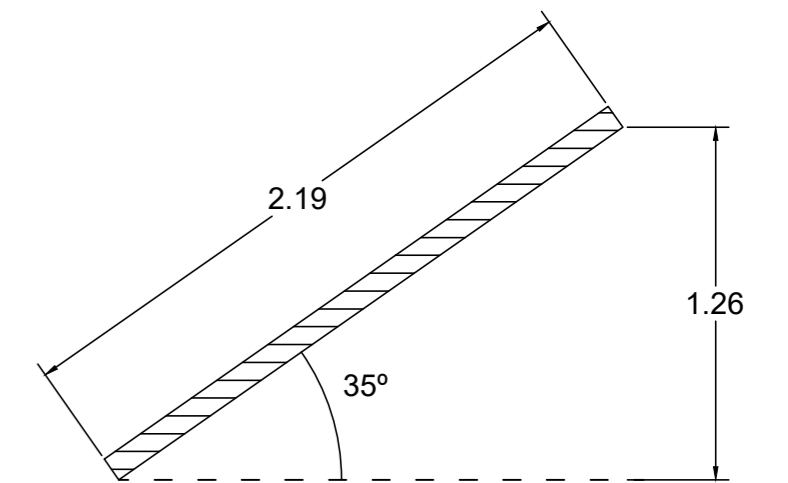
- ① CAPTADOR SOLAR (14 UNIDADES)
- ② REGULADOR DIFERENCIAL 1
- ③ REGULADOR DIFERENCIAL 2
- ④ INTERACUMULADOR SOLAR (2500 LITROS)
- ⑤ ACUMULADOR AUXILIAR (2600 LITROS)
- ⑥ GRUPOS HIDRÁULICOS DE LLENADO DE CIRCUITOS
- ⑦ BOMBAS DE CIRCULACIÓN
- ⑧ VASO DE EXPANSIÓN
- ⑨ CALDERA AUXILIAR
- Ⓣ TERMÓMETRO
- Ⓜ MANÓMETRO
- ☐ PURGADOR DE AIRE
- ∇ VÁLVULA DE VACIADO
- ∇ VÁLVULA DE SEGURIDAD
- ⊗ VÁLVULA DE CORTE
- ☐ FILTRO DE ASPIRACIÓN
- ∇ VÁLVULA ANTIRETORNO
- ST SONDA DE TEMPERATURA



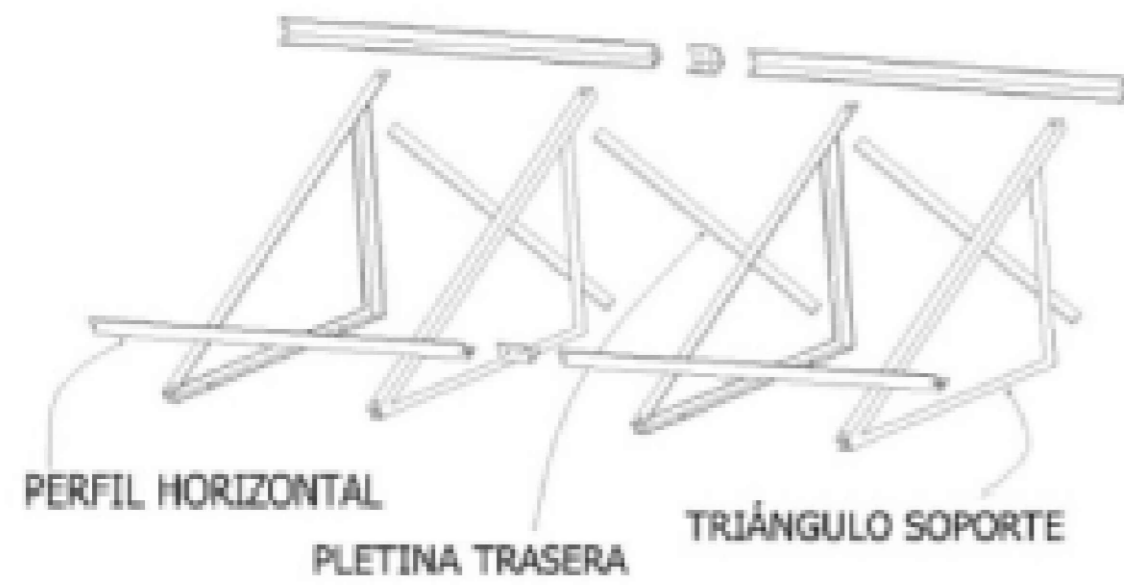
	ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE ACS EN UN HOTEL				
	ESCALA S/E	FECHA Junio 2021	DIBUJADO JRL	ARCHIVO PDF	CÓDIGO --
Esquema de principio de la instalación					Nº PLANO 3



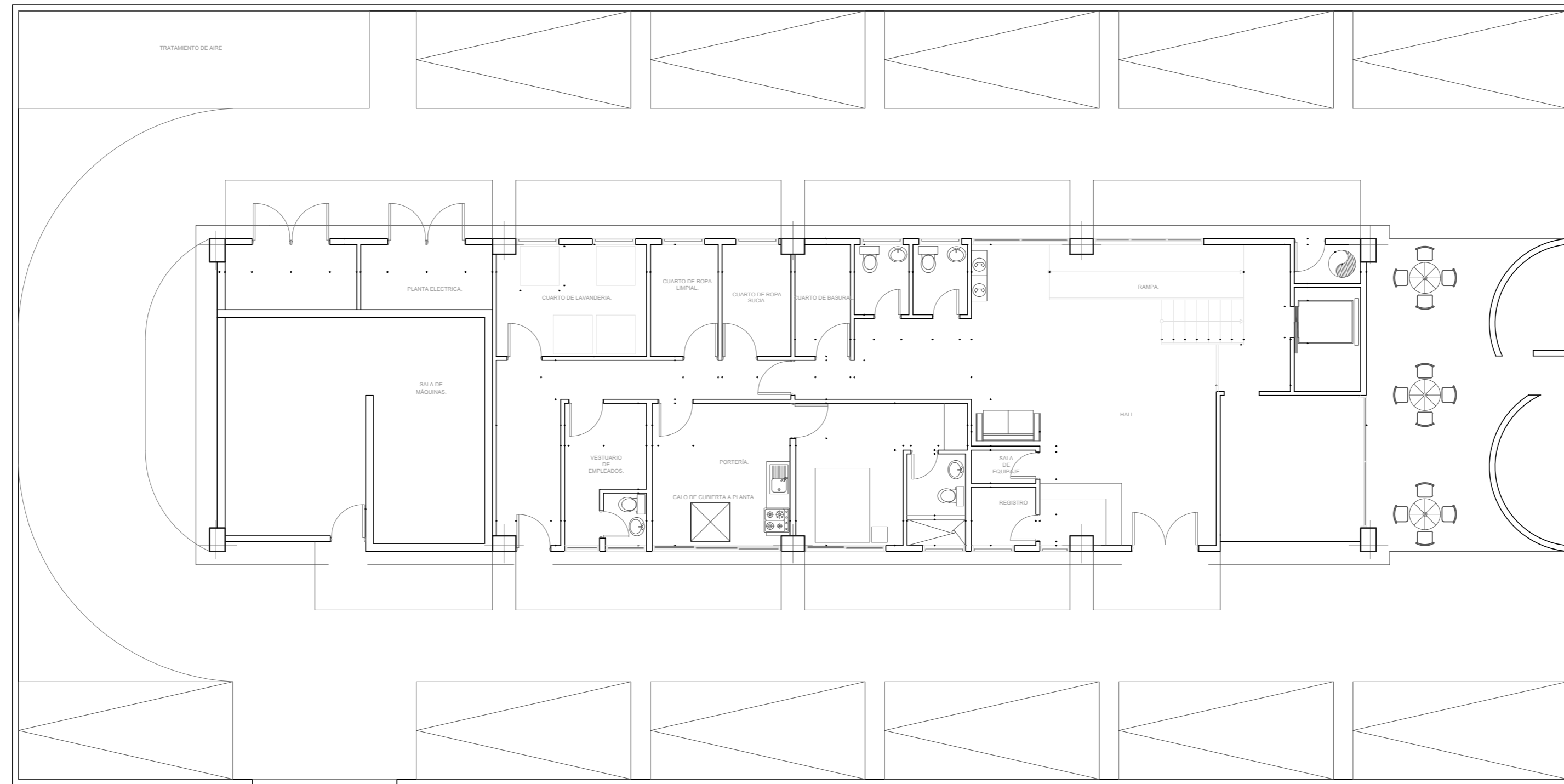
SECCIÓN DEL CAPTADOR

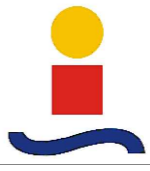


ESTRUCTURA SOPORTE



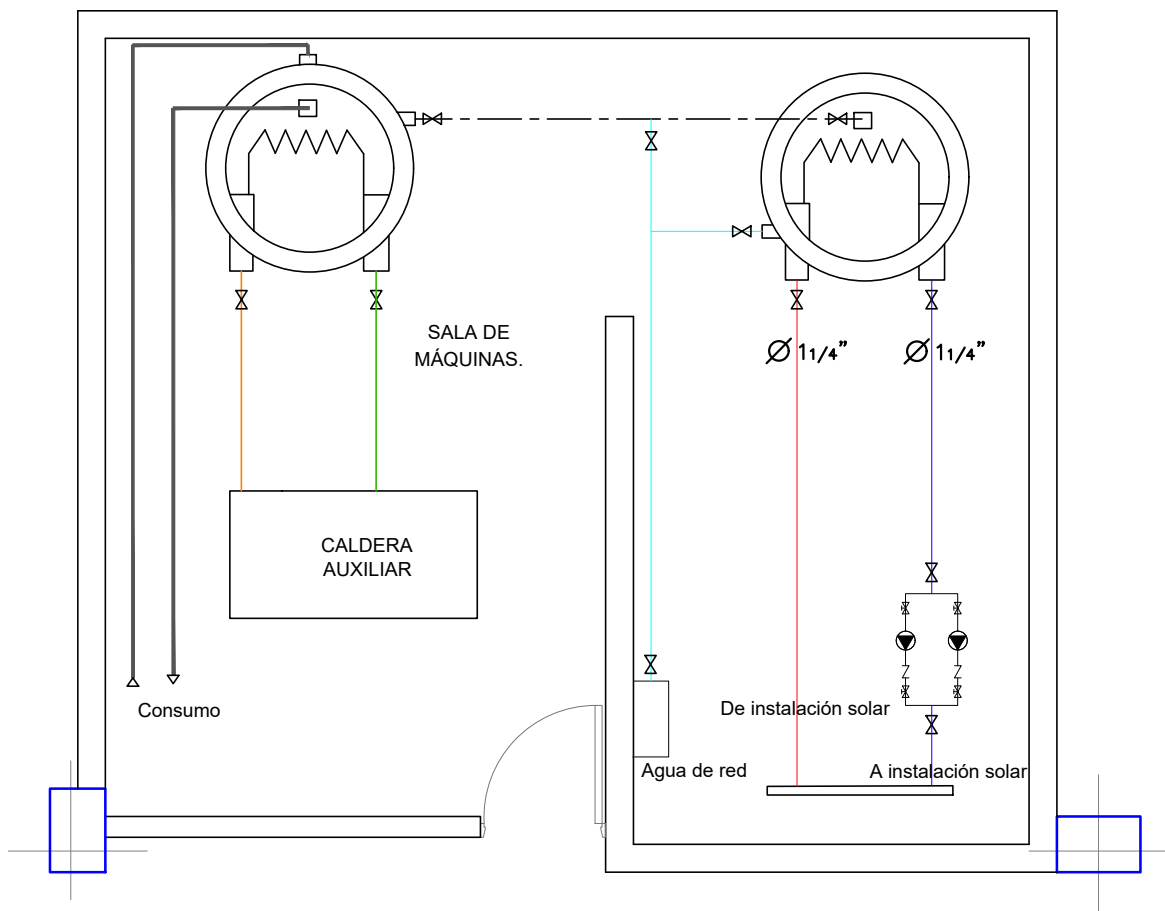
	ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE ACS EN UN HOTEL				
	ESCALA	FECHA	DIBUJADO	ARCHIVO	CÓDIGO
	1:100	Junio 2021	JRL	PDF	--
Distribución de los captadores y tuberías en la cubierta				Nº PLANO	4



	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE ACS EN UN HOTEL</b>				
	ESCALA	FECHA	DIBUJADO	ARCHIVO	CÓDIGO
	1:100	Junio 2021	JRL	PDF	--
<b>Situación de sala de máquinas en planta baja</b>				<b>Nº PLANO 5</b>	

- Retorno instalación solar
- Ida instalación solar
- Agua de red
- Retorno circuito auxiliar
- Ida circuito auxiliar

Todas las tuberías representadas tienen un diámetro de 1,25"



	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE ACS EN UN HOTEL</b>				
	ESCALA	FECHA	DIBUJADO	ARCHIVO	CÓDIGO
	1:50	Junio 2021	JRL	PDF	-
Distribución de equipos y tuberías en la sala de máquinas					Nº PLANO <b>6</b>