

Trabajo Fin de Grado

Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Diseño de una instalación solar térmica en un pabellón polideportivo

Autor: Cristóbal Alvear Jiménez

Tutor: José Guerra Macho

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

Sevilla, 2020



Trabajo Fin de Grado
Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales

Diseño de una instalación solar térmica en un pabellón polideportivo

Autor:
Cristóbal Alvear Jiménez

Tutor:
José Guerra Macho
Catedrático de Universidad

Dep. de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2020

Trabajo Fin de Grado: Diseño de una instalación solar térmica en un pabellón polideportivo

Autor: Cristóbal Alvear Jiménez

Tutor: José 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, 2020

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A Ana

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a aquellos profesores que han confiado en mi trabajo pese a que en ocasiones yo haya podido dudar de ello, y esto haya significado una liberación para poder continuar por este camino académico.

Pero sobre todo agradecer a mi familia la cual me ha apoyado en todo momento por duro que fuera y ha conseguido que no pierda la fe y así llegar hasta este punto, el cual no hubiera sido posible sin ellos.

Cristóbal Alvear Jiménez

Sevilla, 2020

Resumen

Este proyecto describe la renovación y rediseño de una instalación de agua caliente sanitaria mediante el rediseño y mejora de los equipos de energía solar previamente instalados en un pabellón polideportivo situado en la localidad de Almensilla, Sevilla. Esto incluirá la remodelación de todos los componentes del circuito primario actualizando así los equipos según la normativa del Código Técnico de la Edificación.

Abstract

This project describes the renewal and a new design of an installation of Domestic Hot Water through the improvement of the solar energy equipment previously installed in a sports building located in Almensilla, Seville. This project will include the modelling of new components in the primary circuit, therefore updating the equipment according to the Spanish Technical Edification ruling (Código Técnico de la Edificación).

Agradecimientos	i
Resumen	iii
Abstract	v
Índice	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	xi
Notación	xii
1 Memoria descriptiva	13
1.1 <i>Objeto del proyecto</i>	13
1.2 <i>Antecedentes</i>	13
1.3 <i>Método de cálculo</i>	13
1.3.1 <i>Introducción de variables CHEQ4</i>	14
1.4 <i>Descripción del edificio</i>	16
1.5 <i>Descripción de la instalación</i>	18
1.5.1 <i>Sistema de captación</i>	19
1.5.2 <i>Sistema de acumulación e intercambio</i>	20
1.5.3 <i>Sistema auxiliar</i>	20
1.5.4 <i>Sistema de distribución</i>	20
1.5.5 <i>Sistema de control</i>	21
1.5.6 <i>Captadores</i>	21
1.5.7 <i>Interacumulador circuito primario</i>	23
1.5.8 <i>Bomba del circuito primario</i>	26
1.5.9 <i>Vasos de expansión</i>	28
1.5.10 <i>Central de regulación</i>	29
1.6 <i>Normativa</i>	30
1.6.1 <i>Cumplimiento Código Técnico de la Edificación DB HE 4</i>	30
1.6.2 <i>Cumplimiento RITE</i>	31
1.6.3 <i>Normas UNE</i>	31
1.7 <i>Bibliografía</i>	31
2 Memoria de cálculo	33
2.1 <i>Introducción</i>	33
2.2 <i>Datos de partida</i>	33
2.3 <i>Cálculo de la demanda</i>	35
2.4 <i>Cálculo de la superficie de captación</i>	36
2.4.1 <i>Cálculos geométricos y de irradiación</i>	36
2.4.2 <i>Cálculo de inclinación de captadores</i>	39
2.4.3 <i>Pérdidas por orientación, inclinación y sombras</i>	39
2.4.4 <i>Diseño del área de captación</i>	40
2.5 <i>Cálculo del volumen de acumulación</i>	46
2.6 <i>Cálculo de los equipos de intercambio</i>	47
2.7 <i>Cálculo de la red de tuberías circuito primario</i>	48

2.7.1	Características del fluido caloportador	48
2.7.2	Cálculo del diámetro y pérdida de carga en tuberías	48
2.7.3	Pérdidas de carga captadores solares	50
2.7.4	Pérdida de carga interacumulador	50
2.7.5	Pérdida de carga total	51
2.8	<i>Dimensionado de la bomba de circulación</i>	51
2.9	<i>Dimensionado del vaso de expansión</i>	52
2.10	<i>Cálculo espesor de aislamiento</i>	54
2.11	<i>Centralita de regulación</i>	54
2.12	<i>Accesorios</i>	54
2.12.1	Válvulas de corte	55
2.12.2	Válvulas de retención	55
2.12.3	Válvula de seguridad	55
2.12.4	Purgadores	55
2.12.5	Manguitos	55
3	Pliego de condiciones técnicas y administrativas	56
3.1	<i>Objeto</i>	56
3.2	<i>Normativa aplicable</i>	56
3.3	<i>Condiciones de materiales y equipos</i>	56
3.3.1	Tuberías y accesorios	56
3.3.2	Válvulas	58
3.3.3	Aislamiento	59
3.3.4	Vasos de expansión	60
3.3.5	Bombas	60
3.3.6	Captadores	61
3.3.7	Sistema eléctrico y de control	62
3.3.8	Aparatos de medida	63
3.3.9	Acumuladores	64
3.3.10	Intercambiadores de calor	65
3.4	<i>Provisión del material</i>	65
3.5	<i>Condiciones de montaje</i>	65
3.6	<i>Pruebas, puesta en marcha y recepción</i>	66
3.6.1	General	66
3.6.2	Pruebas parciales	66
3.6.3	Pruebas finales	66
3.6.4	Ajustes y equilibrado	67
3.6.5	Recepción	67
3.7	<i>Mantenimiento</i>	68
3.7.1	Vigilancia	68
3.7.2	Mantenimiento preventivo	68
3.7.3	Mantenimiento correctivo	69
4	Mediciones y presupuesto	71
4.1	<i>Sistema de captación</i>	71
4.2	<i>Sistema de acumulación e intercambio</i>	72
4.3	<i>Sistema de distribución</i>	72
4.4	<i>Sistema de control</i>	73
4.5	<i>Presupuesto de la instalación</i>	74
5	Planos	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Datos climáticos	33
Tabla 2-2. Valores de demanda unitaria de referencia a 60°C	34
Tabla 2-3. Valores en función de la localización geográfica de Almensilla	35
Tabla 2-4. Valores de la demanda anual de ACS	36
Tabla 2-5. Declinación obtenida mediante la ecuación aproximada de Cooper, ángulo de horario de la salida y puesta de sol	37
Tabla 2-6. Datos geométricos e irradiación	38
Tabla 2-7. Irradiación global diaria mensual sobre superficie inclinada	39
Tabla 2-8. Pérdidas límite	40
Tabla 2-9. Estudio paramétrico número de captadores. Caso Interacumulador	43
Tabla 2-10. Estudio paramétrico número de captadores. Caso Interacambiador	43
Tabla 2-11. Estudio paramétrico número de captadores. Caso con todo Centralizado	44
Tabla 2-12. Estudio paramétrico número de captadores. Caso con todo Centralizado	44
Tabla 2-13. Estudio paramétrico captadores en serie	46
Tabla 2-14. Estudio paramétrico captadores en serie	46
Tabla 2-15. Pérdida de carga de presión por diámetro	49
Tabla 2-16. Velocidad por diámetro	49
Tabla 2-17. Longitud equivalente de accesorios	49
Tabla 2-18: Longitud equivalente de los accesorios por tramos	49
Tabla 2-19. Pérdidas de carga totales de circuito de tuberías del primario	50
Tabla 2-20: Pérdidas de carga por circuito	50
Tabla 2-21. Tablas espesores mínimos de aislamiento en función del diámetro interior/externo.	54
Tabla 4-1: Presupuesto sistema de captación.	71
Tabla 4-2: Presupuesto sistema de acumulación e intercambio.	72
Tabla 4-3: Presupuesto sistema de distribución 1/2.	72
Tabla 4-4: Presupuesto sistema de distribución 2/2.	73
Tabla 4-5: Presupuesto sistema de control.	73
Tabla 4-6: Desglose presupuestos.	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Comparativa entre MetaSol y F-Chart	13
Figura 1-2. Datos de localización CHEQ4	14
Figura 1-3. Datos de la configuración del sistema CHEQ4	15
Figura 1-4. Datos de la demanda CHEQ4	15
Figura 1-5. Localización Almensilla	17
Figura 1-6. Plano Almensilla	17
Figura 1-7. Vista satélite edificio	18
Figura 1-8. Esquema de principio	18
Figura 1-9. Esquema Captador Solar	19
Figura 1-10: Esquema de funcionamiento del sistema de control	21
➤ Figura 1-11. Captador solar Wolf Topson F3-1	22
Figura 1-12. Interacumulador IDROGAS CV1000	24
▪ Figura 1-13. Plano de medidas del CV1000	25
Figura 1-14: Curvas características del interacumulador IDROGAS CV 1000	26
Figura 1-15. WILO Stratos z 25/2	26
Figura 1-16. Características técnicas Stratos Z 25/4	27
Figura 1-17. Vasos de expansión ThermoWave	28
Figura 1-18: Centralita reguladora RESOL DELSOL CS/4	29
Figura 2-1. Gráfica índice de claridad	38
Figura 2-2. Configuraciones a ser evaluadas	41
Figura 2-3. Datos pestaña Demanda	41
Figura 2-4. Datos pestaña Solar/Apoyo	42
Figura 2-5. Datos pestaña Otros Parámetros	42
Figura 2-6. Demanda cubierta en función del número de captadores para las distintas configuraciones estudiadas	45
Figura 2-7. Revisión de seguimiento de normativa CHEQ4	45
Figura 2-8. Tabla y gráfica de resultados final CHEQ4	47
Figura 2-9. Esquema campo de captadores.	49
Figura 2-10: Pérdidas de carga interacumulador según caudal e circulación	51
Figura 2-11. Selección de línea de modelos del fabricante de la bomba de circulación	52
Figura 2-12. Selección del modelo del fabricante de la bomba de circulación	52
Figura 4-1: Desglose de presupuestos por sistema.	74

ACS	Agua Caliente Sanitaria
CTE.	Código Técnico de Edificación
DB HE	Documento Básico HE Ahorro de energía
DB SI	Documento Básico SI Seguridad contra incendios
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 Objeto del proyecto

El objeto de este proyecto consiste en la renovación y rediseño de una instalación de agua caliente sanitaria en un pabellón polideportivo en la localidad de Almensilla, Sevilla. Para ello se ha tenido en cuenta que los equipos instalados anteriormente están obsoletos y es necesario la actualización de los distintos equipos que conforman la instalación solar.

Todos los equipos de los captadores solares hasta la red de distribución serán remodelados ante la necesidad de actualizar dichos equipos para ajustarse de manera más eficiente para la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS).

1.2 Antecedentes

El mundo actual se encuentra en una situación delicada ante la tendencia de emisiones crecientes de dióxido de carbono, por lo que todavía se deben implementar diversas soluciones para poder realizar una transición energética que favorezca al medio ambiente, entre las que destacan el uso de las energías renovables.

1.3 Método de cálculo

Los cálculos que se expondrán en este proyecto están basados en el programa de diseño CHEQ4, programa que acredita el cumplimiento de los requisitos establecidos en la sección HE4 del Código Técnico de Edificación (CTE) en referencia al apartado energético.

CHEQ4 es un programa desarrollado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y la Asociación Solar de la Industria Térmica (ASIT). El uso de este programa no depende de adquirir una licencia, por lo que es un programa de libre distribución enfocado para todos los posibles trabajadores de la energía solar térmica desde ingenierías a estudios de arquitectura e incluso los mismos usuarios que se beneficien de la instalación y así puedan comprobar personalmente que cumplen con las exigencias de contribución solar mínima establecida según el HE4 del CTE.

La metodología MetaSol es la base de cálculo de CHEQ4 siendo este programa la interfaz que se ha desarrollado para dicho método y facilitar su uso convirtiéndolo en una herramienta sencilla e intuitiva. Acorde a la página oficial de CHEQ4:

“El método MetaSol combina la precisión y flexibilidad de la simulación dinámica de programas como TRANSOL, la rapidez y simplicidad de métodos estáticos como FChart, manteniendo presente las características del mercado español y la normativa aplicable.”

Esto produce que CHEQ4 se adapte mejor a la normativa española al oscilar entre 7 disposiciones diferentes en vez de una configuración del sistema única como ocurre en el caso de F-Chart, lo que conlleva a poder acceder a mayor número de aplicaciones pese a basarse en el mismo proceso de cálculo.

	MetaSol	F-Chart
Configuraciones	7	1
Climas	7	1
Simulaciones	69.000	300
Demanda máxima	3000 kg/día	560 kg/día

Figura 1-1. Comparativa entre MetaSol y F-Chart

1.3.1 Introducción de variables CHEQ4

A continuación, se describe el funcionamiento de la herramienta CHEQ 4 y se aportarán los datos a introducir en el programa.

1.3.1.1 Localización

En primer lugar, se requiere la información sobre el lugar en el que se realizará la instalación y la altura a la que será instalada. Simplemente introduciendo estos dos datos recibiremos la Irradiación global media mensual sobre superficie horizontal (MJ/m^2), la temperatura diaria mensual de agua de red ($^{\circ}\text{C}$) y la temperatura ambiente diaria media mensual ($^{\circ}\text{C}$). En la figura 1.2 pueden observar los datos introducidos para la instalación de este Proyecto.

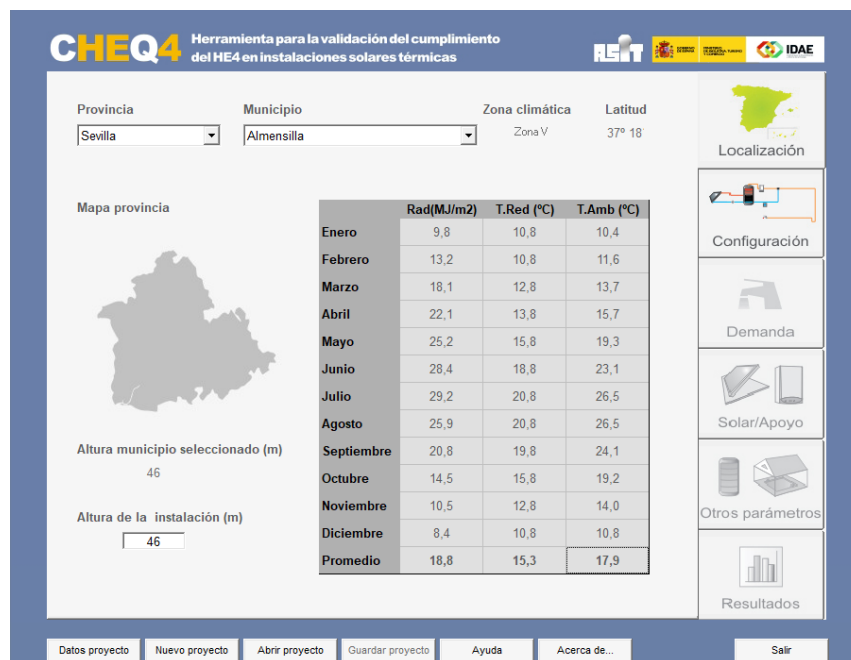


Figura 1-2. Datos de localización CHEQ4

1.3.1.2 Configuraciones de los sistemas

El segundo paso consiste en seleccionar la configuración que mejor se ajuste al sistema que se va a instalar. Esta es una de las principales características de CHEQ4 y de la metodología de cálculo Meta Sol, ya que se ajustan a las instalaciones más comunes en España. Gracias a esta característica se puede dar uso al nuevo método de cálculo de MetaSol con el que se predicen las ganancias y pérdidas de cada uno de los sistemas.

CHEQ4 diferencia principalmente en dos grupos los distintos tipos de configuración, "consumo único" o "consumo múltiple".

A continuación, en la figura 1-3 se muestran los distintos tipos de configuraciones y en particular la seleccionada para este proyecto que será "Instalación de consumo único con interacumulador". Este sistema solar térmico para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) es usado en instalaciones de consumo único con acumulador solar, intercambiador interno, sistema de apoyo conectado en serie y válvula termostática.



Figura 1-3. Datos de la configuración del sistema CHEQ4

1.3.1.3 Demanda

En función de la aplicación de cada Proyecto se realizará el cálculo de la demanda según el HE4-4.1.1. En el caso de consumo único el usuario simplemente deberá seleccionar el tipo de aplicación y el número de elementos de dicha aplicación. En la figura 1-4 se pueden observar los datos seleccionados para esta sección.

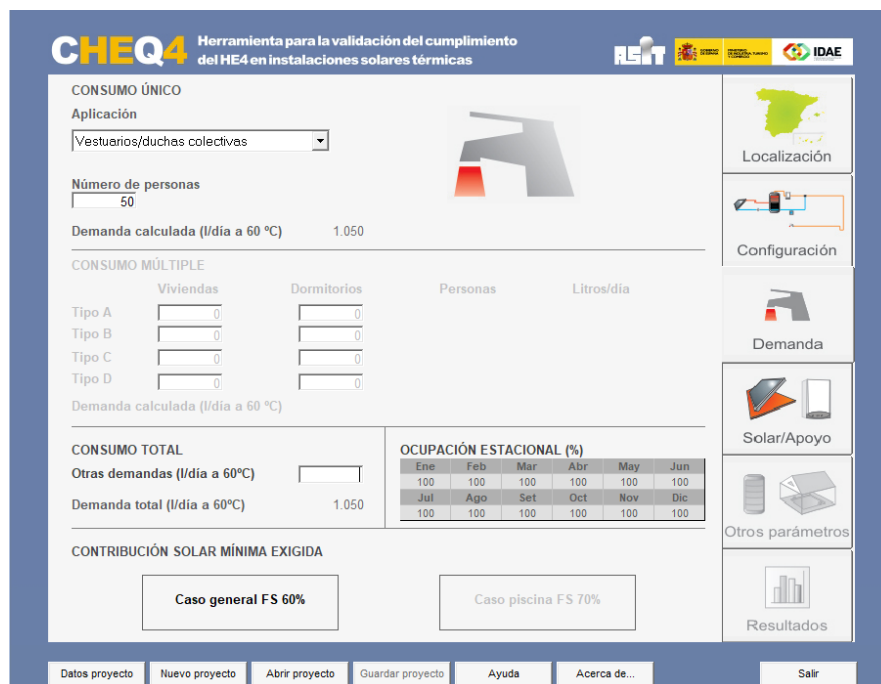


Figura 1-4. Datos de la demanda CHEQ4

1.3.1.4 Parámetros del sistema

En esta sección se seleccionan los distintos parámetros que caracterizarán la instalación. Se seleccionan las características del campo de captadores con el modelo del captador además del número de captadores, el número de captadores en serie, inclinación, orientación y pérdidas por sombreadamiento.

Adicionalmente se deben seleccionar las características del circuito primario aportando los datos del porcentaje de anticongelante del fluido que circula por dicho circuito, la longitud del mismo, así como el tipo de aislante y su espesor, a cambio el programa facilitará el caudal primario y el diámetro de tubería que precisa el circuito.

Por último se solicita el tipo de sistema auxiliar de la instalación y que tipo de combustible usará el mismo.

1.3.1.5 Otros parámetros del Sistema

Finalmente se debe aportar los datos relacionados con la acumulación y el circuito de distribución.

En primer lugar se selecciona el volumen de acumulación en función del interacumulador seleccionado como se verá en la sección 1.6.2.

Al igual que para el primario se selecciona la longitud del circuito, el tipo de aislante y su espesor y además se deben aportar el diámetro de la tubería y la temperatura de impulsión.

Al no existir piscina cubierta no será necesario valorar los datos relacionados con este campo.

1.3.1.6 Resultados

Una vez finalizada la introducción de todos los datos de la instalación se mostrarán los resultados obtenidos para las características de diseño seleccionadas.

En esta pestaña de resultados se obtendrán los siguientes parámetros acordes a la definición recibida por el documento “CHEQ4: Manual de usuario”:

- Fracción solar (%): Fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual.
- Demanda neta (kWh): Demanda energética anual sin tener en cuenta las pérdidas en acumulación y en distribución.
- Demanda bruta (kWh): Demanda energética anual teniendo en cuenta las pérdidas en acumulación y en distribución.
- Aportación solar al sistema (kWh): Energía solar aportada por la instalación.
- Consumo de energía primaria auxiliar (kWh): Energía aportada por la instalación auxiliar de apoyo para satisfacer la demanda total.
- Reducción de las emisiones de CO₂ asociada a la utilización del sistema solar térmico (kg)

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

1.4 Descripción del edificio

El edificio en el que se va a realizar la instalación se encuentra situado en la localidad de Almensilla (Sevilla), siendo este un pabellón polideportivo construido en 2004 en un solar situado en la zona noroeste del municipio.



Figura 1-5. Localización Almensilla



Figura 1-6. Plano Almensilla

El pabellón está construido sobre una parcela de 8.000 m² con una superficie construida de 1,875 m², estando el edificio orientado hacia el Sur con un acimut de 11° dirección Este. También cabe destacar que la localidad se encuentra situada a una altura de 46 metros sobre el nivel del mar.

La construcción se caracteriza por estar dividida en dos bloques, siendo el principal la planta baja con una superficie construida de 1.480 m² en la que se encuentran la pista deportiva, vestuarios, aseos además de los cuartos de instalaciones y mantenimiento.

Por otro lado, la primera planta dispone de 395 m² construidos que conforman la grada para la recepción de espectadores de los eventos deportivos que transcurren en el pabellón.

Los servicios que consumen ACS dentro del edificio se encuentran en la zona de los vestuarios y aseos de las instalaciones, siendo necesario el uso de agua caliente principalmente para las duchas. Estas zonas se encuentran dispuestas de tal forma que existen:

- Dos vestuarios para los jugadores, con cinco duchas y tres lavabos cada uno.
- Dos vestuarios para los árbitros, con una ducha y un lavabo por habitáculo.
- Unos aseos públicos diferenciados por secciones con un total de cinco lavabos.

La ocupación estimada según el diseño de 100 m² de la zona de los vestuarios es de aproximadamente 50 personas como se verá en la sección 2.2 Datos de partida.



Figura 1-7. Vista satélite edificio

1.5 Descripción de la instalación

La instalación consistirá en un sistema solar térmico de producción de ACS con interacumulador para consumo único para su uso en los vestuarios y aseos de un pabellón polideportivo. El funcionamiento de la instalación dependerá de los siguientes sistemas:

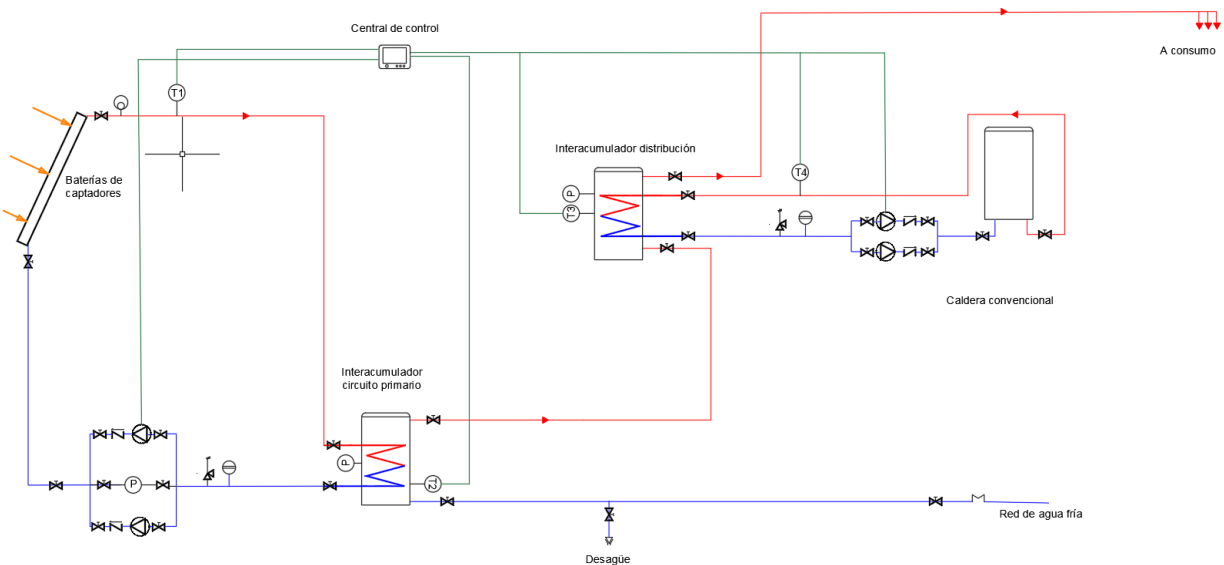


Figura 1-8. Esquema de principio

- Sistema de captación: se encuentra en el circuito primario de la instalación, siendo los captadores solares el principal equipo del sistema, el cual se encarga de transformar la irradiación en energía térmica

para aumentar la temperatura del fluido caloportador para su almacenaje.

- Sistema de acumulación e intercambio: compuesto por un interacumulador, su principal función es permitir el consumo de ACS al acumular la energía térmica dando la posibilidad de su consumo en horarios en los que no se está generando energía solar.
- Sistema auxiliar: compuesto por otro interacumulador y una caldera, es el sistema que permite el consumo de ACS cuando la energía térmica del sistema de acumulación es insuficiente.
- Sistema de distribución: compuesto por una red de tuberías y bombas hidráulicas, transporta el fluido por toda la instalación hasta los puntos de consumo.
- Sistema de control: compuesto por una central reguladora y aparatos de medida, se encarga de optimizar el funcionamiento de la instalación.

La siguiente figura muestra un esquema de principio de la instalación en la que podemos apreciar los equipos principales que se van a analizar con más detalle a continuación.

1.5.1 Sistema de captación

El Sistema de captación está compuesto principalmente por captadores solares, que son los equipos encargados de producir energía para luego distribuirla a través del circuito primario y así generar la energía demanda en la instalación.

Los captadores solares térmicos vidriados planos de baja temperatura son los equipos más empleados actualmente en las instalaciones comerciales para producción de ACS, calentamiento de piscinas y calefacción solar.

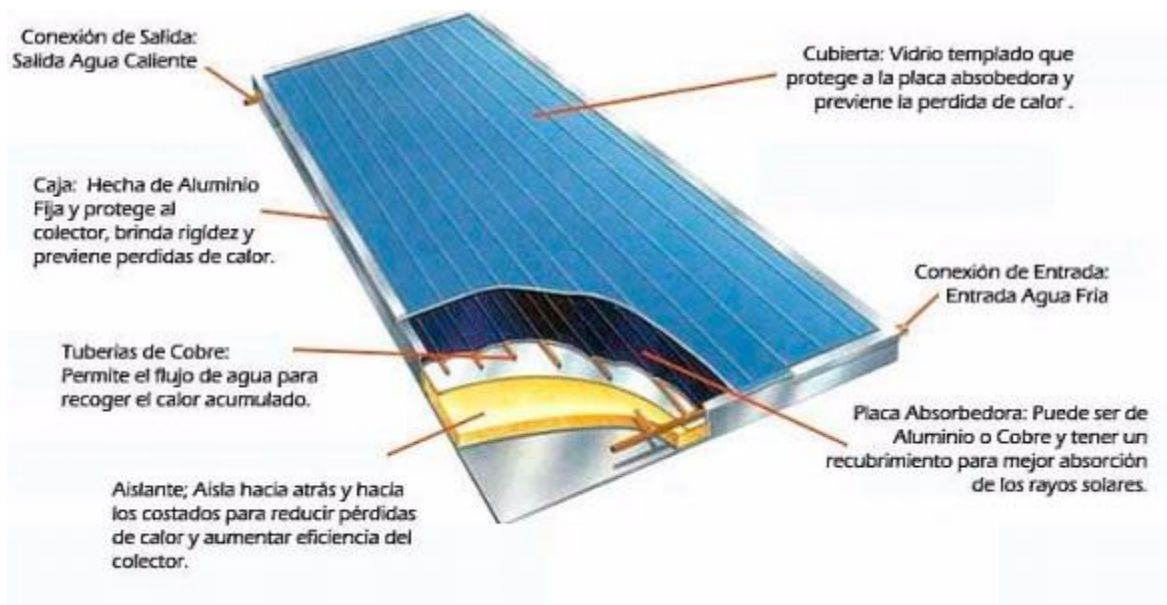


Figura 1-9. Esquema Captador Solar

El fluido que circula por el interior del absorbedor es generalmente agua (a menudo con aditivos anticongelantes), aunque es posible utilizar otros fluidos. Para incrementar la energía absorbida y reducir las pérdidas térmicas, estos captadores suelen contar con una serie de elementos:

- Placa absorbedora: Es el elemento donde la energía recibida en forma de radiación solar se convierte en energía térmica y se transfiere al fluido caloportador. La superficie absorbedora suele disponer de un tratamiento selectivo, es decir, recubrimientos diseñados para tener la absorptividad más alta posible del espectro visible e infrarrojo cercano y la emisividad más baja posible del espectro infrarrojo correspondiente a las temperaturas de operación del captador.

- Cubierta transparente: Esta puede ser simple o doble, tiene por objeto permitir el paso de la radiación solar de una forma óptima y provocar el efecto invernadero además de reducir las pérdidas.
- Barreras de convección: película situada en la parte posterior de la cubierta de cristal que presenta una elevada transmitancia y gran resistencia al calor para reducir las pérdidas por convección.
- Caja o carcasa: Alberga los elementos que componen el captador solar y alberga el material aislante que impide las pérdidas térmicas por la superficie no transparente del captador solar.

1.5.2 Sistema de acumulación e intercambio

Para reducir la potencia necesaria en producción y al mismo tiempo obtener funcionamientos más homogéneos de la instalación se utilizan los sistemas con acumulación en depósitos en los que se mantiene el agua caliente hasta el momento de su uso, de manera que en las puntas de demanda del edificio se utiliza el agua acumulada, solicitándose una potencia inferior a la del sistema de producción.

Las instalaciones de producción centralizada de ACS habitualmente se integran en las de calefacción de los edificios. La producción de calor que se realiza en la sala de calderas es conjunta para todos los servicios térmicos del edificio y las calderas se conectan con los captadores desde los que parten los diferentes servicios de calefacción y el circuito primario del ACS.

El agua de consumo se lleva desde la instalación para suministro de agua del edificio hasta la sala con una derivación exclusiva para este uso. Debido a que el agua de calderas no es apta para el consume humano, siempre deben existir intercambiadores en cuyo interior se transfiera el calor de las calderas (primario) al ACS (secundario) sin que exista mezcla entre ambos circuitos.

En este caso se utilizará un interacumulador que posee las características de un acumulador y además tiene un serpentín cuya función es similar a la de un intercambiador de calor externo, lo que proporcionará un ahorro en costes y simplificará la instalación.

1.5.3 Sistema auxiliar

Tras calentar el agua en el interacumulador del circuito primario con la energía procedente de los captadores, se debe asegurar que la temperatura del agua para la distribución alcanza los valores deseados. Para esto se dispone del sistema auxiliar que consiste de una caldera y un intercambiador que asegurarán la distribución de ACS a una temperatura deseada en caso de que la aportación solar sea insuficiente.

Este sistema es indispensable para los meses que no cubren la fracción solar necesaria debido a condiciones meteorológicas no favorables, como podrían ser los meses invernales. Gracias a este sistema auxiliar se distribuye toda la demanda de ACS requerida por el usuario pese a posibles problemas con el sistema de captación.

La instalación actual dispone de una caldera de gas SAUNIER DUVAL modelo THEMACLASSIC F AS 25 E GB DE 23,6 kW de potencia, y un interacumulador de la instalación previa, además de una bomba que se aprovecharan para abaratar costes en la instalación actual tras ser comprobado que cumplan con las necesidades pertinentes.

Una vez calentada el agua se distribuye por todo el edificio hasta los puntos de consumo, mediante una red de tuberías exclusivas para este servicio.

1.5.4 Sistema de distribución

Una vez aseguradas las condiciones óptimas del ACS se requiere de un sistema de distribución para transportar el ACS a los puntos de consumo. Este sistema de distribución estará formado principalmente por una red de tuberías diseñada según los criterios normativos, y de una bomba de impulsión para asegurar la distribución hasta el punto más alejado de la instalación.

1.5.5 Sistema de control

El funcionamiento de la instalación será controlado por una central de regulación que actuará poniendo en funcionamiento las bombas de circulación. El regulador compara la diferencia de temperatura entre la sonda a la salida de los captadores (T1) y la sonda del interacumulador (T2). En cuanto la diferencia es mayor o igual que la diferencia de temperatura de conexión ajustada (6°C, ajuste de fábrica), el relé situado en el grupo de bombeo del circuito primario activa la bomba solar, y el interacumulador es cargado hasta alcanzar la diferencia de temperatura de desconexión (8°C, ajuste de fábrica) o la temperatura máxima de acumulador (60°C, ajuste de fábrica).

La centralita reguladora dispone a su vez de la función termostato que funciona independientemente del funcionamiento solar y se utilizará a partir de la sonda del acumulador de distribución (T3) de distribución. Está pondrá en marcha el grupo de bombeo del circuito de distribución mediante un relé cuando la temperatura del interacumulador no supere los 60°C.

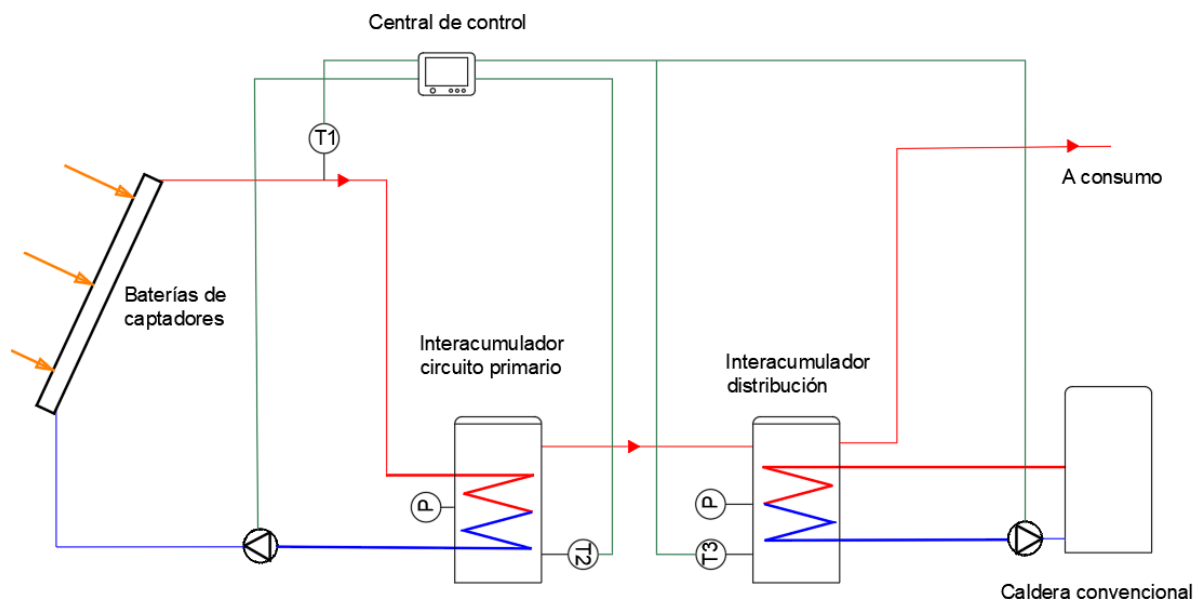


Figura 1-10: Esquema de funcionamiento del sistema de control

1.5.6 Captadores

El modelo de captador seleccionado pertenece al fabricante Wolf y el modelo es el Topson F3-1. A continuación se muestra una imagen del modelo, descripción y sus respectivos datos técnicos.

Denominación: Topson F3-1

Tipo: Captador solar plano de alto rendimiento.

- Descripción:
 - Certificado SOLAR KEYMARK.
 - Homologado según EN12975-2.
 - Absorbedor de AL/CU.
 - Para montaje en vertical.

- Resistente al ambiente, a altas temperaturas, incluso vacío.
- Carcasa de aluminio, forma de bañera autoportante.
- Resistente en ambientes máximos.
- Vidrio de 3,2 mm de espesor con mayor coeficiente de transmisión.
- Aislamiento inferior de 60mm.
- Aislamiento lateral de 15 mm.

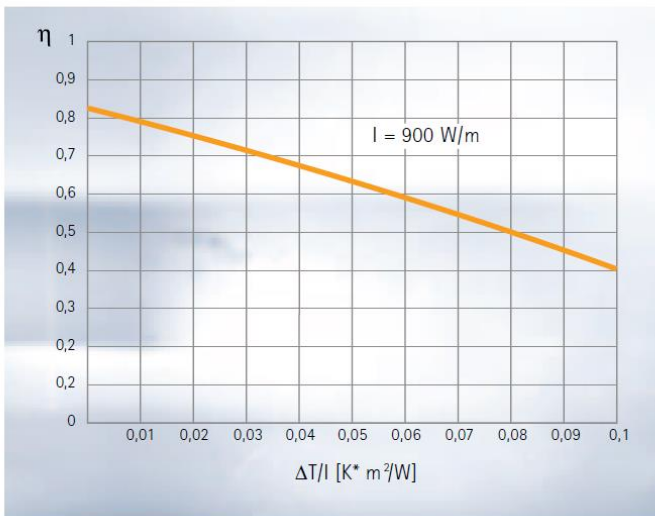


➤ Figura 1-11. Captador solar Wolf Topson F3-1

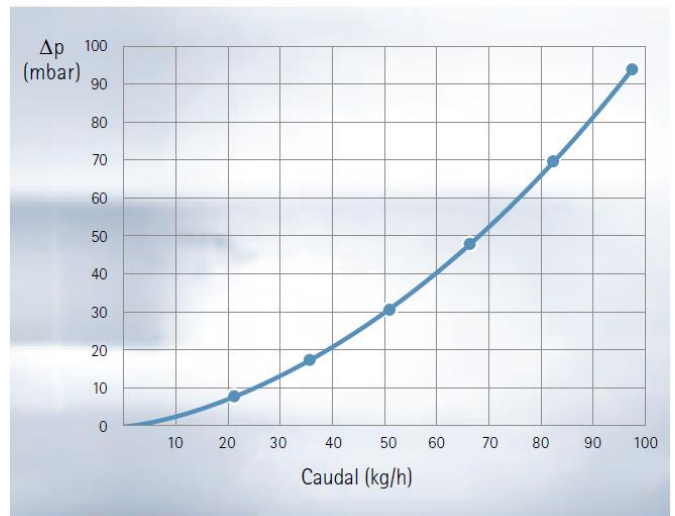
-
- Datos técnicos:
 - Angulo de inclinación: 15°-90°
 - Factor óptico: 80,4%
 - Factor lineal de pérdidas: 3,235 W/(m² K)
 - Factor cuadrático de pérdidas: 0,0117 W/(m² K²)
 - Superficie del captador: 2,3 m²
 - Superficie útil: 2,0 m²
 - Capacidad: 1,7 ltr
 - Temperatura de parada máxima (en seco): 194°C
 - Modificador del ángulo de incidencia par 50°: 94%.
 - Capacidad térmica efectiva C*: 5,85 kJ/(m² K)
 - Presión de régimen admisible: 10 bar

- Caudal admisible: 45-90 ltr./h
- Peso en vacilo: 40 kg
- Conexiones (en la pieza de conexión): 3/4"
- Cada unión entre captadores dos compensadores
- Largo: 2.099 mm
- Ancho: 1.099 mm
- Profundo: 110 mm
- Distancia entre conexiones: 1.900 mm

Curva de rendimiento según la EN 12975-2



Pérdida de carga



$$\eta = \eta_0 - K_1 \cdot \frac{\Delta T}{l} - K_2 \cdot \frac{(\Delta T)^2}{l}$$

$\eta_0 = 0,804$
 $K_1 [(W/(m^2K))] = 3,235$
 $K_2 [(W/(m^2K^2))] = 0,0117$

$$\Delta p = 0,223 \cdot C + 0,00784 \cdot C^2$$

1.5.7 Interacumulador circuito primario

Para el interacumulador se ha optado por el fabricante IDROGAS y su modelo CV para una capacidad de 1000 litros. El catálogo del fabricante dispone la siguiente información sobre este modelo:

Depósitos para producción y acumulación de ACS, en instalación vertical sobre suelo, como depósito individual, instalación en serie o instalación en paralelo, fabricado en acero vitrificado, según la norma DIN 4753.

Incorporan de serie, panel de control con termómetro y ánodo de magnesio con medidor de carga para la protección catódica del depósito. En los modelos de 750 a 1000 se pueden desmontar el aislamiento térmico en los laterales, para paso de puertas de 800 mm.

Como opción se suministra equipo eléctrico completo, compuesto por resistencia eléctrica y panel de control con termómetro: termostato doble de regulación de temperatura y seguridad, interruptor invierno-verano y pilotos indicadores de funcionamiento.

Aislados térmicamente con espuma rígida poliuretano inyectado en molde, libre de CFC y acabado exterior, con forro de polipropileno acolchado desmontable y cubiertas.

Todos los modelos se suministran con boca lateral de inspección.

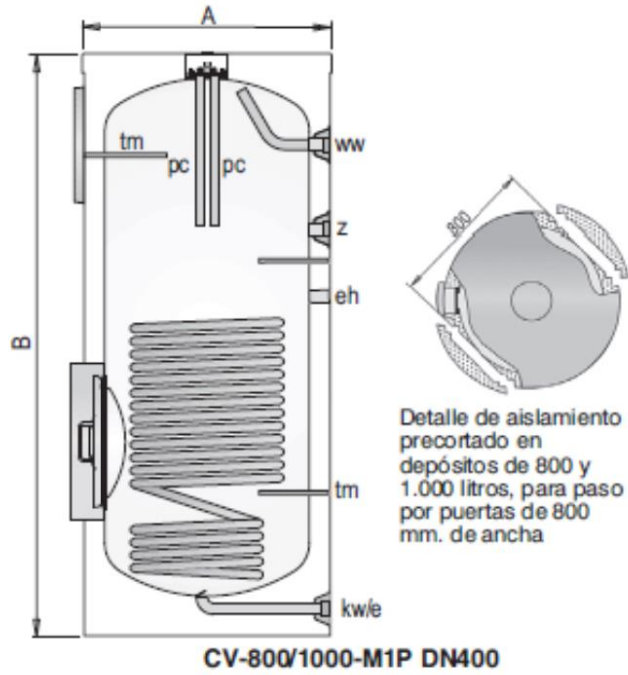


Figura 1-12. Interacumulador IDROGAS CV1000

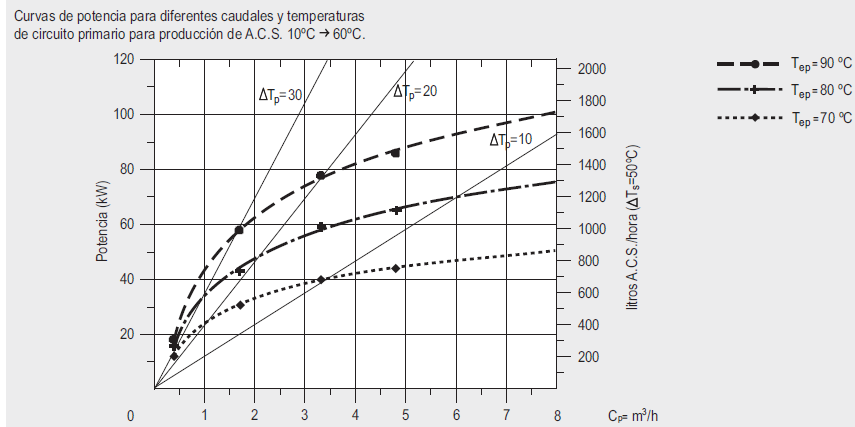
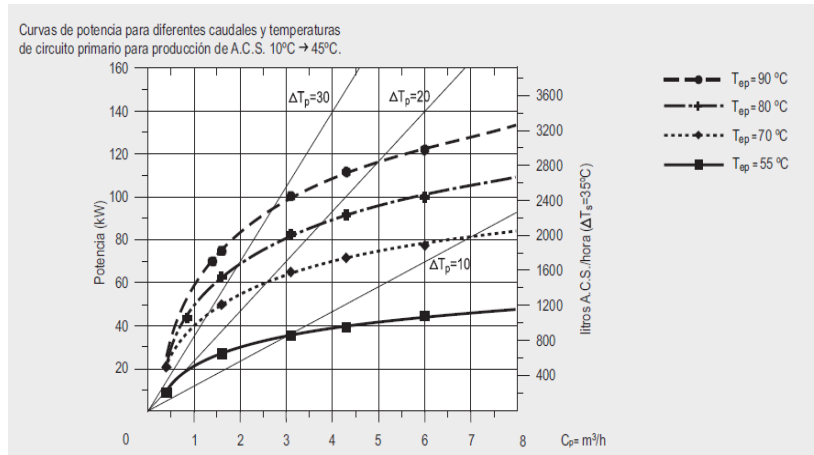
Características técnicas:

- Capacidad de ACS: 1000 litros
 - Temperatura máx. depósito de ACS: 90°C
 - Presión máxima de acumulación: 10 bar
 - Temperatura máx. primario: 200°C
 - Presión máx. primario: 25 bar
 - Superficie de intercambio: 3.3m²
 - Clasificación energética: C
 - Pérdidas estáticas: 125 W
-
- Dimensiones
 - Cota A: 950 mm
 - Cota B: 2250 mm
 - kw-e, entrada agua fría/desagüe: 1-1/4"
 - ww, salida ACS: 1-1/2"
 - z, recirculación: 1-1/2"
 - kv, avance caldera: 1"
 - kr, retorno caldera: 1"
 - eh, conexión lateral: 1-1/2"
 - tm, vaina sensores
 - pc, protección catódica

➤ R, vaina resistencia



■ Figura 1-13. Plano de medidas del CV1000



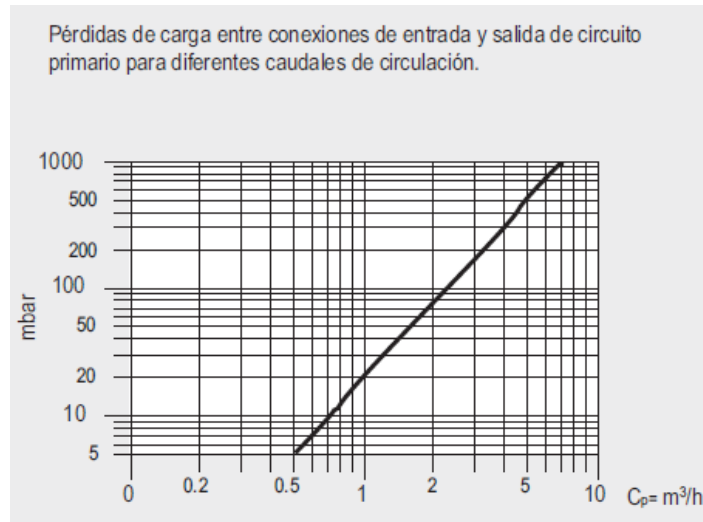


Figura 1-14: Curvas características del interacumulador IDROGAS CV 1000

1.5.8 Bomba del circuito primario

En el caso de la bomba para el circuito primario se ha seleccionado el modelo Stratos-Z 25/2 de WILO.

Se van a instalar en paralelo dos bombas idénticas. Las especificaciones técnicas se describen a continuación:

Bomba de alta eficiencia Wilo-Stratos con regulación electrónica.

Bomba circuladora de rotor húmedo con costes de funcionamiento mínimos, para el montaje en tubería. Apta para todas las aplicaciones de calefacción, ventilación y climatización (de -10 °C a +110 °C). Con regulación de la potencia electrónica integrada para presión diferencial constante/variable. Coquillas termoaislantes de serie. Con nivel de mando manual con un botón de serie:



Figura 1-15. WILO Stratos z 25/2

- Bomba ON/OFF
- Selección del modo de regulación:
- dp-c (presión diferencial constante)

- dp-v (presión diferencial variable)
- dp-T (presión diferencial controlada por la temperatura) mediante monitor IR / pendrive IR, Modbus, BACnet, LON o Can
- Límite Q para la limitación del caudal máximo (ajuste solo a través de pendrive IR)
- Modo manual (ajuste de una velocidad constante)
- Funcionamiento automático de reducción nocturna (autoadaptable)
- Ajuste del valor de consigna y de la velocidad

La visualización de la pantalla gráfica de la bomba se puede girar para adaptarse a la disposición vertical y vertical del módulo e indica:

- El estado de funcionamiento
- Modo de regulación
- El valor de consigna de la presión diferencial y de la velocidad
- Los mensajes de fallo y de advertencia

Motor síncrono conforme a la tecnología de motor de conmutación electrónica con un alto rendimiento y un par de arranque elevado, función de desbloqueo automático y protección total del motor integrada.

Piloto de indicación de avería, indicación general de avería libre de tensión, interfaz de infrarrojos para la comunicación inalámbrica con el dispositivo de mando y servicio del módulo IR/pendrive IR de Wilo.

Punto de conexión para los módulos IF Wilo Stratos con interfaces para la gestión Técnica Centralizada y la gestión de bombas dobles (accesorios: Módulos IF Stratos Modbus, BACnet, LON, CAN, PLR, Ext. Off, Ext.Mín, SBM, Ext.Off/SBM o DP).

Carcasa de la bomba de fundición gris con revestimiento de cataforesis, rodete de plástico reforzado con fibra de vidrio, eje de acero inoxidable con cojinetes de deslizamiento de carbón impregnados de metal.

Ficha técnica: Stratos-Z 25/1-8

Datos hidráulicos		Datos del motor	
Presión máxima de trabajo P_N	10 bar	Índice de eficiencia energética (IEE)	0.20
Altura máxima de impulsión H	8.00 m	Alimentación eléctrica	1~230 V, 50/60 Hz
Caudal máximo Q	8.8 m ³ /h	Potencia nominal del motor P_2	0.10 kW
Temperatura mínima del fluido T	-10 °C	Intensidad nominal I_N	1.10 A
Temperatura máxima del fluido T	110 °C	Velocidad mínima n_{min}	1400 rpm
Temperatura mínima del fluido T	0	Velocidad máxima n_{max}	3700 rpm
Temperatura máxima del fluido T	0	Consumo de potencia (min.) $P_{1 min}$	9.0 W
Temperatura ambiente mínima T	-10 °C	Entrada de corriente P1 máx. $P_{1 max}$	125.0 W
Temperatura ambiente máxima T	40 °C	Emisión de interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno residencial (C1)
Dureza total máx. admisible en sistemas de recirculación de ACS	3,57 mmol/l (20 °dH)	Resistencia a interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno industrial (C2)
		Regulación de la velocidad	Convertidor de frecuencia
		Clase de aislamiento	F
		Protection class motor	IPX4D
		Protección de motor	integrado
Materiales		Dimensiones de instalación	
Carcasa de la bomba	CC499K	Conexión de tubería del lado de aspiración RPS	G 1½
Rodete	PPS-GF40	Conexión de tubería del lado de impulsión RPD	G 1½
Eje	1.4122, X39CrMo17-1	Longitud entre roscas l_0	180 mm
Material del cojinete	Carbon graphite, all Carbon		
Información de pedidos			
Marca	Wilo		
Denominación del producto	Stratos-Z 25/1-8		
Referencia	2090469		
Peso neto aproximado m	5 kg		

Figura 1-16. Características técnicas Stratos Z 25/4

En el caso de bombas embridadas y ejecuciones embridadas:

Ejecución estándar para bombas DN 32 a DN 65: brida combinada PN 6/10 (brida PN 16 según EN 1092-2)

para contrabridas PN 6 y PN 16

Ejecución estándar para bombas DN 80 / DN 100: brida PN 6 (ejecución PN 16 según EN 1092-2) para contrabrida PN 6

Ejecución especial para bombas DN 32 a DN 100: brida PN 16 (según EN 1092-2) para contrabrida PN 16

1.5.9 Vasos de expansión

Se ha seleccionado el vaso de expansión ThermoWave para instalaciones de agua caliente sanitaria de una capacidad de 2 litros.

- Características:
 - Membrana de butilo de alto grado.
 - Revestimiento de polipropileno virgen.
 - Acabado de pintura de poliuretano sobre una base de epoxi.
 - Libre de fugas de aire con sello de anillo en tapa de válvula de aire.
 - Conexión de agua de acero inoxidable.
 - No requiere mantenimiento.
- Especificaciones:
 - Volumen nominal: 2 lt.
 - Alto: 20,6 cm.
 - Diámetro: 12,6 cm.
 - Sistema de conexión: 3/4" BSP
 - Presión máxima de trabajo: 10 bar
 - Precarga de fábrica: 1,9 bar
 - Temperatura máxima de trabajo: 90°C



Figura 1-17. Vasos de expansión ThermoWave

1.5.10 Central de regulación

Como último equipo se ha escogido la centralita reguladora del fabricante RESOL y su modelo DELTASOL CS/4 que posee las siguientes características:

Descripción del producto:

- Diseñado especialmente para el control de bombas de alta eficiencia energética (HE)
- 1 entrada para sensor Grundfos Direct Sensor™ VFD
- Pantalla de monitorización de sistema
- Hasta 4 sondas de temperatura Pt1000
- Relés semiconductores para el control de velocidad
- Control de bomba HE
- Balance térmico
- Menú de puesta en servicio
- 3 sistemas básicos a elegir
- Control de funcionamiento
- Función de desinfección térmica opcional
- Opción drainback
- Visualización en grados °C o °F

RESOL®



Figura 1-18: Centralita reguladora RESOL DELSOL CS/4

Datos técnicos:

- Entradas: 4 sondas de temperatura Pt1000, 1 sensor Grundfos Direct Sensors™
- Salidas: 2 relés semiconductores, 1 salida PWM
- Frecuencia PWM: 512 Hz

- Tensión PWM: 10,5 V
- Potencia de salida: 1 (1) A 240 V~ (relé semiconductor)
- Potencia total de salida: 4 A 240 V~ Alimentación: 100...240 V~ (50...60 Hz)
- Tipo de conexión: Y Standby: 0,60 W
- Clases de controles de temperatura: I Eficiencia energética [%]: 1
- Funcionamiento: tipo 1.C.Y Ratio de sobretensión transitoria: 2,5 kV
- Interfaz de datos: VBus® de RESOL
- Transmisión de corriente VBus®: 35 mA
- Funciones: control de funcionamiento, contador de horas, función de captador de tubos, función termostato, control de velocidad, opción drainback, opción booster (bomba de refuerzo) y contador de energía
- Carcasa: de plástico, PC-ABS y PMMA Montaje: sobre pared o en cuadro de conexiones
- Visualización/Pantalla: pantalla de monitorización de sistema para visualizar el sistema con un campo de 16 segmentos y otro de 7, 8 símbolos para visualizar el estado del sistema y un piloto de control
- Manejo: con las 3 teclas frontales
- Tipo de protección: IP 20 /IEC 60529
- Categoría de protección: I Temperatura ambiente: 0...40°C
- Índice de contaminación: 2
- Dimensiones: 172 x 110 x 46 mm

1.6 Normativa

1.6.1 Cumplimiento Código Técnico de la Edificación DB HE 4

El documento principal a la hora de regirse de la normativa para diseñar una instalación de ACS será el CTE y en concreto su sección HE4.

- Cumplimiento de la contribución solar mínima (Apartado 2.2.1)
Almensilla se encuentra en la zona climática V definida en el CTE-HE4 por lo que la fracción solar mínima que debe producir la instalación es del 60%.
- Cumplimiento protección contra sobrecalentamientos (Apartado 2.2.2)
Acorde al diseño de la instalación solar no se sobrepasa ningún mes el 110% de la fracción solar producida.
- Cumplimiento del límite de pérdidas (Apartado 2.2.3)
Dada la situación del pabellón polideportivo no se producen pérdidas por sombras. Las pérdidas por orientación e inclinación no superarán tampoco el 10% establecido.
- Sistemas de medida de energía suministrada (Apartado 2.2.4)
En el caso de instalaciones solares con acumulación solar distribuida será suficiente la contabilización de la energía solar de forma centralizada en el circuito de distribución hacia los acumuladores individuales.
- Cumplimiento sistemas de acumulación solar y conexión de sistema degeneración auxiliar (Apartado 2.2.5)
El ratio V/A es de 62,81 l/m² encontrándose por tanto entre los valores de 50 y 180 establecidos

acorde a los sistemas de acumulación.

- Cumplimiento cálculo de la demanda (Apartado 4.1)

Según lo dispuesto en este apartado la instalación cumple con los requisitos de demanda unitaria con 60°C de referencia.

1.6.2 Cumplimiento RITE

Para el diseño de la instalación se ha tenido en consideración el cumplimiento de los siguientes apartados del RITE:

- IT 1.1.4.3.1. “Preparación de agua caliente para usos sanitarios”
- IT 1.2.4.2.1. “Aislamiento térmico”
- IT 1.2.4.6.1. “Contribución de calor renovable o residual para la producción térmica del edificio”
- IT 1.3.4.4.5. “Medición”
- IT 2.3.3. “Sistemas de distribución de agua”

1.6.3 Normas UNE

- UNE 94002

El apartado 4.1 del CTE está descrito en función de esta norma, por lo que la demanda energética de agua caliente está diseñada en función de dicha norma.

- UNE 94003

Los datos de la irradiación global horizontal y temperatura ambiente en la provincia se obtienen de esta norma.

1.7 Bibliografía

Secretaría de Estado de Energía. (2016). *La energía en España 2016*. Madrid

Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración, ATECYR. (2010). *Guía técnica de agua caliente sanitaria central*. Madrid.

Observatorio Tecnológico de la Energía, OBTEC. (2010). *Mapa Tecnológico: Calor y Frío Renovables*. Madrid.

Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR. (2007). UNE 94003:2007: *Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas*. Madrid.

Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR. (2004). UNE 94002:2004: *Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica*. Madrid.

Código Técnico de la Edificación, CTE.

Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía, IDEA (2018). *CHEQ4: Manual de usuario*. Madrid.

José Guerra, J.G. (2014). *Energía Solar*. (Apuntes Universidad de Sevilla). Sevilla.

Manuel Silva, M.S., Sara Moreno, S.M. (2014). *Radiación Solar*. (Apuntes Universidad de Sevilla). Sevilla.

Francisco Javier Benjumea, F.B. (2015). *Instalación de Energía Solar para la Producción de ACS en una Residencia de Ancianos*. (Trabajo de Fin de Grado) Sevilla.

Claudia Merino, C.M. (2015). *Instalación Solar para Producción de ACS de un Hospital*. (Trabajo de Fin de Grado) Sevilla.

Alberto Bermudo, A.B. (2017). *Instalación Solar para Producción de ACS en una residencia de estudiantes*. (Trabajo de Fin de Grado) Sevilla.

2 MEMORIA DE CÁLCULO

2.1 Introducción

En esta sección se describen los pasos seguidos para el diseño de una instalación solar térmica para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en un pabellón polideportivo situado en la localidad de Almensilla (Sevilla).

Acorde a la normativa española y con el fin de obtener todos los datos a introducir en el programa CHEQ4 se han realizado los cálculos que se muestran a continuación.

2.2 Datos de partida

Los datos climáticos según la localización de la instalación se pueden extraer del programa CHEQ4 y se resumen en la siguiente tabla.

Almensilla (Sevilla)	
Latitud	37° 18
Longitud	-6° 06
Altura sobre el nivel del mar	46m
Zona climática	V
Edificio	Pabellón polideportivo
Ocupación	50

Tabla 2-1. Datos climáticos

En esta tabla se han expuesto los datos de la localidad en la que se encuentra la instalación de ACS y se ha añadido el dato de la ocupación estimada del edificio a partir de los resultados de la memoria de construcción del edificio.

El cálculo de la ocupación se ha realizado mediante las instrucciones del Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (DBSI), cuya sección SI 3.2 “Cálculo de la ocupación” indica que los vestuarios poseen una ocupación de 2 m² por persona. Siendo la superficie útil de los vestuarios de este edificio de 100 m², se puede estimar una ocupación de 50 personas para las zonas destinadas a esta actividad.

Según el DB HE 4 para el cálculo de la demanda se tomarán los valores con una demanda de referencia de 60 °C que aparecen en la tabla 2-2. Esta tabla tiene la función de determinar la fracción solar mínima a abastecer mediante la aplicación de la instalación que en este caso se ve reflejada en la opción de Vestuarios/Duchas colectivas como se muestra a continuación.

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

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

Tabla 2-2. Valores de demanda unitaria de referencia a 60°C

Del programa CHEQ4 obtenemos los datos de la Irradiación global media mensual sobre una superficie horizontal que nos facilita a través de los datos de la radiación solar del "Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT", publicado en el año 2012 por la Agencia Estatal de Meteorología. Véanse dichos valores en la Tabla 2-3

Otro parámetro a tener en cuenta en los datos de partida es la temperatura de agua fría o temperatura diaria media mensual de agua de red según la denominación en el programa CHEQ4 (Véanse dichos valores en la Tabla 2-3). En el caso de las temperaturas de agua fría varían debido a la diferencia de altura entre la localidad de referencia que en este caso es Sevilla capital y la localidad de Almensilla, pese a que la diferencia de altura es mínima, los datos que nos marca el CHEQ4 están ligeramente modificados a los datos para Sevilla capital según la norma UNE 94002:2005 "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: Cálculo de la demanda de energía térmica". En el documento DB HE 4 Apéndice B se explica de la siguiente manera como calcular la temperatura de agua fría para casos en los que no coincida con las localidades expuestas.

“En los casos en los que la localidad no coincida con la capital de provincia se corregirá la temperatura media del agua fría (T_{AFY}) según la temperatura media mensual de agua fría correspondiente a la capital

de provincia (T_{AFCP}) y la diferencia de altura con respecto a esta ($Az = \text{Altura de la localidad} - \text{Altura de la Capital de provincia}$) mediante la expresión:

$$T_{AFY} = T_{AFCP} - B \cdot Az$$

Donde

$B = 0,0066$ para los meses de octubre a marzo;

$B = 0,0033$ para los meses de abril a septiembre.”

En último lugar también se debe mencionar como punto de partida los datos de la temperatura ambiente diaria media mensual que se extraen de la norma UNE 94003:2007 “Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas”.

	Rad (MJ/m ²)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	10	10,8	10,4
Febrero	13	10,8	11,6
Marzo	18	12,8	13,7
Abril	22	13,9	15,7
Mayo	25	15,9	19,3
Junio	28	18,9	23,1
Julio	29	20,9	26,5
Agosto	26	20,9	26,5
Septiembre	21	19,9	24,1
Octubre	15	15,8	19,2
Noviembre	11	12,8	14
Diciembre	8	10,8	10,8

Tabla 2-3. Valores en función de la localización geográfica de Almensilla

2.3 Cálculo de la demanda

Se ha calculado la demanda de energía térmica a raíz de la norma UNE 94002:2005 sección 6 en la que podemos encontrar la siguiente expresión:

$$D_{ACS} = Q_{ACS}(T_{ref}) \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{ref} - T_{AF})$$

A esta expresión le añadimos el número de días por mes y se obtiene la demanda de energía térmica mensual de la siguiente manera:

$$D_{ACS} = Q_{ACS}(T_{ref}) \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{ref} - T_{AF}) \cdot N$$

donde

$Q_{ACS}(T_{ref})$ es el consumo de agua caliente sanitaria a una temperatura de referencia T_{ref} : 21 l/(día*persona)

ρ es la densidad del agua: 1 kg/l.

c_p es el calor específico del agua: 4,18 kJ/(kg K).

T_{ref} es la temperatura de referencia del agua caliente: 60 °C.

T_{AF} es la temperatura diaria media mensual de agua fría en Almensilla

N es el número de días de cada mes

En la tabla 2-6 que se muestra a continuación podemos observar los resultados que nos facilitan el cálculo de la demanda energética mes a mes.

	Q_{acs} (l/día)	Días mes	T_{af}	T_{ref}	D_{acs} (MJ)
Enero	1.050	31	10,8	60	6.694,10
Febrero	1.050	28	10,8	60	6.046,30
Marzo	1.050	31	12,8	60	6.422,00
Abril	1.050	30	13,9	60	6.070,00
Mayo	1.050	31	15,9	60	6.000,20
Junio	1.050	30	18,9	60	5.411,60
Julio	1.050	31	20,9	60	5.319,90
Agosto	1.050	31	20,9	60	5.319,90
Septiembre	1.050	30	19,9	60	5.280,00
Octubre	1.050	31	15,8	60	6.013,80
Noviembre	1.050	30	12,8	60	6.214,80
Diciembre	1.050	31	10,8	60	6.694,10
Dacs anual					71.486,70

Tabla 2-4. Valores de la demanda anual de ACS

2.4 Cálculo de la superficie de captación

2.4.1 Cálculos geométricos y de irradiación

Pese a tener los datos de la irradiación media mensual global sobre superficie horizontal se necesitan realizar una serie de cálculos para obtener los datos sobre una superficie inclinada, y así disponer de los datos que reflejen la situación real de los captadores solares.

En primer lugar, se requiere de la ecuación aproximada de Cooper para el cálculo de la declinación (δ). Véanse dichos valores en la Tabla 2-5

$$\text{Ecuación aproximada de Cooper: } \delta = 23.45 \text{ sen} \left(360 \frac{284 + n}{365} \right)$$

donde

n representa el día del año

El siguiente paso consiste en calcular el ángulo horario de la salida y puesta del sol (ω_s), teniendo en cuenta que se adopta el criterio de establecer como positivo el ángulo horario de la puesta y como negativo el de la salida siendo sus valores absolutos idénticos.

$$\omega_s = \text{acos} [(-\tan(\delta)) \cdot \tan(\phi)]$$

donde

ϕ representa la latitud del edificio que en este caso es $37^\circ 18'$ como se indica en los datos de partida.

	Día del año	Declinación (°)	ω_s (°)
Enero	17	-20,84	73,1
Febrero	45	-13,32	79,9
Marzo	74	-2,4	88,2
Abril	105	9,46	97,3
Mayo	135	18,78	105
Junio	161	23,04	109
Julio	199	21,11	107,2
Agosto	230	13,28	100,5
Septiembre	261	1,97	91,7
Octubre	292	-9,84	82,6
Noviembre	322	-19,12	74,9
Diciembre	347	-23,12	71,1

Tabla 2-5. Declinación obtenida mediante la ecuación aproximada de Cooper, ángulo de horario de la salida y puesta de sol

Una vez obtenido el ángulo horario de salida y puesta del sol se van a calcular las componentes de irradiación solar con el fin de obtener la irradiación global diaria mensual para superficie inclinada. Para completar este proceso se debe calcular la irradiación solar extraterrestre en una superficie horizontal (\overline{H}_0) a través de la fórmula que se muestra a continuación.

$$\overline{H}_0 = \frac{24 \cdot 3600}{\pi} G_{cs} \left(1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365} \right) \left(\frac{\pi \omega_s}{180} \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \sin \omega_s \right)$$

donde

G_{cs} es la constante solar: 1367 W/m².

El siguiente paso consiste en calcular el índice de claridad (\overline{K}_t) mediante la siguiente expresión:

$$\overline{K}_t = \frac{\overline{H}}{\overline{H}_0}$$

donde

\overline{H} es la irradiación global diaria sobre una superficie horizontal.

\overline{H}_0 es la irradiación solar extraterrestre en una superficie horizontal.

Antes de calcular la irradiación global mensual sobre superficie inclinada se deben calcular las componentes de la irradiación directa (\overline{H}_D) y difusa (\overline{H}_d) sobre superficie horizontal.

Para $\omega_s < 81,4^\circ$ (invierno)

$$\frac{H_d}{H} = \begin{cases} 1 - 0,2727 K_t + 2,4495 K_t^2 - 11,9514 K_t^3 + 9,3879 K_t^4 & K_t \leq 0,715 \\ 0,143 & K_t > 0,715 \end{cases}$$

Para $\omega_s \geq 81,4^\circ$ (primavera, verano, otoño)

$$\frac{H_d}{H} = \begin{cases} 1 + 0,2832 K_t - 2,5557 K_t^2 + 0,8448 K_t^3 & K_t \leq 0,722 \\ 0,143 & K_t > 0,722 \end{cases}$$

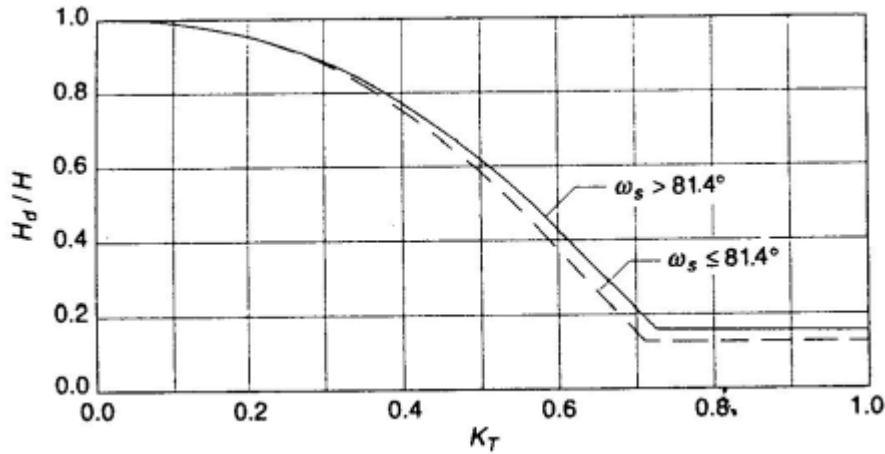


Figura 2-1. Gráfica índice de claridad

Una vez obtenida la irradiación global diaria descompuesta en su componente difusa podemos obtener su componente directa mediante la siguiente suma:

$$\bar{H} = \bar{H}_d + \bar{H}_D$$

En la tabla que se muestra a continuación se muestran los datos calculados que facilitarán el cálculo de la irradiación global diaria media mensual sobre una superficie inclinada.

	Día año	δ (°)	ω_s (°)	\bar{H}_0 (MJ/m ²)	\bar{K}_t	\bar{H}_d (MJ/m ²)	\bar{H}_D (MJ/m ²)
Enero	17	-20,92	73,15	16,94	0,579	3,13	6,67
Febrero	47	-12,95	79,95	22,13	0,597	4,02	9,18
Marzo	75	-2,42	88,16	28,69	0,631	5,63	12,47
Abril	105	9,41	97,23	35,34	0,625	6,99	15,11
Mayo	135	18,79	104,96	39,88	0,632	7,82	17,38
Junio	162	23,09	108,86	41,67	0,682	7,57	20,83
Julio	198	21,18	107,09	40,70	0,717	6,84	22,36
Agosto	228	13,45	100,46	37,03	0,700	6,49	19,41
Septiembre	258	2,22	91,68	31,04	0,670	5,76	15,04
Octubre	288	-9,60	82,63	24,01	0,604	4,86	9,64
Noviembre	318	-18,91	74,94	18,13	0,579	3,35	7,15
Diciembre	344	-23,05	71,17	15,50	0,542	2,96	5,44

Tabla 2-6. Datos geométricos e irradiación

Con estos datos podemos calcular el factor de conversión \bar{R} que se rige por la siguiente expresión debido a que la orientación del edificio se encuentra en el rango $\pm 15^\circ$:

$$\bar{R}_D = \frac{\cos(\phi - s) \cos\delta \operatorname{sen}\omega_s' + \frac{\pi\omega_s'}{180} \operatorname{sen}(\phi - s) \operatorname{sen}\delta}{\cos\phi \cos\delta \operatorname{sen}\omega_s + \frac{\pi\omega_s}{180} \operatorname{sen}\phi \operatorname{sen}\delta}$$

$$\omega_s' = \operatorname{mín} \left\{ \begin{array}{l} \cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta) \\ \cos^{-1}(-\tan(\phi - s) \tan\delta) \end{array} \right.$$

donde

s es la inclinación de la superficie: 45°

En último lugar y tras los cálculos ya realizados se puede obtener la irradiación global diaria mensual ($\overline{H_T}$) sobre superficie inclinada mediante esta ecuación:

$$\overline{H_T} = \overline{R_D} \overline{H_D} + \left(\frac{1 + \cos s}{2}\right) \overline{H_d} + \left(\frac{1 - \cos s}{2}\right) \rho_s \overline{H}$$

donde

ρ_s es la reflectividad del suelo: 0,2

	Componente directa (MJ/m ²)	Componente difusa (MJ/m ²)	Componente reflejada (MJ/m ²)	$\overline{H_T}$ (MJ/m ²)
Enero	14,71	2,67	0,496	17,88
Febrero	15,99	3,43	0,648	20,07
Marzo	16,42	4,81	0,840	22,07
Abril	14,80	5,96	1,035	21,80
Mayo	13,55	6,67	1,168	21,39
Junio	14,59	6,46	1,220	22,28
Julio	16,43	5,84	1,192	23,46
Agosto	17,23	5,54	1,084	23,86
Septiembre	17,60	4,92	0,909	23,42
Octubre	15,33	4,14	0,703	20,18
Noviembre	14,81	2,86	0,531	18,20
Diciembre	12,89	2,52	0,454	15,86

Tabla 2-7. Irradiación global diaria mensual sobre superficie inclinada

2.4.2 Cálculo de inclinación de captadores

Acorde al DB HE4 sección 2.2.3 el cálculo de la inclinación de los captadores depende de la latitud geográfica y dice lo siguiente:

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

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

En consecuencia a los datos obtenidos se ha escogido una inclinación de 45° ya que la demanda es ligeramente superior en los meses invernales y siendo la latitud de 37° se ha aumentado aproximadamente 10° para fomentar que se cubra la demanda durante esta época sin problemas.

2.4.3 Pérdidas por orientación, inclinación y sombras

Para la definición de las pérdidas que se puedan producir en los captadores se sigue de nuevo las indicaciones del DB HE4 sección 2.2.3 en los que se definen los límites de porcentajes de pérdidas permitidas según los requisitos de contribución solar mínima exigida.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
<i>Superposición de captadores</i>	20 %	15 %	30 %
<i>Integración arquitectónica de captadores</i>	40 %	20 %	50 %

Tabla 2-8. Pérdidas límite

Una vez definido los límites nos disponemos a calcular el porcentaje de pérdida en función de la orientación e inclinación. El ángulo óptimo acorde al CTE debe ser la latitud geográfica que difiere en este caso de la inclinación escogida para los captadores solares, por lo que versiones anteriores del DB HE4 sugieren la siguiente fórmula para el cálculo de pérdidas por inclinación:

$$Pérdidas(\%) = 100 \cdot \left\{ 1,2 \cdot 10^4 \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2 \right\} = 0,69 \quad (< 10\%)$$

donde

β es la inclinación escogida para los captadores: 45°

α es el ángulo acimut: -11°

Referente a las pérdidas producidas por las sombras se puede asegurar que no existe ningún edificio con altura suficiente como para interferir en la trayectoria entre el sol y los captadores, por lo que se ha estimado que las pérdidas por sombra son nulas. Pretils de cubierta resueltos mediante fábrica de 1 pie de ladrillo perforado, rematado con piedra artificial. La distancia mínima desde la primera fila de paneles al pretil de la azotea debe ser mayor de:

$D \geq H / \tan(61 - \text{latitud})$ siendo "H" la diferencia de altura entre el pretil y el soporte de los

Paneles. Suponiendo $H = 1$ m y $\text{latitud} = 37^\circ$, tenemos:

$$D \geq 1 / \tan 24$$

$$D \geq 2,24 \text{ m.}$$

2.4.4 Diseño del área de captación

Para el cálculo del área de captación solar se han realizado varios estudios paramétricos con los datos proporcionados por el programa CHEQ4. A partir de unos datos iniciales constantes provistos por el proyecto previo realizado se han producido dos tablas en las que se verán los diferentes resultados al variar el número de captadores y el número de agrupaciones en serie. Se evaluarán los casos cuya configuración se pueda ajustar en mayor medida a la instalación, casos que se enumeran a continuación:

- Instalación con interacumulador
- Instalación con intercambiador independiente
- Instalación con todo centralizado

Una vez definidos los datos de localización y de configuración se introducen los datos de la demanda que se muestran en la figura 2-2.



Figura 2-2. Configuraciones a ser evaluadas

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) 1.050

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) 1.050

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA

Caso general FS 60%

Caso piscina FS 70%

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto
Nuevo proyecto
Abrir proyecto
Guardar proyecto
Ayuda
Acerca de...
Salir

Figura 2-3. Datos pestaña Demanda

A continuación se definen los datos referentes al captador seleccionado así como las características de los equipos del circuito primario, siendo la variable independiente el número de captadores para así ir generando la tabla que nos proporcionará el número óptimo de captadores a instalar.

Por último se necesitan los datos del interacumulador y del circuito de distribución. En este caso se ha estimado una relación Vol/Área igual a 75 l/m², por lo que para que esta variable permanezca constante se variará el volumen total de acumulación para ajustarse a dicho parámetro.

Nº captadores	Área de captación (m ²)	Volumen de acumulación (l)	Aporte Solar (kWh)	Demanda cubierta (%)
2	4	298,5398	3640	18
3	6	447,8097	5640	28
4	8	597,0796	7584	37
5	10	746,3495	9437	46
6	12	895,6194	11178	55
7	14	1044,8893	12788	62
8	16	1194,1592	14273	70
9	18	1343,4291	15623	76
10	20	1492,699	16713	82
11	22	1641,9689	17557	86
12	24	1791,2388	18233	89
13	26	1940,5087	18776	92
14	28	2089,7786	19107	93
15	30	2239,0485	19387	95
16	32	2388,3184	19599	96

Tabla 2-9. Estudio paramétrico número de captadores. Caso Interacumulador

Nº captadores	Área de captación (m ²)	Volumen de acumulación (l)	Aporte Solar (kWh)	Demanda cubierta (%)
2	4	298,5398	4619	23
3	6	447,8097	7028	34
4	8	597,0796	9303	45
5	10	746,3495	11395	56
6	12	895,6194	13269	65
7	14	1044,8893	14901	73
8	16	1194,1592	16231	79
9	18	1343,4291	17193	84
10	20	1492,699	17908	87
11	22	1641,9689	18453	90
12	24	1791,2388	18785	92
13	26	1940,5087	19004	93
14	28	2089,7786	19166	93
15	30	2239,0485	19278	94
16	32	2388,3184	19341	94

Tabla 2-10. Estudio paramétrico número de captadores. Caso Interacambiador

Nº captadores	Área de captación (m ²)	Volumen de acumulación (l)	Aporte Solar (kWh)	Demanda cubierta (%)
2	4	298,5398	5437	19
3	6	447,8097	7568	27
4	8	597,0796	9670	34
5	10	746,3495	11696	41
6	12	895,6194	13581	48
7	14	1044,8893	15306	54
8	16	1194,1592	16890	60
9	18	1343,4291	18340	65
10	20	1492,699	19408	70
11	22	1641,9689	20912	74
12	24	1791,2388	21960	78
13	26	1940,5087	22815	81
14	28	2089,7786	23522	83
15	30	2239,0485	24104	85
16	32	2388,3184	24646	87

Tabla 2-11. Estudio paramétrico número de captadores. Caso con todo Centralizado

Por último se muestra una tabla comparando los resultados para los tres casos estudiado en la que podemos ver la cantidad de demanda cubierta en función del número de captadores a instalar. También se adjunta la figura 2-5 para la posterior valoración del estudio y poder visualizar gráficamente los resultados los resultados obtenidos.

Nº captadores	Demanda cubierta. Caso Interacumulador (%)	Demanda cubierta. Caso Intercambiador (%)	Demanda cubierta. Caso Centralizado (%)
2	18	23	19
3	28	34	27
4	37	45	34
5	46	56	41
6	55	65	48
7	62	73	54
8	70	79	60
9	76	84	65
10	82	87	70
11	86	90	74
12	89	92	78
13	92	93	81
14	93	93	83
15	95	94	85
16	96	94	87

Tabla 2-12. Estudio paramétrico número de captadores. Caso con todo Centralizado

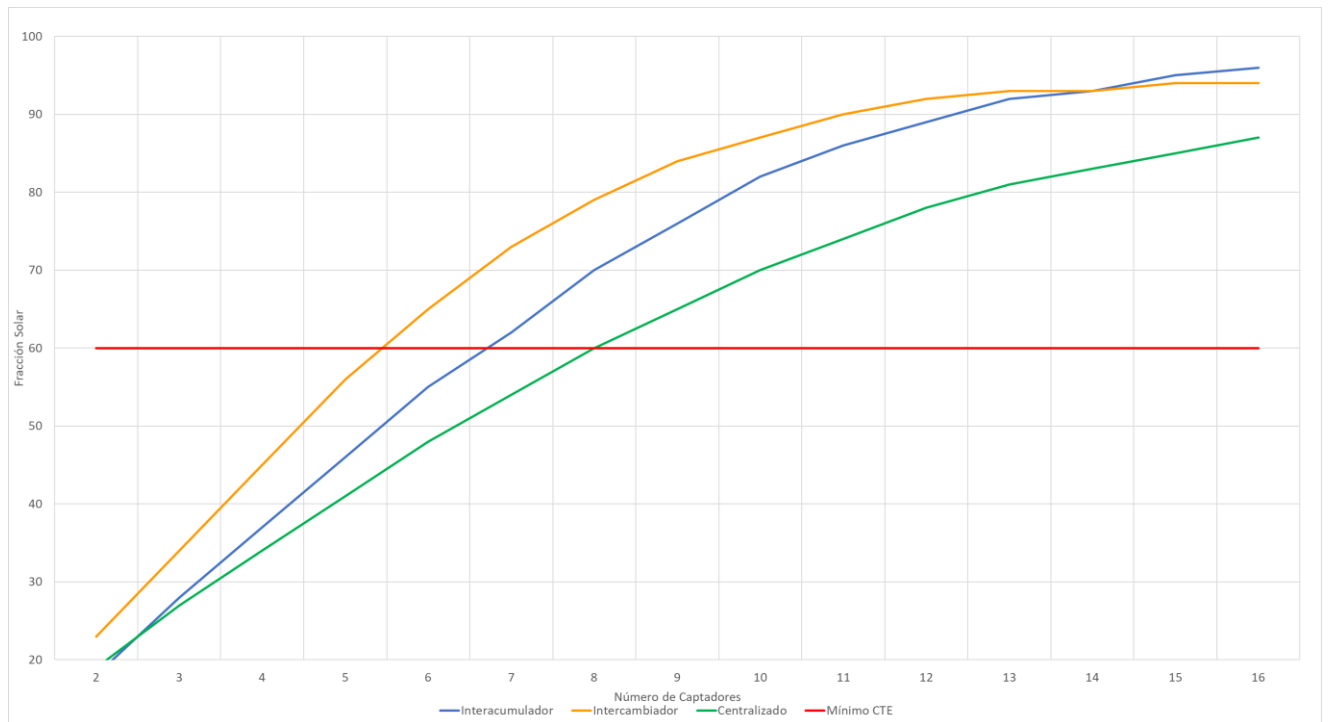


Figura 2-6. Demanda cubierta en función del número de captadores para las distintas configuraciones estudiadas

Para cumplir la normativa vigente en España se debe superar la cifra del 60% de fracción solar para cubrir la demanda a la hora de instalar captadores solares para producción de ACS. Comparando los distintos resultados podemos ver que en el caso en el que la instalación con todo centralizado (línea verde en la figura 2-5) es el menos viable con diferencia respecto a los otros dos casos. La instalación con todo centralizado necesita de mayor número de captadores para poder alcanzar el 60% mínimo de demanda cubierta además de seguir creciendo en la misma proporción aproximadamente comparado con los otros casos por lo que se descarta como una posible opción.

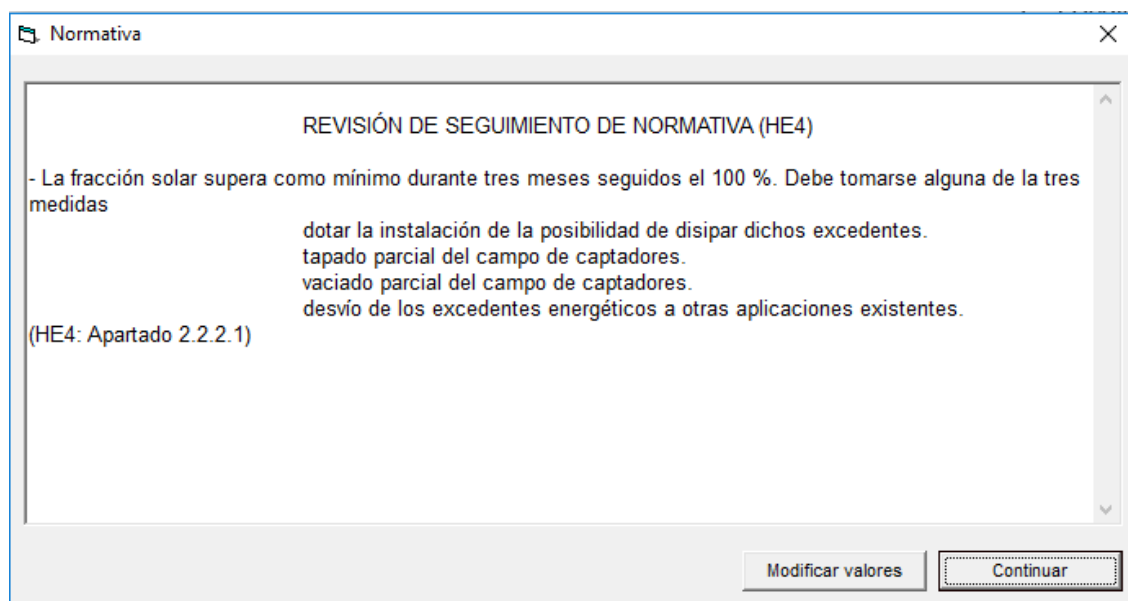


Figura 2-7. Revisión de seguimiento de normativa CHEQ4

Observando los datos obtenidos a partir de 7 captadores sería una solución asequible para cumplir con la

normativa, no obstante al disponer de una superficie suficiente en la cubierta del edificio se ha seleccionado la cifra de 8 captadores solares para depender en menor medida del sistema auxiliar al proporcionar de manera óptima una cantidad de fracción solar considerable cumpliendo la normativa.

A partir del caso de 10 captadores el programa CHEQ4 nos avisa de un incumplimiento en la normativa DB HE 2.2.2.1, al superar en 3 meses o más el cien por cien de fracción solar y ofrece las siguientes recomendaciones que se han sido obviadas al no necesitar de un mayor número de captadores.

El siguiente estudio paramétrico define el número de captadores en serie a instalar. Tras haber seleccionado el número de captadores (8) y con los datos previos seleccionados, en esta ocasión se variará el número de captadores conectados en serie para seleccionar la solución que pueda dar mejor resultado.

Nº captadores	Nº en serie	Nº captadores	Volumen de acumulación (l)	Aporte Solar (kWh)	Demanda cubierta (%)
8	1	15,92	1194	14.519	72
8	2	15,92	1194	13.544	67
8	3	15,92	1194	12.508	62
8	4	15,92	1194	11.467	57

Tabla 2-13. Estudio paramétrico captadores en serie

De los datos obtenidos se puede resaltar que a medida que aumenta el número de captadores en serie la fracción de energía solar disminuye, esto quiere decir que se deben instalar el menor número de captadores en serie dentro de las posibilidades técnicas. Según las recomendaciones del fabricante los captadores pueden ir hasta en módulos de 10, lo que implicaría que para cubrir los 8 captadores se pueden instalar con una simple conexión en serie.

Una vez valorado entre las distintas posibilidades que podían favorecer el diseño de la instalación, se han distribuido los captadores en la cubierta del pabellón polideportivo de manera que los captadores no produzcan sombra entre ellos y que el circuito primario sea de la menor longitud posible.

2.5 Cálculo del volumen de acumulación

Al igual que en el caso de la superficie de captación se va a utilizar un estudio paramétrico para el diseño del interacumulador del circuito primario. En este caso una vez escogidos todos los parámetros de diseño de los captadores (inclinación, número de captadores y captadores en serie) se va a modificar el volumen de acumulación fijando la relación volumen de acumulación/área de captación entre 50 y 180, valores que se tienen que cumplir según lo indicado en el DB HE 4 sección 2.2.5.

A continuación se muestran los resultados del estudio paramétrico en la tabla 2-14.

Nº captadores	Nº en serie	Área de captación (m²)	V/A (l)	Volumen de acumulación (l)	Demanda cubierta (%)
8	1	15,92	50	796	68
8	1	15,92	60	955	69
8	1	15,92	70	1.114	71
8	1	15,92	80	1.274	72
8	1	15,92	90	1.433	74
8	1	15,92	100	1.592	75
8	1	15,92	110	1.751	77
8	1	15,92	120	1.910	79
8	1	15,92	130	2.070	80

Tabla 2-14. Estudio paramétrico captadores en serie

De los resultados podemos sacar la conclusión que el volumen de acumulación debe oscilar entre los 1000 y los 3000 litros para poder cumplir la normativa. Siendo el caso de los 1000 litros el que proporciona menor cantidad de demanda cubierta y los 3000 sobredimensiona en algunos meses la cantidad requerida superando los niveles de fracción solar acorde al programa CHEQ4 (véase figura 2-5), se va a seleccionar la opción más factible tanto tecnológica como económicamente que será la opción de un interacumulador de 1000 litros ya que cumple todos los requisitos, así como abaratará el coste de la instalación.

Finalmente estos que se muestran a continuación son los datos finales obtenidos por el programa CHEQ4.

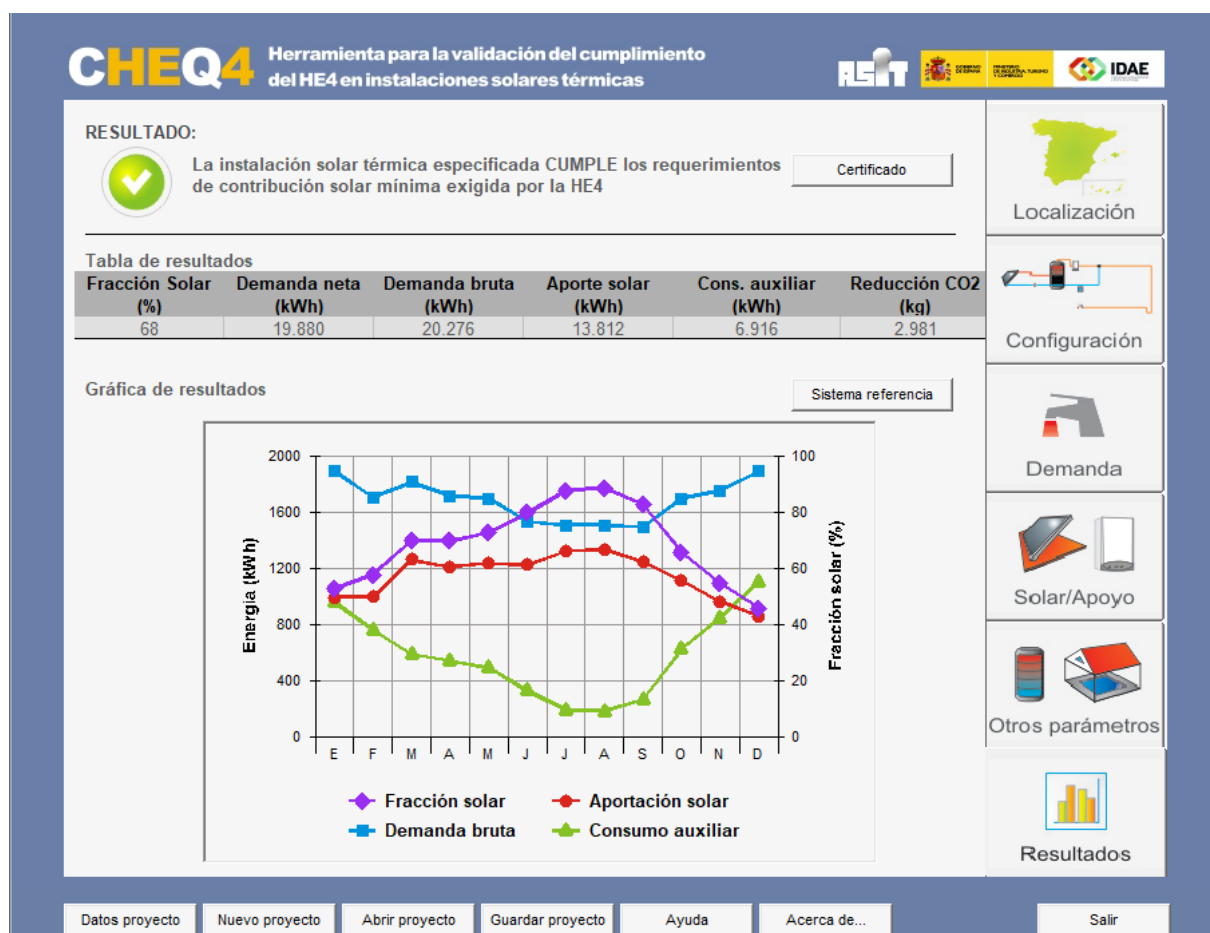


Figura 2-8. Tabla y gráfica de resultados final CHEQ4

Dados los cálculos realizados la instalación dispondrá de las siguientes características:

- Número de captadores solares: 8
- Superficie de captación: 15.92 m²
- Orientación e inclinación de los captadores: Orientación sur y 45° de inclinación.
- Número de captadores en serie: 0
- Volumen de acumulación: 1000 l
- Contribución solar: 68%

2.6 Cálculo de los equipos de intercambio

Como se ha mencionado en el apartado anterior se va a escoger un interacumulador de 1000 litros para disminuir las pérdidas y poder contar con los equipos de intercambio y acumulación en un mismo equipo. De esta forma se ahorra en parte el coste del intercambiador externo, así como la adquisición de otra bomba que

aumentarían el monto total del sistema.

Al igual que en el caso de las pérdidas por orientación e inclinación se ha acudido a una versión anterior del DB HE4 que indica lo siguiente:

“Para el caso de intercambiador incorporado al acumulador, la relación entre la superficie útil de intercambio y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.”

$$\text{Superficie de intercambio} \geq 0.15 \cdot \text{Área de captación}$$

Por tanto si la superficie de captación total es de 15,92 m² la superficie de intercambio del interacumulador deberá superar los 2,39 m², siendo la superficie de intercambio de 3,3 m² cumple con la normativa descrita en el DB HE4.

2.7 Cálculo de la red de tuberías circuito primario

2.7.1 Características del fluido caloportador

El fluido caloportador que circulará por el circuito primario utilizado para este tipo de instalaciones será una mezcla de agua con glicol, componente utilizado habitualmente como anticongelante. El porcentaje de glicol dependerá de la temperatura mínima histórica de la localidad, en nuestro caso siendo la temperatura mínima histórica de Sevilla en torno a los - 5 °C. Una vez obtenida la temperatura mínima histórica se diseñará con un margen de 5 °C menor, por lo que para -10 °C el porcentaje de glicol seleccionado evitando la congelación será entre el 20 y el 30%. Finalmente se ha seleccionado un porcentaje del 20% para el cual la mezcla de agua y glicol posee las siguientes características.

$$\rho = 990 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p = 4060 \text{ J/kg K}$$

El volumen total la red de tuberías del circuito primario se calculará en el apartado 2.9 en el que obtenemos que el volumen total es de 75.32 l. Por tanto el volumen de glicol requerido es de 15.06l.

2.7.2 Cálculo del diámetro y pérdida de carga en tuberías

A la hora de diseñar la red de tuberías del circuito primario se han tenido en cuenta los siguientes criterios de diseño, según la norma UNE 149201:2017:

Perdida de carga por metro lineal < 400 Pa

Velocidad del fluido < 1.2 m/s

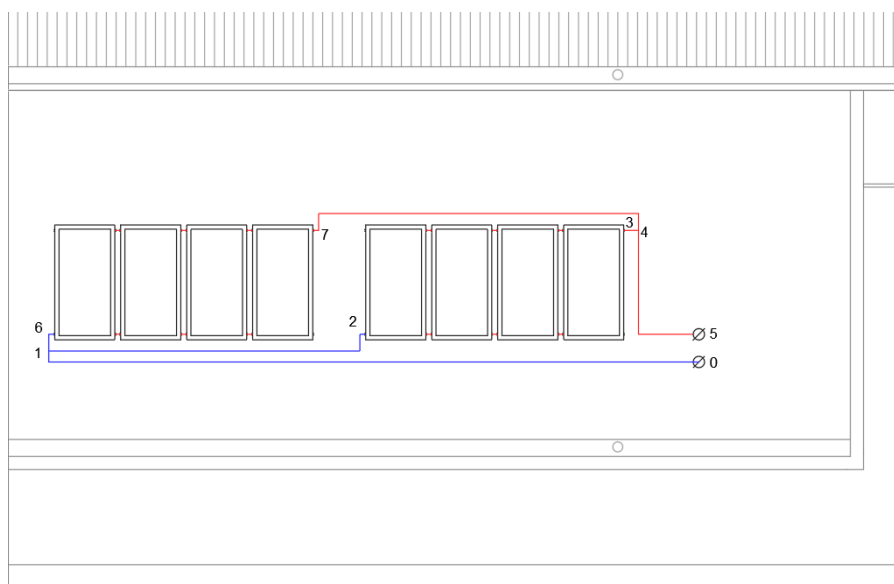


Figura 2-9. Esquema campo de captadores.

Se realiza un estudio paramétrico con los distintos posibles diámetros de tubería cumpliendo los criterios anteriores. Tal y como muestra el esquema de captadores solares (Figura 2-9) se pueden distinguir dos nodos de tuberías (puntos 1 y 4) que producen que se encuentren dos caudales distintos a lo largo del circuito primario para los cuales debemos escoger el diámetro óptimo. Véase en las siguientes tablas los resultados escogidos:

Pérdida de carga de presión por diámetro						
Diámetro(")	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00
Diámetro(mm)	12,70	19,05	25,40	31,75	38,10	50,80
1210 (l/h)	6812,46	985,75	251,48	87,40	36,92	9,51
605 (l/h)	2020,06	295,96	76,16	26,65	11,32	2,91

Tabla 2-15. Pérdida de carga de presión por diámetro

Velocidad por diámetro						
Diámetro(")	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00
Diámetro(mm)	12,70	19,05	25,40	31,75	38,10	50,80
1210 (l/h)	2,65	1,18	0,66	0,42	0,29	0,17
605 (l/h)	1,33	0,59	0,33	0,21	0,15	0,08

Tabla 2-16. Velocidad por diámetro

A partir de la selección del diámetro nos disponemos a calcular las pérdidas de carga en función de la longitud equivalente del circuito de tuberías del primario. Para esto tendremos en cuenta los distintos accesorios que se disponen a lo largo de la red de tuberías. A partir de la siguiente tabla se establecen las distintas longitudes equivalentes para tuberías de cobre:

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

Tabla 2-17. Longitud equivalente de accesorios

A partir de esta tabla podemos calcular las longitudes equivalentes en función de los accesorios que encontramos en cada tramo, quedando así:

Tramos	Codos 90 °	T alineadas	Válvula compuerta	Válvula retención	T derivada	Longitud equivalente
0-1	2	1	8	2	0	7,86
1-2	2	0	1	0	0	0,85
3-4	0	1	1	0	0	0,44
4-5	2	0	1	0	0	1,17
1-6	1	0	1	0	0	0,56
7-4	3	1	1	0	0	1,31

Tabla 2-18: Longitud equivalente de los accesorios por tramos

Las pérdidas de carga del circuito primario se han realizado mediante una hoja de cálculo que contiene una macro que facilita el cálculo de la pérdida de carga por metro lineal acorde al material y diámetro de la tubería, el caudal y la temperatura del fluido. Finalmente se obtienen los siguientes resultados para las pérdidas de carga en el circuito primario:

Tramos	L(m)	V(l/h)	D(mm)	D(°)	v(m/s)	Dp(Pa/m)	L equivalente(m)	Dp tuberías (Pa)	Dp accesorios (Pa)	Dp_total (Pa)
0-1	22,01	1210	25,40	1,00	0,66	251,48	7,86	5535,06	1976,63	7511,69
1-2	6,01	605	19,05	0,75	0,59	295,96	0,85	1778,75	251,57	2030,32
3-4	0,27	605	19,05	0,75	0,59	295,96	0,44	79,91	130,22	210,14
4-5	12,86	1210	25,40	1,00	0,66	251,48	1,17	3234,02	294,23	3528,26
1-6	0,31	605	19,05	0,75	0,59	295,96	0,56	91,75	165,74	257,49
7-4	6,47	605	19,05	0,75	0,59	295,96	1,31	1914,89	387,71	2302,61

Tabla 2-19. Pérdidas de carga totales de circuito de tuberías del primario

Según la disposición de las baterías de captadores existen dos circuitos que analizar para calcular cuál será el más desfavorable. Sumando las pérdidas de carga de la tabla 2-19 con los tramos que conforman cada uno de estos circuitos podemos observar los siguientes resultados:

Circuito	Perdida de presión(Pa)
0-1-2-3-4-5	13280,40
0-1-6-7-4-5	13342,55

Tabla 2-20: Pérdidas de carga por circuito

El tramo más desfavorable es aquel al ser aquel en el que el fluido caloportador pasa por la batería de captadores que se encuentra más alejada de la subida desde la sala de máquinas. Por tanto, la pérdida de carga que el grupo de bombeo deberá vencer será de 136.15 mbar además de la pérdida de carga que produzcan los captadores, así como la pérdida del interacumulador.

2.7.3 Pérdidas de carga captadores solares

En el catálogo del fabricante se encuentran una gráfica y una ecuación cuadrática que definen la pérdida de carga en el captador. En nuestro caso se utilizará la ecuación cuadrática al ser más precisa a la hora de calcular las pérdidas producidas por los captadores:

$$\Delta p_{captador} = 0.223 \cdot C + 0.00784 \cdot C^2 = 62.42 \text{ mbar}$$

donde

C es el caudal específico: 75.25 kg/h m²

La pérdida de carga de 62.42 mbar se considera la pérdida total de los captadores al estar estos conectados en paralelo al completo.

2.7.4 Pérdida de carga interacumulador

Como en el caso de los captadores solares nos disponemos a calcular las pérdidas de carga que se producen en el interacumulador, a partir de una gráfica que nos facilita el fabricante en su documentación técnica. En dicha gráfica se miden las pérdidas de carga entre conexiones de entrada y salida del circuito primario para distintos caudales de circulación. Para 1,22 m³/h de caudal se obtienen unas pérdidas de 28,6 mbar aproximadamente como se puede observar en la figura 2-10.

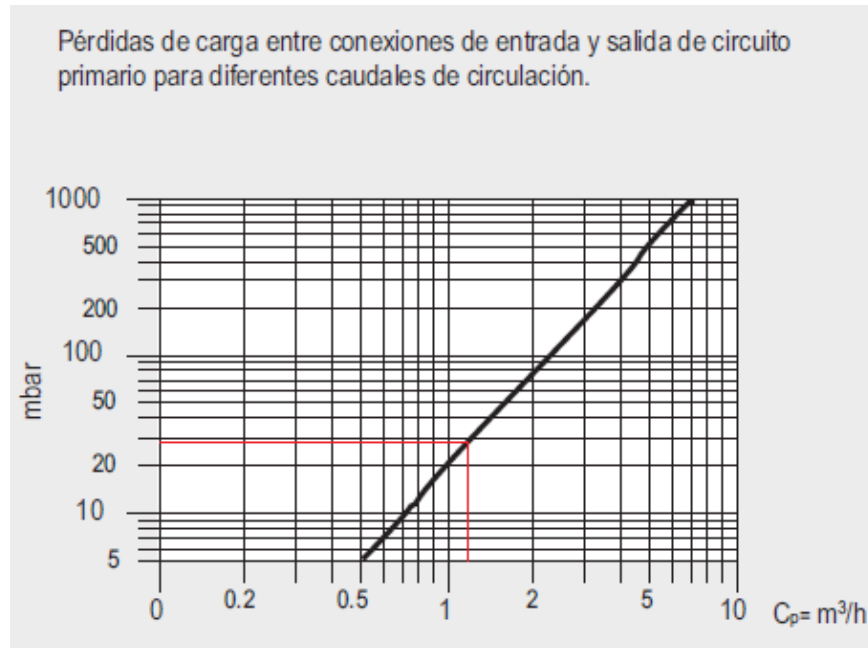


Figura 2-10: Pérdidas de carga interacumulador según caudal e circulación

2.7.5 Pérdida de carga total

La pérdida de carga total es la suma de todas las pérdidas mencionadas anteriormente:

$$\Delta p_{total} = \Delta p_{tuberías} + \Delta p_{captadores} + \Delta p_{interacumulador} = 304.74 \text{ mbar}$$

2.8 Dimensionado de la bomba de circulación

Tras conocer las pérdidas de carga totales ya se puede diseñar el dimensionado de la bomba de circulación del circuito primario, teniendo en cuenta las indicaciones del CTE:

- Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la pérdida de carga o caída de presión se deberá mantener aceptablemente baja en todo el circuito.
- Se ha optado por un par de bombas idénticas en paralelo de circulación en cada uno de los circuitos teniendo siempre una como reserva.

La situación de las bombas será la sal de máquinas situada en la planta baja del edificio, desde donde impulsará el agua hasta la cubierta en un circuito cerrado. Para este tipo de instalación no supone un problema la altura que tiene que alcanzar el fluido ya que la pérdida de energía pérdida en la subida se recupera en la bajada.

El fabricante seleccionado Wilo recomienda su serie Stratos-Z para las instalaciones de ACS. En la siguiente gráfica se debe seleccionar el modelo en función de la pérdida de carga (mca) y el caudal del circuito (m^3/h). Para ello se debe seleccionar el modelo que pueda soportar pérdidas superiores a 3.11 mca y 1.22 m^3/h .

La línea del modelo seleccionado será Wilo-Stratos-Z 25, cuyas bombas tienen un consumo de 125 W y alimentación monofásica. Ahora habrá que seleccionar el modelo entre el 1-8 mediante el mismo método solo que para la gráfica correspondiente.

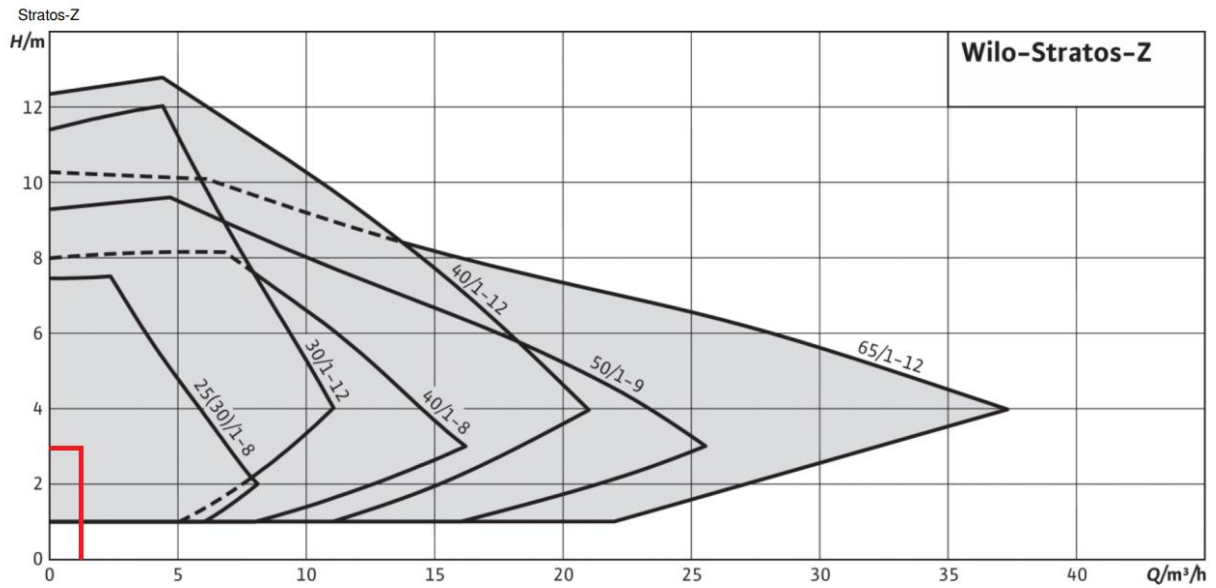


Figura 2-11. Selección de línea de modelos del fabricante de la bomba de circulación

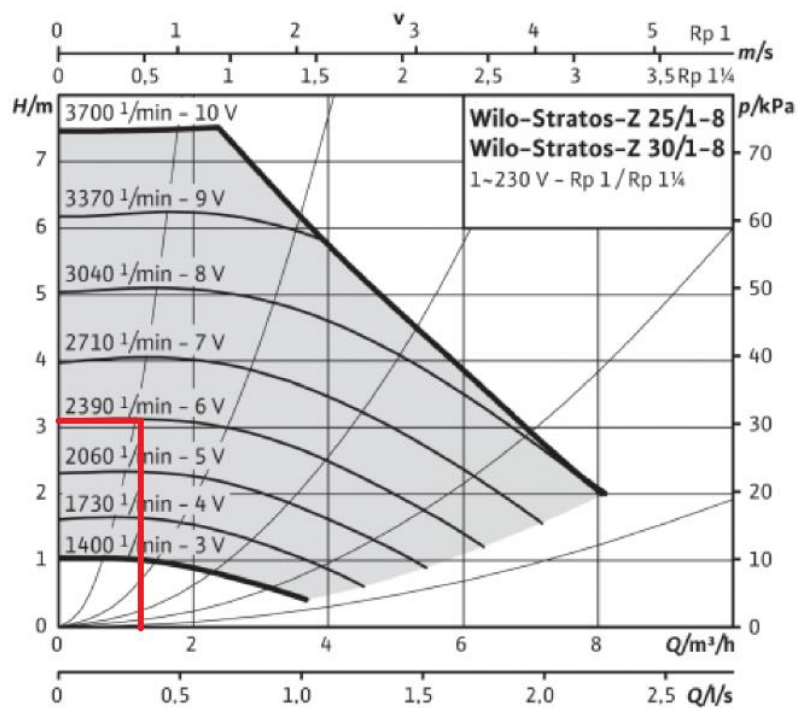


Figura 2-12. Selección del modelo del fabricante de la bomba de circulación

Finalmente, el modelo seleccionado será la bomba Wilo-Stratos-Z 25/4, al estar muy al límite de la curva que define la diferencia entre el modelo 3 y 4.

2.9 Dimensionado del vaso de expansión

El vaso de expansión es diseñado según nos indica el capítulo 9 de la norma UNE-100155. Para ello se debe calcular el volumen total de fluido que circula por el circuito primario, sumando la cantidad que circula por cada captador, en las tuberías y un 10% adicional como margen de seguridad.

$$V_{\text{captadores}} = N_{\text{captadores}} \cdot V_{\text{captador}} = 0.0136 \text{ m}^3$$

$$V_{tuberías} = l_{tuberías} \cdot \pi D_i^2 = 0.0556 \text{ m}^3$$

$$V_{seguridad} = 0.1 \cdot (V_{captadores} + V_{tuberías}) = 0.0069 \text{ m}^3$$

$$V_{total} = V_{captadores} + V_{tuberías} + V_{seguridad} = 0.076 \text{ m}^3 = 75 \text{ l}$$

donde

$V_{captador}$ es el volumen de cada captador: 1.7 l

$l_{tuberías}$ es la longitud de las tuberías del circuito primario: 32.56 m (20.8m 1" + 11.75m 3/4")

D_i es el diámetro interior de las tuberías: 1" y 3/4"

Una vez calculado el volumen total de fluido que circula por el circuito primario nos disponemos a calcular el volumen del caso de expansión a través de la siguiente expresión:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p = 1.40 \text{ l}$$

donde:

V_t es el volumen total del vaso de expansión.

V es el volumen total de agua en el circuito.

C_e es el coeficiente de dilatación del fluido: según la norma UNE 100155 se obtiene a través de la siguiente fórmula, en la cual hemos tomado como referencia la temperatura de 60°C:

$$C_e = 3.24 \cdot t^2 + 102.13 \cdot t - 2708.3) \cdot 10^{-6} = 0.015$$

C_p es el coeficiente de presión del gas (aire o nitrógeno, según con qué llenemos el vaso). Este coeficiente representa la relación entre el volumen total y el volumen útil del vaso de expansión ($C_p = V_t / V_u$). Se calcula con la fórmula:

$$C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m} = 1.24$$

donde:

P_M es la presión máxima = Presión de tarado + Presión atmosférica, En nuestra instalación la presión de tarado de la válvula de seguridad será como mínimo de 8 bar por lo que la P_M que se ha considerado es 7 bar.

P_m es la presión mínima (presión estática) = Presión manométrica + Presión atmosférica. Se calcula a partir de la diferencia de altura del punto más alto de la instalación (8,82 m) respecto al vaso de expansión que se encontrará en la parte más baja de la misma a través de la siguiente fórmula:

$$P_0 = \frac{H}{10.21 \text{ m. c. a/bar}} + \Delta P_0 = 1.36 \text{ bar}$$

donde:

P_0 : Presión de llenado del circuito en frío, con las bombas paradas (bar)

H : Altura geométrica entre el vaso y el punto más alto del circuito (m)

ΔP_0 : Margen de seguridad, que la norma UNE 100.155 recomienda establecer entre 0,2 y 0,5 bar. Coincide con la presión de llenado en frío, y con las bombas paradas, en el punto más alto del circuito.

Debido a que no se suelen comercializar vasos de expansión de este volumen para ACS, tomaremos uno de (L

2.10 Cálculo espesor de aislamiento

Por último, queda calcular los espesores de aislamiento para lo que se recurre al RITE, que define para todos los equipos de la instalación de una instalación de energía solar como aislar térmicamente de manera adecuada con el fin de reducir las pérdidas de calor y evitar un aumento en el consumo.

Según la tabla X que podemos encontrar en el RITE se define el espesor mínimo según la temperatura máxima que posee el fluido caloportador que circula en el interior de las tuberías en función del diámetro exterior e interior.

Tabla 1.2.4.2.1: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios			
Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios			
Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60

Tabla 2-21. Tablas espesores mínimos de aislamiento en función del diámetro interior/exterior.

Siendo el diámetro exterior inferior a 35 mm y con una temperatura entre los 60 y 100 °C, se escogerá un espesor de aislamiento de 25 mm para los tramos de tubería que se encuentren en el interior del edificio y de 35mm para los tramos de tubería que circulan por la cubierta.

2.11 Centralita de regulación

Se ha seleccionado una centralita de regulación que en términos de calidad/precio se ajuste a las necesidades de la instalación. Dispone de 4 entradas para sondas de temperatura cuando se requieren principalmente dos (salida de captadores e interacumulador), y también dispone de una interfaz sencilla y útil desde la que controlar el funcionamiento óptimo de la instalación.

2.12 Accesorios

En este apartado se describirán los accesorios que se necesitarán en el circuito primario para completar la

instalación y para que todos los equipos cumplan su función y se deterioren lo menos posible.

2.12.1 Válvulas de corte

Van a ser el elemento más común del circuito primario, ya que se situarán en los siguientes puntos de la instalación:

- Aspiración e impulsión de las bombas.
- A la salida del grupo de bombeo.
- Entrada y salida de las baterías de captadores.
- Entrada y salida del circuito del serpentín interacumulador.
- Entrada y salida del manómetro.
- Dos en el bay-Pass del circuito primario

Para la instalación se necesitan de 13 válvulas de corte.

2.12.2 Válvulas de retención

Se sitúan en la impulsión de las bombas para evitar el retorno del fluido caloportador, siendo necesarias una por cada bomba utilizada. En el caso del circuito primario dispondremos de un grupo de bombeo de dos bombas en paralelo por lo que se necesitarán dos válvula de retención.

2.12.3 Válvula de seguridad

En la instalación dispondremos de una válvula de seguridad para mitigar excesos de presión en caso de que se superen los límites preestablecidos evitando así cualquier riesgo de explosión de la red de tuberías. La localización de esta válvula se encuentra en la tubería vertical que une el vaso de expansión con la red tuberías.

2.12.4 Purgadores

Se instalarán purgadores para mejorar el rendimiento térmico y reducir el consume de energía. Los purgadores eliminan el aire que se haya podido acumular en el circuito de calefacción produciendo una mejora en el flujo de agua caliente. El punto óptimo de instalación es aquel que disponga de mayor temperatura y menor presión, por lo que se situarán a la salida de las baterías de captadores.

2.12.5 Manguitos

Los manguitos antivibratorios se situarán anclados a las bombas para absorber movimientos en la red de tuberías. Su función es la absorción de vibraciones y ruidos causados por las bombas, o bien la compensación de dilataciones o contracciones de tuberías por cambios de temperatura.

3 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS

3.1 Objeto

El presente pliego de condiciones técnicas fija los criterios generales del proyecto de instalación de captadores solares planos para la producción de agua caliente sanitaria en pabellón polideportivo en la localidad de Almensilla, situada en la provincia de Sevilla.

Habrán de definirse los equipos y materiales utilizados, montajes de los equipos, además de las pruebas y ensayos parciales a realizar, detallándose también su mantenimiento.

3.2 Normativa aplicable

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

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

En cualquier caso se seguirá la edición más reciente de toda la normativa mencionada, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

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

3.3 Condiciones de materiales y equipos

3.3.1 Tuberías y accesorios

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

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

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y sus uniones serán realizadas por accesorios a presión que soporten las condiciones extremas o, mediante soldadura por capilaridad de acuerdo a la norma UNE EN 1057. Se realizará soldadura fuerte cuando la temperatura del circuito pueda superar en algún momento los 125°C. En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero según Norma UNE 100050.

Todos los elementos metálicos no galvanizados, ya sean tuberías, soportes, o bien accesorios, o que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por su fabricante, se les aplicará dos capas de pintura antioxidante a base de resinas sintéticas acrílicas multipigmentadas por minio de plomo, cromado de zinc y óxido de hierro. Las dos manos se darán: la primera fuera de obra y la otra con el tubo instalado.

▪ Accesorios

Compensadores de dilatación.

Se utilizarán en los circuitos de agua caliente.

Los compensadores de dilatación han de ser instalados allí donde indique el plano y, en su defecto, donde se requiera según la experiencia del instalador, adaptándose a las recomendaciones del Reglamento e Instrucciones Técnicas correspondientes.

La situación será siempre entre dos puntos fijos garantizados como tales, capaces de soportar los esfuerzos de dilatación y de presión que se originan. Los extremos del compensador serán de acero al carbono preparados para soldar a la tubería con un chaflán de 37º o 30' y un talón de 1,6 mm cuando el diámetro nominal de la tubería sea de hasta 2" inclusive. Para tuberías de diámetro superior, las conexiones serán por medio de bridas en acero al carbono s/normas DIN 2502 o 2503, según las presiones sean de 6 y 10 o 16 Kg/cm². Estas bridas irán soldadas a los cuellos del compensador por los procedimientos recomendados para la soldadura de piezas en acero al carbono de espesores medios.

➤ Juntas:

No se utilizará amianto. La presión nominal mínima será PN-10, y soportarán temperaturas de hasta 200°C.

➤ Lubricante de roscas.

General: no endurecedor, no venenoso. Acoplamiento dieléctricos o latiguillos. Se incluirán acoplamiento dieléctricos o latiguillos en las uniones entre cobre y acero o fundición, tanto en la conducción de impulsión, como en el retorno

➤ Derivaciones:

Para las derivaciones se pueden usar empalmes soldados. Todas las aberturas realizadas a las tuberías se harán con precisión para lograr intersecciones perfectamente acabadas.

➤ Codos en bombas:

Se suministrarán codos de radio largo en la succión y descarga de las bombas.

➤ Sombreretes:

Se incluirá la protección adecuada para cada una de las tuberías que pasen a través del tejado de acuerdo a las instrucciones de la Dirección Facultativa.

➤ Guías:

Se suministrarán guías, donde se indique y donde sea necesario como en liras, Juntas de expansión, instaladas de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

➤ Termómetros:

Los termómetros serán de mercurio en vidrio, con una escala adecuada para el servicio (divisiones de

1/2 grado) dentro de una caja metálica protectora con ventana de vidrio, instalados de modo que su lectura sea sencilla.

➤ **Manómetros:**

Los manómetros serán con válvula de aguja de aislamiento en acero inoxidable e inmersos en glicerina. Los rangos de los manómetros serán tales que la aguja, durante el funcionamiento normal, este en el medio del dial. La precisión será de al menos el 1%. Puntos de toma de presión: Se incluirán los puntos de toma con válvula necesarios y/o indicados en planos o especificaciones.

➤ **Válvulas de seguridad:**

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

➤ **Purgadores de aire:**

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

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

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

➤ **Vaciados:**

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

➤ **Conexiones a equipos:**

Se dispondrán elementos de unión que permitan una fácil conexión y desconexión de los diferentes equipos y elementos de la red de tuberías, tales como latiguillos, bridas, etc., dispuestas de tal modo que los equipos puedan ser mantenidos o que puedan retirarse sin tener que desmontar la tubería. La instalación se realizará de tal modo que no se transmitan esfuerzos de las redes de tuberías a los equipos

3.3.2 Válvulas

▪ **Generalidades**

Las válvulas llevaran impreso de forma indeleble el diámetro nominal, la presión nominal y, si procede, la presión de ajuste.

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

Siguiendo los siguientes criterios:

- 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: válvula de resorte.
- Para retención: válvulas de disco, de capeta o de muelle (disco partido).

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deberían ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema. Los purgadores automáticos resistirán las presiones y temperaturas máximas alcanzables en el circuito correspondiente. Los del circuito primario se recomienda que resistan, al menos, temperaturas de 150°C.

▪ •Materiales

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

- Válvulas de esfera:
Cuerpo de fundición de hierro o acero. Esfera y eje de acero duro cromado o acero inoxidable. Asientos, estopada y juntas de teflón. Podrán ser de latón estampado para diámetros inferiores a 1 1/2 con esfera de latón duro cromado.
- Válvulas de asiento:
Cuerpo de bronce (hasta 2") o de fundición de hierro o acero. Tapa del mismo material que el cuerpo. Obturador en forma de pistón o de asiento plano con cono de regulación de acero inoxidable y aro de teflón. No será solidario al husillo. El asiento será integral en bronce o en acero inoxidable según el cuerpo de la válvula. Prensa-estopas del mismo material que cuerpo y tapa.
- Válvulas de seguridad de resorte:
Cuerpo de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido. Obturador y vástago de acero inoxidable. Prensa-estopas de latón. Resorte en acero especial para muelle.
- Válvulas de retención de capeta:
Cuerpo y tapa de bronce o latón. Asiento y capeta de bronce. Conexiones rosca hembra.
- Válvulas de retención de muelle:
Cuerpo y tapa de bronce o latón. Asiento y capeta de bronce. Conexiones rosca hembra. Resorte en acero especial para muelle.
- Purgadores automáticos de aire:
Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón. Mecanismo de acero inoxidable. Flotador y asiento de acero inoxidable o de plástico. Obturador de goma sintética.

3.3.3 Aislamiento

El material usado como aislamiento debería cumplir con la norma UNE 100171. El material aislante situado a la intemperie debería protegerse adecuadamente frente a los agentes atmosféricos de forma que se evite su

deterioro. Como protección del material aislante se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio.

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

3.3.4 Vasos de expansión

Los vasos de expansión serán siempre cerrados. El vaso de expansión llevara una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrito con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Fabricante
- Marca
- Modelo

Se recomienda que los vasos de expansión utilizados en los circuitos primarios tengan una temperatura máxima de funcionamiento superior a 100 °C pero, en cualquier caso, se adoptaran las medidas necesarias (vaso tampón, tubería de enfriamiento, etc.). Para que no llegue al vaso fluido a temperatura superior a la que el mismo pueda soportar.

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

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

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

3.3.5 Bombas

La bomba de circulación llevara una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrito con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Fabricante
- Marca
- Modelo
- Características eléctricas

Los grupos bombas deberán reunir las siguientes características en cuanto a materiales y prestaciones:

- Cuerpo en fundición o bronce. Partidos, o no, según planos. Se incluirán conexiones para cebado, venteo, drenaje y manómetros en impulsión y descarga.
- Rodete de fundición/polysulfone o bronce.
- Eje en acero inoxidable AISI 316.
- Tubo de estanqueidad en acero inoxidable.
- Cojinetes a bolas de carbono, a prueba de polvo y humedad.

- Cierres Mecánicos: todas las bombas deberán de estar provistas con cierres mecánicos y separadores de sedimentos.
- Juntas torcas de EPDM.
- Acoplamientos flexibles del tipo todo acero con protector de acoplamiento. Se incluirá espaciador en el acoplamiento para facilitar el mantenimiento del grupo.
- Rotor húmedo o seco, según documentos de proyecto.
- Motor de 2 o 4 polos, 2900 o 1450 rpm, 220V/1~ o 220/380V/ 3~, 50 Hz,
- IP.44 clase F.
- Presión de aspiración 2 maca. para 82 °C.
- Caudal, altura manométrica, potencia del motor, numero de velocidades y presión sonora según lo establecido en el presupuesto o especificaciones técnicas.
- En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.
- Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

3.3.6 Captadores

3.3.6.1 Generalidades

El captador llevara una etiqueta visible y duradera con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.

- Tipo.
- Número de serie.
- Año de fabricación.
- Superficie total del captador.
- Dimensiones del captador.
- Presión máxima de trabajo.
- Temperatura de estancamiento a 1000 W/m² y 30°C.
- Volumen del fluido de transferencia de calor.
- Peso del captador vacío.
- Lugar de fabricación.

Es recomendable que se utilicen captadores solares que se ajusten a las siguientes características técnicas:

- Material de la cubierta transparente: vidrio templado de espesor no inferior a 3 mm y transítividad mayor o igual a 0,8.
- Distancia media entre el absorbedor y la cubierta transparente no inferior a 2 cm ni superior a 4 cm.
- Absorbedor constituido solo por materiales metálicos.

La instalación de sistemas integrados en cubierta se debería realizar mediante procedimiento acreditado por el fabricante y de forma que se garanticen las características funcionales y de durabilidad del conjunto. Los datos para la caracterización térmica, hidráulica y mecánica del captador Solar deberían proceder de los resultados del ensayo realizado conforme a la norma UNE 12975. A estos efectos, es importante señalar que la función

de rendimiento del captador siempre está relacionada con una superficie útil y un caudal de ensayo.

3.3.6.2 Modelo de captador

Todos los captadores que integren la instalación se recomienda que sean del mismo tipo y modelo. Si no fuera posible mantener el mismo modelo en la rehabilitación o ampliación, se dispondrá de un sistema de regulación de caudal por baterías que permita que las nuevas baterías presenten el mismo caudal (diferencia máxima del 10%) que las existentes cuando circule por el circuito primario el caudal de diseño.

En el caso que la instalación disponga de captadores en una única batería, se podrán utilizar captadores distintos siempre que:

- No implique modificaciones en el caudal que circula por dicho captador fuera del rango de 5% respecto del caudal original de diseño unitario.
- No suponga una disminución del rendimiento térmico del sistema de captación en las condiciones habituales de operación.
- Estéticamente sean similares.

3.3.6.3 Estructura soporte y sujeción del captador

La estructura soporte cumplirá los requisitos establecidos en el CTE-SE. Todos los materiales de la estructura soporte se deberían proteger contra la acción de los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la acción combinada del aire y el agua.

Las estructuras de acero deberían protegerse mediante galvanizado por inmersión en caliente, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes. La realización de taladros en la estructura se debería llevar a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura. La tornillería y piezas auxiliares deberían estar protegidas por galvanizado o cincado, o bien serán de acero inoxidable.

3.3.7 Sistema eléctrico y de control

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

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

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

Las funciones de regulación y control que han de realizarse son las siguientes:

Activar la bomba de circulación en función del salto de temperatura entre la salida de la batería de captadores y la parte baja del acumulador.

- La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que detecten exactamente Las temperaturas que se desean, instalándose los sensores en el interior de vainas Y evitándose las tuberías separadas de la salida de los colectores y las zonas de Estancamiento (en el caso de la piscina).
- La precisión de los sistemas de control y la regulación de los puntos de consigna asegurara que en ningún caso las bombas estén en marcha con diferencias de temperaturas menores de 2 o ni paradas con diferencias superiores a 7 °C.
- La diferencia de temperatura entre el punto de arranque y parada del termostato diferencial no será inferior a 2 °C.

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

3.3.8 Aparatos de medida

Los sistemas de medida de temperatura, caudales y energía proporcionan información del estado de funcionamiento de la instalación y permiten realizar la evaluación de las prestaciones energéticas de la instalación.

A) Medida de temperatura

Las medidas de temperatura se realizarán mediante sondas, termopares, termómetros de resistencia o termistores.

La diferencia de temperatura del fluido de trabajo se realizarán mediante termopilas, termómetros de resistencia (conectados en dos brazos de un circuito en Puente) o termopares emparejados, de forma que la señal de salida sea única en todos los casos.

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

B) Medida de caudal

Los contadores de caudal de agua estarán constituidos por un cuerpo resistente a la acción del agua conteniendo la cámara de medida, un elemento con movimiento proporcional al caudal de agua que fluye y un mecanismo de relojería para transmitir este movimiento a las esferas de lectura por medio de un acoplamiento magnético. La esfera de lectura, herméticamente sellada, será de alta resolución. Cuando exista un sistema de regulación exterior, este estará precintado y protegido contra intervenciones fraudulentas. Se suministrarán los siguientes datos, que deberán ser facilitados por el fabricante:

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

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

C) Medida de energía térmica.

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

- Contador de agua, descrito anteriormente.
- Dos sondas de temperatura.

- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado.

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

3.3.9 Acumuladores

El acumulador seleccionado deberá especificar el tipo y las siguientes características técnicas:

- Volumen cubicado real.
- Principales dimensiones.
- Presión de máximo trabajo.
- Situación y diámetro de las bocas de conexión.
- Situación y especificación de los puntos de sujeción o apoyos.
- Máxima temperatura de utilización.
- Tratamiento y protección.
- Material y espesor de aislamiento y características de su protección.

El depósito estará fabricado de acuerdo con lo especificado en el reglamento de aparatos a presión, instrucción Técnica Complementaria MJE-AP11 y probado con una presión igual a dos veces la presión de trabajo y homologado por el Ministerio de Industria y Energía.

El acumulador llevara una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrito con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Nombre del fabricante y razón social.
- Contraseña y fecha de registro de tipo.
- Numero de fabricación.
- Volumen neto de almacenamiento en litros.
- Presión máxima de servicio.

Los depósitos vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior. Al objeto de este pliego de condiciones podrán utilizarse depósitos de las siguientes características y tratamientos:

- Depósitos de acero galvanizado en caliente de cualquier tamaño, con espesores de galvanizado no inferiores a los especificados en la Norma UNE 37.501.
- Depósitos de acero con tratamiento epoxi dicó.
- Depósitos de acero inoxidable de cualquier tamaño.
- Depósitos de cobre de cualquier tamaño.
- Acumuladores no metálicos que, además de soportar las condiciones extremas del circuito, resistan la acción combinada de presión y temperatura más desfavorable y este autorizada su utilización por la Administración Competente.

Cuando el intercambiador está incorporado al acumulador solar, éste estará situado en la parte inferior de este

último y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El intercambiador sumergido podrá ser de serpentín o de haz tubular.

3.3.10 Intercambiadores de calor

Los intercambiadores de calor serán de acero inoxidable AISI 316 L. El Intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de la instalación. Los Materiales soportarán temperaturas de 110 o y serán compatibles con el fluido de Trabajo.

3.3.10.1 Intercambiadores externos

El intercambiador llevara una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrito con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Fabricante.
- Marca.
- Modelo.
- Número de placas.
- Temperatura máxima.
- Presión nominal.
- Potencia nominal.
- Caudal nominal en primario y secundario.
- Salto de temperatura nominal en primario y secundario.

Se podrán utilizar intercambiadores de placas desmontables o electro soldadas. El material de las placas será acero inoxidable o cobre.

3.4 Provisión del material

Los componentes instalados deberán ser de marcas acreditadas y en su caso homologados, para que ofrezcan las máximas garantías posibles. Se dispondrá de un lugar adecuado y seguro para almacenar los materiales y elementos de la instalación hasta el momento en que estos vayan a ser puestos en obra.

Los captadores, por su especial fragilidad, deberán ser suministrados apilados sobre una base de madera adecuada para su traslado mediante carretilla elevadora. En el supuesto de que los captadores una vez desembalados deban quedarse temporalmente a la intemperie, se colocaran con un ángulo mínimo de 20° y máximo de 80°.

3.5 Condiciones de montaje

Las condiciones de montajes serán las indicadas por los fabricantes de los diferentes materiales, aparatos o equipos. La instalación de las distintas partes de la obra se realizará teniendo en cuenta la práctica normal conducente a obtener un buen funcionamiento durante el periodo de vida que se le puede atribuir.

3.6 Pruebas, puesta en marcha y recepción

3.6.1 General

La ejecución de la instalación termina con la entrega de la instalación al promotor o usuario para iniciar el periodo de uso así como el de mantenimiento. Para Realizar la recepción de la instalación debería estar realizado, además del montaje completo, las pruebas y ajustes especificados, así como la puesta en marcha. El instalador se responsabilizará de la ejecución de las pruebas funcionales, del buen funcionamiento de la instalación y del estado de la misma hasta su entrega a la propiedad.

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

3.6.2 Pruebas parciales

Todas las pruebas estarán precedidas de una comprobación de los materiales al momento de su recepción a obra. Durante la ejecución de obra, todos los tramos de tubería, uniones o elementos que vayan a quedar ocultos, deberían ser expuestos para su inspección y deberían quedar expresamente aprobados su montaje antes de quedar ocultos. Adicionalmente, se inspeccionarán los soportes de tubería utilizados, los diámetros, trazados y pendientes de tuberías, la continuidad de los aislamientos, etc.

- **•Pruebas de equipos**

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

- **•Pruebas de estanqueidad de redes hidráulicas**

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

- **•Pruebas de libre dilatación**

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

3.6.3 Pruebas finales

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

3.6.4 Ajustes y equilibrado

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

▪ •Sistemas de distribución de agua

Se comprobará que el fluido anticongelante contenido en los circuitos expuestos a heladas cumple con los requisitos especificados en el proyecto. Cada bomba, de la que se debería conocer la curva característica, debería ser ajustada al caudal de diseño, como paso previo al ajuste de los caudales en circuitos. de cada circuito hidráulico se deberían conocer el caudal nominal y la presión, así como los caudales nominales cada uno de los ramales.

Los distintos ramales, o los dispositivos de equilibrado de los mismos, serán equilibrados al caudal de diseño. Se debería comprobar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales mediante el procedimiento previsto en el proyecto. De cada intercambiador de calor se deberían conocer la potencia, temperatura y caudales de diseño, debiéndose ajustar los caudales de diseño que lo atraviesan. Cuando exista más de un grupo de captadores solares en el circuito primario del subsistema de energía solar, se debería probar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales de la instalación mediante el procedimiento previsto en el proyecto. Se comprobará el mecanismo del subsistema de energía solar en condiciones de estancamiento así como el retorno a las condiciones de operación nominal sin intervención del usuario con los requisitos especificados en el proyecto.

▪ •Control automático

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

3.6.5 Recepción

•Recepción provisional

El objeto de la recepción es comprobar que la instalación está de acuerdo con los servicios contratados y que se ajusta, por separado cada uno de sus elementos y globalmente, a lo especificado en el proyecto. Una vez realizadas las pruebas funcionales con resultados satisfactorios, se procederá al acto de recepción provisional de la instalación por parte de la propiedad, con lo que se da por finalizado el montaje de la instalación. El acto de recepción provisional quedara formalizado por un acta donde figuren todos los intervinientes y en la que se formalice la entrega conforme de la documentación referida. La documentación disponible y entregada debería ser, al menos, la siguiente:

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

•Recepción definitiva

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

3.7 Mantenimiento

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

- Vigilancia.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

3.7.1 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 parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Puede ser llevado a cabo por el usuario

3.7.2 Mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento necesarias para que el sistema funcione correctamente durante su vida útil. El mantenimiento preventivo implicara operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deberían permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. El mantenimiento preventivo implicara, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con área de apertura de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones superiores a 20 m².

En la siguiente hoja se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

3.7.3 Mantenimiento correctivo

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
<i>Captadores</i>	6	IV diferencias sobre original
<i>Cristales</i>	6	IV diferencias entre <i>captadores</i>
<i>Juntas</i>	6	IV condensaciones y suciedad
<i>Absorbedor</i>	6	IV agrietamientos, deformaciones
<i>Carcasa</i>	6	IV corrosión, deformaciones
<i>Conexiones</i>	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
<i>Estructura</i>	6	IV aparición de fugas
<i>Captadores*</i>	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
<i>Captadores*</i>	12	Tapado parcial del campo de <i>captadores</i>
<i>Captadores*</i>	12	Destapado parcial del campo de <i>captadores</i>
<i>Captadores*</i>	12	Vaciado parcial del campo de <i>captadores</i>
<i>Captadores*</i>	12	Llenado parcial del campo de <i>captadores</i>

Tabla 3-1 Plan de mantenimiento. Sistema de captación.

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

Tabla 3-2 Plan de mantenimiento. Sistema de acumulación.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de placas	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
Intercambiador de serpentín	12	CF eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

Tabla 3-3 Plan de mantenimiento. Sistema de intercambio.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
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 3-4 Plan de mantenimiento. Sistema de captación II.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre 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 3-5 Plan de mantenimiento. Sistema de eléctrico y de control.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

Tabla 3-6 Plan de mantenimiento. Sistema auxiliar.

4 MEDICIONES Y PRESUPUESTO

4.1 Sistema de captación

	Descrp.	Precio ud.	Uds	Precio (sin IVA)
4.1.1	CAPTADOR SOLAR TÉRMICO TOPSON F3-1 o similar Para montaje vertical Dimensiones: 2.099 x 1.099 x 110 mm Factor óptico: 80,4% Factor lineal de pérdidas: 3,235 W/(m2 K) Factor cuadrático de pérdidas: 0,0117 W/(m2 K2) Superficie del captador: 2,3 m2 Superficie útil: 2,0 m2 Capacidad: 1,7 ltr Temperatura de parada máxima (en seco): 194°C Modificador del ángulo de incidencia par 50º: 94%. Capacidad térmica efectiva C*: 5,85 kJ/(m2 K) Presión de régimen admisible: 10 bar Caudal admisible: 45-90 ltr./h Peso en vacilo: 40 kg Marco color plata 7700969	754,00 €	8	6.032,00 €
4.1.2	COMPENSADOR DE TEMPERATURA Cada unión entre captadores necesita dos compensadores de temperatura: Con 2 captadores TopSon F3-1 (Q) / CFK-1: 2 compensadores Con 4 captadores TopSon F3-1 (Q)/ CFK-1: 6 compensadores	21,60 €	12	259,20 €
4.1.3	PIEZA DE UNIÓN DE SOPORTES Unión de los perfiles cuna para una mayor rigidez de soportación general (incluye 2 pinzas y 6 tornillos con tuerca) TopSon F3-1	14,70 €	2	29,40 €
4.1.4	KIT PARA CONEXIÓN PARA TOPSON F3-1, F3-1Q Y CFK-1 Recomendado por batería de captadores Incluye: - 2 dispositivos de conexión de 3/4" - 2 tapones de cierre	63,90 €	2	127,80 €
4.1.5	CONJUNTO SOPORTACIÓN PARA 4 CAPTADORES HORIZONTALES sobre cubierta plana anodizada Soportación sin anodizar	796,00 €	2	1.592,00 €
4.1.6	Anticongelante concentrado TERMICOL o similar Fluidosol 25l 707CGF0025	185,00 €	1	185,00 €
	Total			8.225,40 €

Tabla 4-1: Presupuesto sistema de captación.

4.2 Sistema de acumulación e intercambio

	Descrp.	Precio ud.	Uds	Precio (sin IVA)
4.2.1	Interacumulador IDROGAS CV 1000 M1P DN 400 o similar Para producción y acumulación de ACS, en instalación vertical sobre suelo, como depósito individual, instalación en serie o instalación en paralelo, fabricado en ACERO VITRIFICADO, s/DIN 4753. Capacidad de ACS: 1000 litros Temperatura máx. depósito de ACS: 90°C Presión máxima de acumulación: 10 bar Temperatura máx. primario: 200°C Presión máx. primario: 25 bar Superficie de intercambio: 3.3m ² Clasificación energética: C Pérdidas estáticas: 125 W	2.984,00 €	1	2.984,00 €

Tabla 4-2: Presupuesto sistema de acumulación e intercambio.

4.3 Sistema de distribución

	Descrp.	Precio ud.	Uds	Precio (sin IVA)
4.3.1	Bomba WILO Stratos PICO-Z 25/0,5-8 o similar Conexión de tubería 1 RP Diámetro nominal - Clase IEE ≤ 0.20 Longitud 180 mm Presión nominal 10 bar Alimentación eléctrica 1~230 V, 50/60 Hz Peso bruto 5,3 kg Modos manual y controlado por temperatura destinados a un funcionamiento óptimo Detección de la desinfección térmica del depósito de agua caliente sanitaria Indicación del consumo actual en vatios y de los kilovatios por hora acumulados o bien del caudal actual y de la temperatura Carcasa de la bomba de acero inoxidable que protege frente a las bacterias y la corrosión Conector Wilo Gran resistencia a la dureza del agua: hasta 3.57 mmol/l (36°f) Temperatura máx. con A.C.S. 70°C (por poco tiempo, 4h, hasta 75°C) Ref. 4216472	668,00 €	2	1.336,00 €
4.3.2	Vaso de expansión Thermowave 2l o similar Volumen nominal: 2 lt. Alto: 20,6 cm. Diámetro: 12,6 cm. Sistema de conexión: 3/4" BSP Presión máxima de trabajo: 10 bar Precarga de fábrica: 1,9 bar Temperatura máxima de trabajo: 90°C	38,74 €	1	38,74 €

Tabla 4-3: Presupuesto sistema de distribución 1/2.

4.3.3	Tubería cobre 1" 1 mm espesor	11,63 €	35	405,54 €
4.3.4	Tubería cobre 3/4" 0,8 mm espesor	7,50 €	13	97,50 €
4.3.5	Aislamiento tubería interior edificio 25mm HT/ARMAFLEX S	11,68 €	18	209,54 €
4.3.6	Aislamiento tubería exterior edificio 35mm HT/ARMAFLEX S	27,88 €	17	473,12 €
4.3.7	Válvula de seguridad Caleffi 513 Válvulas de seguridad de membrana. Medida: 1" HxH CVálvula de seguridad convencional. Conexiones hembra - hembra. Sobrepresión de apertura 20 %. Diferencial de cierre 20 %. PN 10. Campo de temperatura: 5÷110 °C. Presión de tarado: 6 bar Ref. 513660	81,00 €	1	81,00 €
4.3.8	Válvula de corte Válvulas de bola de latón c/Extremos para soldar Presión máx.: 25 bar Temperatura: -10 / +130 °C	19,23 €	15	288,45 €
4.3.9	Válvula de retención Válvulas de bola con retención incorporada PN-16	27,71 €	2	55,42 €
4.3.10	Caja 10 uds. Te 1" Cobre	8,64 €	1	8,64 €
4.3.11	Caja 50 uds. Codo 90º Macho-Hembra 3/4" Cobre	3,16 €	1	3,16 €
4.3.12	Caja 20 uds. Codo 90º Macho-Hembra 1" Cobre	5,98 €	1	5,98 €
4.3.13	Caja 25 uds. Reducciones Macho-Hembra 1"-3/4" Cobre	3,41 €	1	3,41 €
4.3.14	Purgador	7,04 €	2	14,08 €
4.3.15	Manguito antivibratorio	16,00 €	2	32,00 €
Total				3.052,58 €

Tabla 4-4: Presupuesto sistema de distribución 2/2.

4.4 Sistema de control

	Descrp.	Precio ud.	Uds	Precio (sin IVA)
4.4.1	Centralita reguladora RESOL DeltaSol CS/4 con 3 sistemas básicos + 3 sondas Pt 1000 Entradas: 4 sondas Pt1000 y 1 sensor Grunfos Direct VFD Salidas: 2 relés semiconductores y 1 salida PWM Funciones: Comunicación VBus, balance térmico, antilegionela, Drainback, contador de horas, control de velocidad y termostato	169,00 €	1	169,00 €
4.4.2	Manómetro	11,86 €	2	23,72 €
4.4.3	Sonda de temperatura	25,84 €	3	77,52 €
Total				270,24 €

Tabla 4-5: Presupuesto sistema de control.

4.5 Presupuesto de la instalación

Finalmente se obtiene el presupuesto final de la instalación, teniendo en cuenta que se ha reutilizado el sistema auxiliar de la instalación anterior renovando los distintos componentes que requerían de actualizarse.

Captación	8.225,40 €
Acumulación e intercambio	2.984,00 €
Distribución	3.052,58 €
Control	270,24 €
PRESUPUESTO TOTAL (SIN IVA)	14.532,22 €
IVA (21%)	3.051,77 €
PRESUPUESTO TOTAL	17.583,99 €

Tabla 4-6: Desglose presupuestos.

DIECISIETE MIL QUINIENTOS OCHENTA Y TRES EUROS CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

Ratio (€/m² superficie de captación): 1104,52 €/m²

A continuación, se expone gráficamente las proporciones del presupuesto total de cada uno de los sistemas diseñados durante el proyecto.

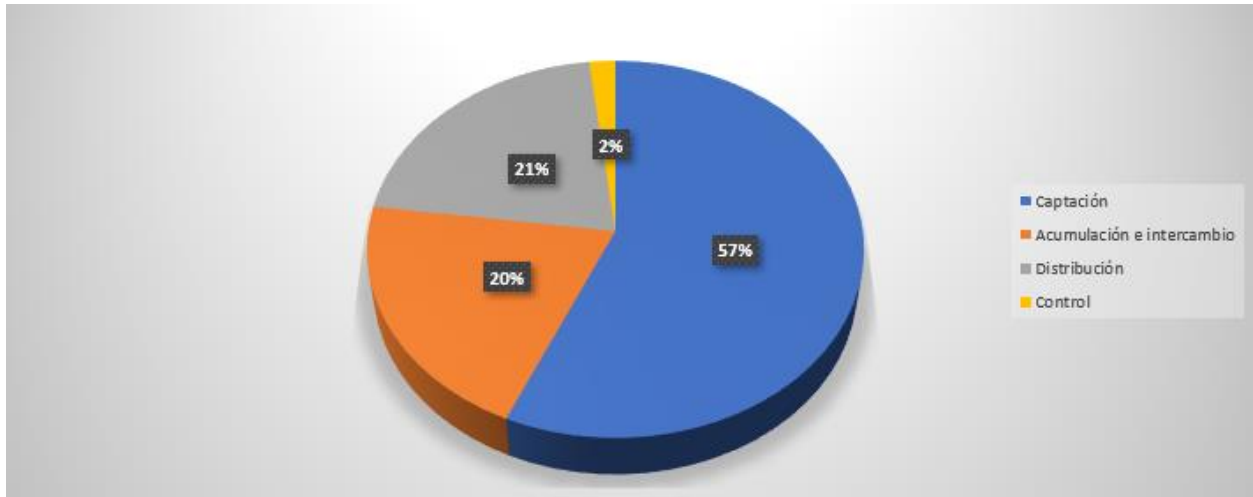
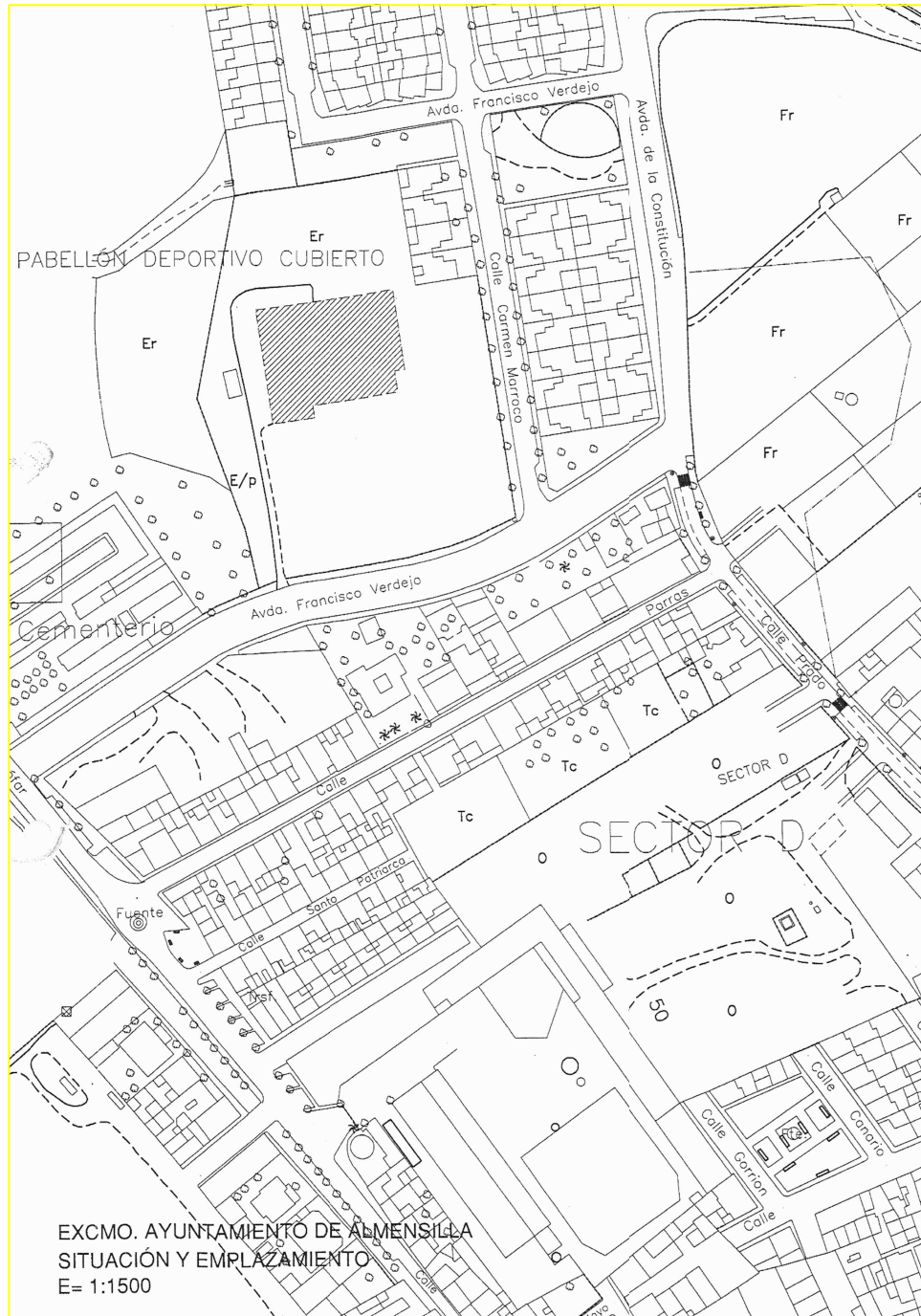


Figura 4-1: Desglose de presupuestos por sistema.

5 PLANOS



EXCMO. AYUNTAMIENTO DE ALMENSILLA
SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
E= 1:1500



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA EN UN PABELLÓN
POLIDEPORTIVO

SITUACIÓN Y
EMPLAZAMIENTO

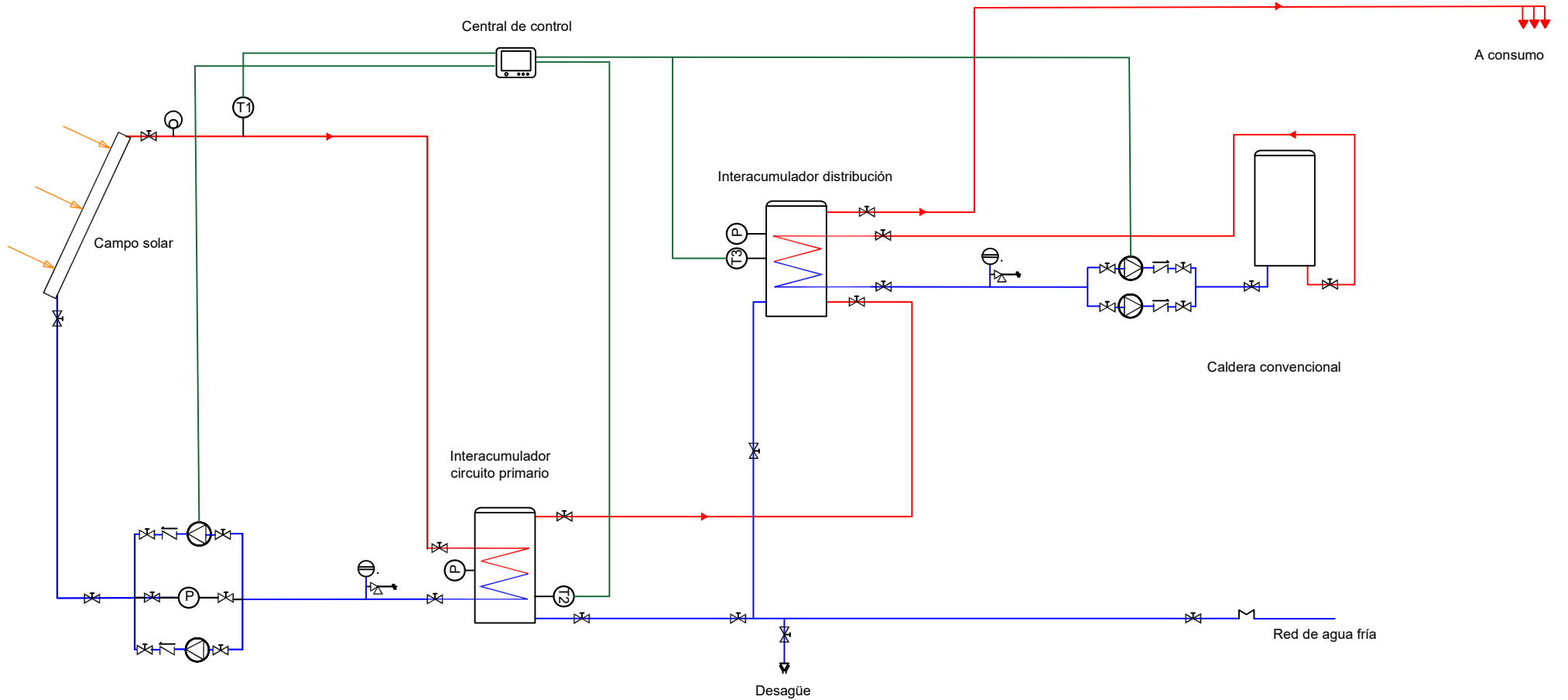
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

SEPTIEMBRE 2020

ALVEAR JIMÉNEZ, CRISTÓBAL

ESCALA:
1/1500

Nº PLANO:
1

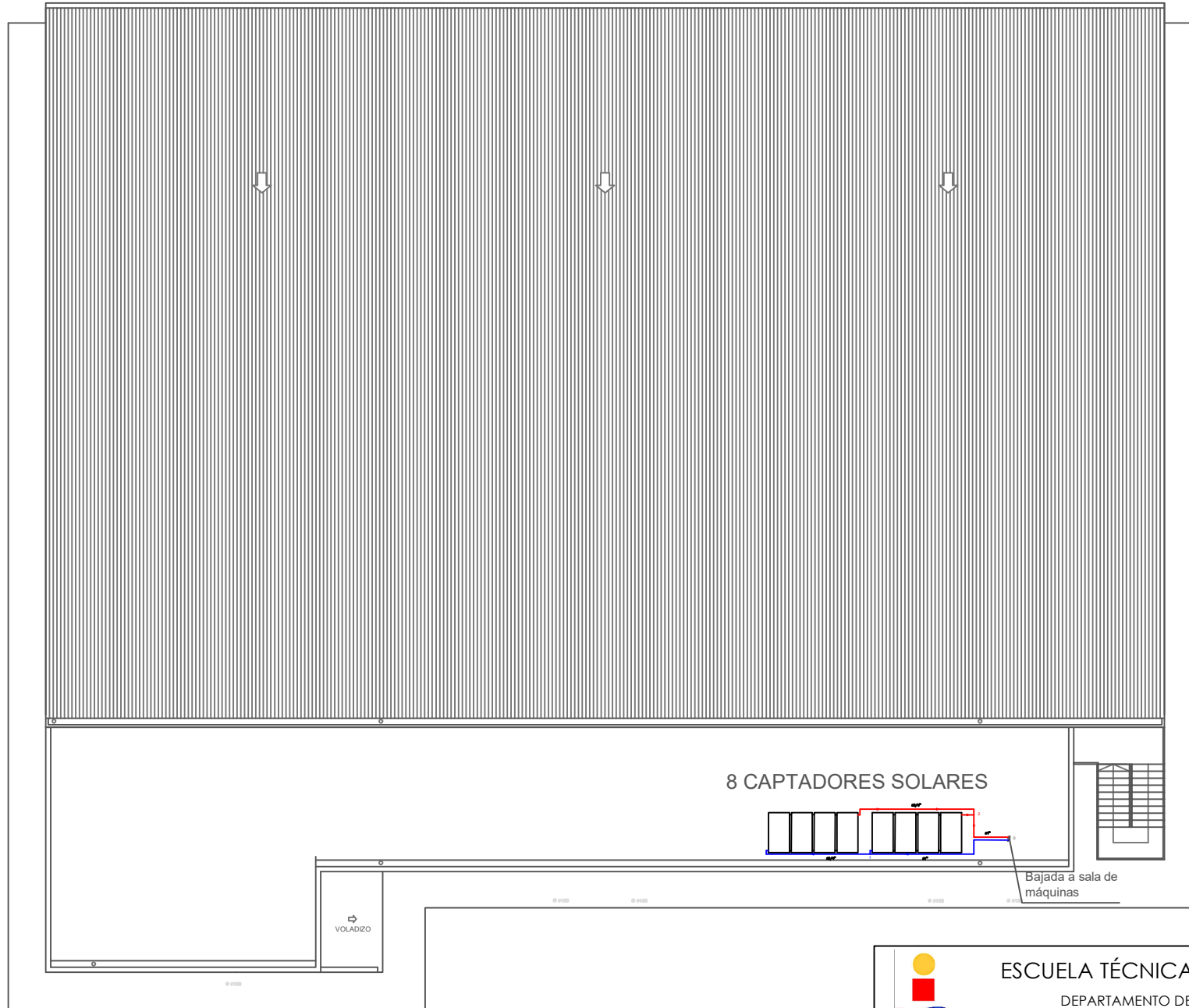


- | | | | |
|--|----------------------|--|------------------------|
| | Válvula de corte | | Válvula desconectadora |
| | Bomba | | Termómetro |
| | Válvula de retención | | Manómetro |
| | Purgador de aire | | Fluido frío |
| | Válvula de seguridad | | Fluido caliente |
| | Vaso de expansión | | Sistema de control |
| | Purgador | | |

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

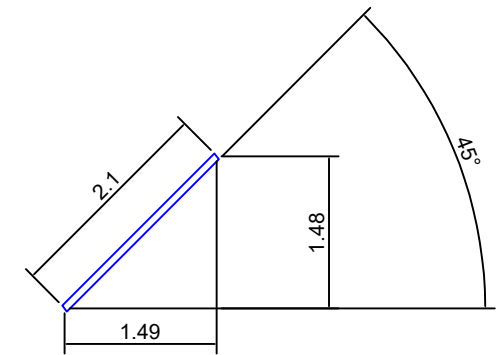
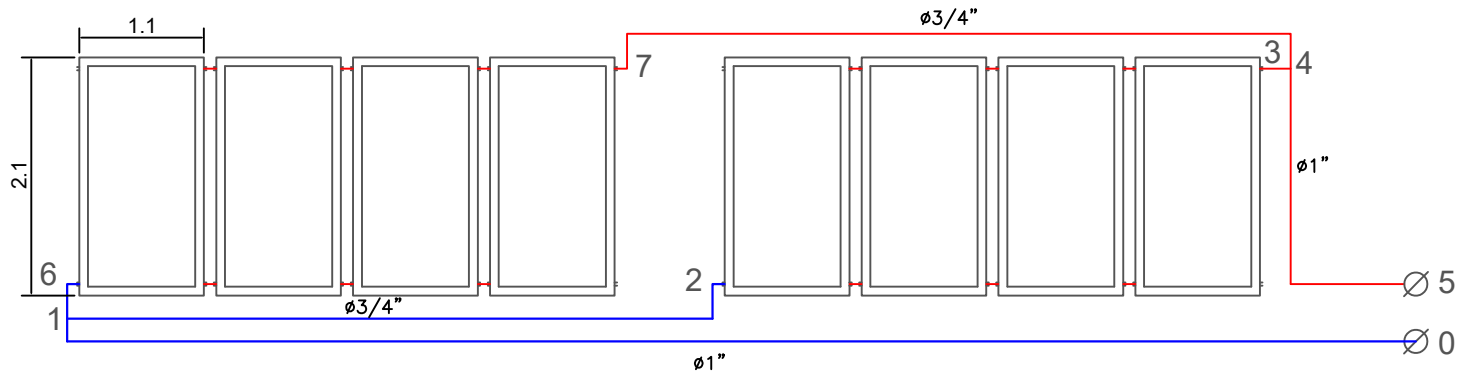
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA EN UN PABELLÓN POLIDEPORTIVO	ESQUEMA DE PRINCIPIO
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES	SEPTIEMBRE 2020
ALVEAR JIMÉNEZ, CRISTÓBAL	ESCALA: N° PLANO: 2



		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA	
		DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA	
DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA EN UN PABELLÓN POLIDEPORTIVO		CUBIERTAS	
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES		SEPTIEMBRE 2020	
ALVEAR JIMÉNEZ, CRISTÓBAL		ESCALA: 1/200	Nº PLANO: 3

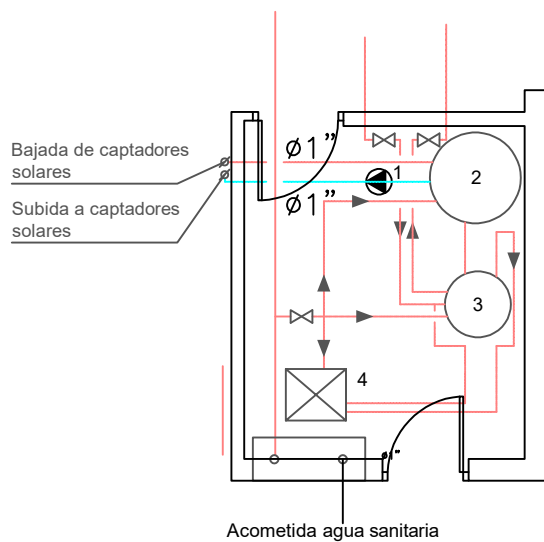
Conexión de 2 grupos de 4 captadores



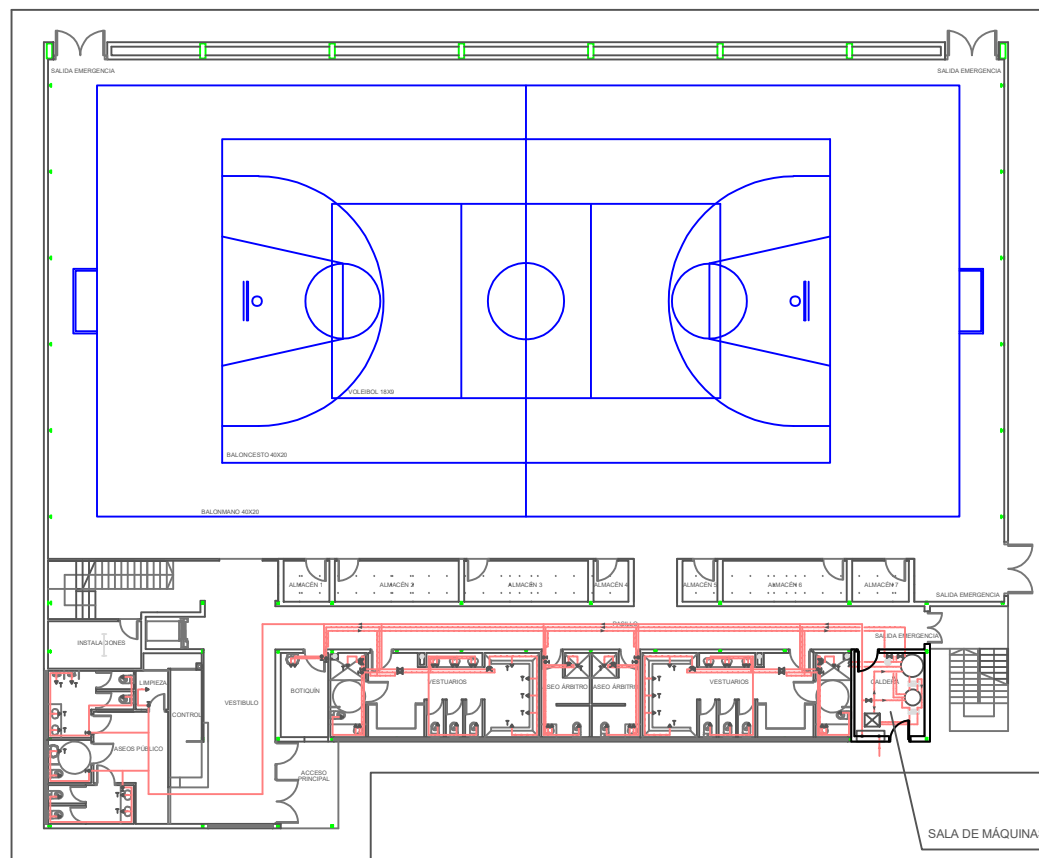
Alzado lateral captadores

- 0. Subida de sala de máquinas
- 1. Nodo 1
- 2. Entrada a batería de captadores 1
- 3. Salida de batería de captadores 1
- 4. Nodo 2
- 5. Bajada a sala de máquinas
- 6. Entrada a batería de captadores
- 7. Salida de batería de captadores 1

 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA	
DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA EN UN PABELLÓN POLIDEPORTIVO	ALZADO CAPTADORES
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES	SEPTIEMBRE 2020
ALVEAR JIMÉNEZ, CRISTÓBAL	ESCALA: 1/15 N° PLANO: 4



1. Grupo de bombeo Primario WILO STRATOS-Z 25 /2 x2
2. Interacumulador IDROGAS CV1000
3. Interacumulador 500L
4. Caldera de gas Saunier Duval -THERMACLASSIC F AS 25



PLANTA BAJA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ENERGÉTICA

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA EN UN PABELLÓN POLIDEPORTIVO		SALA DE MÁQUINAS	
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES		SEPTIEMBRE 2020	
ALVEAR JIMÉNEZ, CRISTÓBAL		ESCALA: 1/100	Nº PLANO: 5