

Proyecto Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Instalación de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria en un edificio de viviendas

Autor: Óscar Pozo Hernández

Tutor: José Julio Guerra Macho

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

Sevilla, 2019



Proyecto Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Instalación de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria en un edificio de viviendas

Autor:

Óscar Pozo Hernández

Tutor:

José Julio Guerra Macho

Catedrático de Universidad

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

Instalación de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria en un edificio de viviendas

Proyecto Fin de Carrera: Instalación de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria en un edificio de viviendas

Autor: Óscar Pozo Hernández

Tutor: José Julio Guerra Macho

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

Óscar Pozo Hernández

A mi familia

A mis amigos

A mis maestros

Resumen

En este trabajo de fin de grado se lleva a cabo en detalle el diseño de una instalación de captadores solares para la producción de agua caliente sanitaria para un edificio de viviendas siguiendo una configuración de intercambio distribuido. Se ha realizado siguiendo la normativa vigente y con la intención de fomentar las energías renovables.

Se ha llevado a cabo un proyecto documentado con memoria descriptiva, memoria de cálculo, pliego de condiciones técnicas, presupuesto, mediciones y planos.

A parte del diseño en sí de la instalación, este trabajo espera mostrar el cálculo de cada uno de los equipos en detalle de manera que pueda servir también para dimensionar otras instalaciones similares.

Abstract

In this project, it is designed an installation of solar collectors for the production of sanitary hot water for a residential building following a configuration of distributed exchange. It has been done following the current regulations and with the intention of promoting renewable energies.

It is elaborated a documented project with descriptive memory, calculation memory, specifications, budget, measurements and plans.

Apart from the design of the installation itself, this work expects to show the calculation of each of the equipment in detail so that it also serves to size other similar installations.

Índice

Resumen	7
Abstract	7
Índice	9
Índice de Tablas	11
Índice de Figuras	13
1 Memoria Descriptiva	15
1.1 <i>Objeto del Proyecto</i>	16
1.2 <i>Antecedentes</i>	16
1.3 <i>Método de cálculo</i>	16
1.4 <i>Descripción del edificio</i>	21
1.5 <i>Descripción de la instalación</i>	23
1.5.1 Principio de funcionamiento	23
1.5.2 Esquema de principio	24
1.5.3 Elementos principales de la instalación	25
1.6 <i>Características de los equipos</i>	29
1.7 <i>Normativa</i>	34
1.7.1 Código Técnico de la Edificación (CTE)	34
1.7.2 Normas UNE	35
1.7.3 Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE)	36
1.8 <i>Bibliografía</i>	36
2 Memoria de Cálculo	39
2.1 <i>Introducción</i>	40
2.2 <i>Datos de partida</i>	40
2.2.1 Datos geográficos	40
2.2.2 Datos climáticos	40
2.3 <i>Consumo de agua caliente</i>	42
2.3.1 Cálculo del consumo de agua	42
2.3.2 Cálculo de la demanda de Energía Térmica	43
2.4 <i>Elección del número de captadores solares y volumen de acumulación</i>	45
2.4.1 Fracción solar vs Número de captadores	46
2.4.2 Fracción solar vs Relación V/A	47
2.4.3 Fracción solar vs Número de captadores en serie	48
2.4.4 Elección del volumen de acumulación	49
2.4.5 Conclusión	50
2.5 <i>Cálculo de pérdidas debido a la ubicación de los captadores</i>	50
2.6 <i>Distancia mínima entre filas de captadores</i>	52
2.7 <i>Cálculo de la red de tuberías en el circuito primario</i>	53
2.8 <i>Dimensionado de la bomba de circulación del circuito primario</i>	57
2.9 <i>Dimensionado del vaso de expansión del circuito primario</i>	58
2.10 <i>Cálculo del espesor de aislamiento en tuberías del circuito primario</i>	61

2.11	<i>Dimensionado de los intercambiadores</i>	62
2.12	<i>Dimensionado del circuito secundario o de descarga</i>	64
2.13	<i>Dimensionado de la bomba circuladora del circuito secundario</i>	67
2.14	<i>Dimensionado del vaso de expansión del circuito secundario</i>	68
2.15	<i>Cálculo del espesor de aislamiento en tuberías del circuito secundario</i>	68
2.16	<i>Selección de accesorios</i>	69
2.16.1	Estructura soporte de captadores	69
2.16.2	Accesorios del circuito primario	69
2.16.3	Accesorios del circuito secundario	70
2.16.4	Sistema de control	70
2.16.5	Sistema de monitorización	70
3	Pliego de Condiciones Técnicas y Administrativas	73
3.1	<i>Objeto</i>	74
3.2	<i>Normativa aplicable</i>	74
3.3	<i>Condiciones materiales y equipos</i>	74
3.3.1	Tuberías	74
3.3.2	Válvulas	76
3.3.3	Aislamiento	77
3.3.4	Vasos de expansión	77
3.3.5	Bombas	78
3.3.6	Captadores	78
3.3.7	Sistema eléctrico y de control	80
3.3.8	Aparatos de medida	80
3.3.9	Acumuladores	81
3.3.10	Intercambiadores de calor	82
3.4	<i>Provisión de material</i>	82
3.5	<i>Condiciones de montaje</i>	83
3.5.1	Generalidades	83
3.5.2	Montaje de estructura soporte y captadores	83
3.5.3	Montaje del interacumulador	84
3.5.4	Montaje de bomba	84
3.5.5	Montaje de tuberías y accesorios	84
3.5.6	Montaje de aislamiento	85
3.6	<i>Pruebas, puesta en marcha y recepción</i>	85
3.6.1	General	85
3.6.2	Pruebas parciales	85
3.6.3	Pruebas finales	86
3.6.4	Recepción	86
3.7	<i>Mantenimiento</i>	87
3.7.1	Generalidades	87
3.7.2	Programa de mantenimiento	88
3.8	<i>Garantías</i>	91
4	Presupuesto y Mediciones	93
4.1	<i>Sistema de captación</i>	94
4.2	<i>Sistema de interacumulación</i>	95
4.3	<i>Sistema hidráulico primario</i>	95
4.4	<i>Sistema hidráulico secundario</i>	97
4.5	<i>Sistema de intercambiadores</i>	99
4.6	<i>Sistema de control y regulación</i>	99
4.7	<i>Total</i>	100
5	Planos	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Zonas climáticas. Fuente CTE.	34
Tabla 2: Límites de pérdidas por orientación, inclinación y sombras. Fuente CTE.	35
Tabla 3: Datos geográficos.	40
Tabla 4: Clasificación climática según la Irradiación global diaria media anual. Fuente: CTE DB HE4.	40
Tabla 5: Radiación, Temperatura de red y Temperatura ambiente media diaria mensual. Fuente Norma UNE 94003:2007.	41
Tabla 6: Demanda de agua caliente sanitaria (60°C). Fuente: CTE DB HE4.	42
Tabla 7: Valores mínimos de ocupación frente al número de dormitorios. Fuente: CTE DB HE4.	42
Tabla 8: Factor de Centralización frente al número de viviendas. Fuente: CTE DB HE4.	42
Tabla 9: Datos para el cálculo de la demanda de energía térmica. Fuente propia.	43
Tabla 10: Demanda de energía térmica. Fuente propia.	44
Tabla 11: Datos de partida. Fuente propia.	45
Tabla 12: Datos de ensayo del captador. Fuente CHEQ4.	46
Tabla 13: Fracción solar en función del número de captadores en serie y paralelo. Fuente propia.	46
Tabla 14: Fracción solar en función de la Relación V/A. Fuente propia.	47
Tabla 15: Fracción solar en función del número de captadores en serie. Fuente propia.	48
Tabla 16: Porcentaje de pérdidas permitidas por O.I. y Sombras. Fuente CTE.	50
Tabla 17: Valores de k para diferentes latitudes. Fuente IDAE.	52
Tabla 18: Esquema distancia entre filas. Fuente IDAE.	52
Tabla 19: Evaluación de Diámetros en función de las Pérdidas de carga unitarias. Fuente propia.	54
Tabla 20: Evaluación de Diámetros en función de la velocidad. Fuente propia.	54
Tabla 21: Diámetros elegidos para cada tramo. Fuente propia.	55
Tabla 22 : Longitudes equivalentes por tipo de accesorio y diámetro de tubería. Fuente apuntes de Instalaciones Térmicas en la Edificación.	55
Tabla 23: Pérdida de carga por tramo. Fuente propia.	56
Tabla 24: Pérdida de carga por circuito y desequilibrio. Fuente propia.	57
Tabla 25: Volumen de la instalación. Fuente propia.	58
Tabla 26: Coeficiente de expansión en función de la temperatura. Fuente propia	60
Tabla 27: Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios. Fuente RITE.	61
Tabla 28: Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios. Fuente RITE.	61
Tabla 29: Espesores para cada tramo. Fuente propia.	62

Tabla 30: Consumos instantáneos de los diferentes aparatos. Fuente CTE.	62
Tabla 31: Consumos instantáneos por vivienda. Fuente propia.	63
Tabla 32: Caudal corregido por simultaneidad. Fuente propia.	64
Tabla 33: Caudal en L/h. Fuente propia.	64
Tabla 34: Pérdidas de carga unitarias en función del diámetro. Fuente propia.	65
Tabla 35: Velocidad en función del diámetro. Fuente propia.	65
Tabla 36: Diámetros obtenidos para alimentación de diferentes números de intercambiadores. Fuente propia.	65
Tabla 37: Pérdidas de carga y desequilibrios para cada circuito. Parte 1. Fuente propia.	66
Tabla 38: Pérdidas de carga y desequilibrios para cada circuito. Parte 2. Fuente propia.	67
Tabla 39: Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios. Fuente RITE.	69
Tabla 40: Espesor de aislamiento en función del diámetro. Fuente propia.	69
Tabla 41: Plan de vigilancia. Fuente IDAE	88
Tabla 42: Sistema de captación. Fuente IDAE	89
Tabla 43: Sistema de acumulación. Fuente IDAE	90
Tabla 44: Sistema de intercambio. Fuente IDAE	90
Tabla 45: Circuito hidráulico. Fuente IDAE	90
Tabla 46: Sistema eléctrico y de control. Fuente IDAE	91
Tabla 47: Sistema de energía auxiliar. Fuente IDAE	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pestaña Localización. CHEQ4. Fuente propia.	18
Figura 2: Pestaña Configuración. CHEQ4. Fuente propia.	18
Figura 3: Pestaña Demanda. CHEQ4. Fuente propia.	19
Figura 4: Pestaña Solar/Apoyo. CHEQ4. Fuente propia.	19
Figura 5: Pestaña Otros parámetros. CHEQ4. Fuente propia.	20
Figura 6: Pestaña Resultados. CHEQ4. Fuente propia.	20
Figura 7: Certificado generado por CHEQ4. Fuente propia.	21
Figura 8: Emplazamiento del edificio. Fuente Maps.	22
Figura 9: Vista satélite del edificio. Fuente Google Maps.	22
Figura 10: Fotografía Edificio Esquina Manuel Arellano con Ronda de Triana. Fuente propia.	23
Figura 11: Fotografía Edificio desde la calle Manuel Macías Míguez. Fuente propia.	23
Figura 12: Esquema básico de una instalación solar térmica. Fuente Apuntes Energía Solar.	23
Figura 13: Esquema de principio de la instalación. Fuente propia.	24
Figura 14: Captador Solar Plano. Fuente Google Imágenes.	26
Figura 15: Interacumulador. Fuente Google Imágenes.	26
Figura 16: Intercambiador de placas. Fuente Google Imágenes.	27
Figura 17: Bomba circuladora de caudal. Fuente Google Imágenes.	27
Figura 18: Vasos de expansión. Fuente Google Imágenes.	27
Figura 19: Válvulas. Fuente Google Imágenes.	28
Figura 20: Aislamiento. Fuente Google Imágenes.	28
Figura 21: Esquema básico de control. Fuente Apuntes Energía Solar.	29
- Figura 22: Caída de presión en el captador. Fuente Termicol.	29
Figura 23: Ficha técnica captador T25US. Parte 1. Fuente Termicol.	30
Figura 24: Ficha técnica captador T25US. Parte 2. Fuente Termicol.	31
Figura 25: Ficha técnica Interacumulador MVV 5000 SB. Parte 1. Fuente Lapesa.	32
Figura 26: Ficha técnica Interacumulador MVV 5000 SB. Parte 2. Fuente Lapesa.	32
Figura 27: Ficha técnica Bomba Stratos-Z 25/1-8. Parte 1. Fuente Wilo.	33
Figura 28: Ficha técnica Bomba Stratos-Z 25/1-8. Parte 2. Fuente Wilo.	33
Figura 29: Ficha técnica Bomba MAXO-Z 65/0,5-12. Fuente Wilo.	34
Figura 30: Mapa de zonas climáticas de España. Fuente: CTE DB HE4.	41
Figura 31: Demanda de energía térmica por mes. Fuente propia.	44
Figura 32: Fracción solar vs Número de captadores solares en paralelo y serie. Fuente propia.	47
Figura 33: Fracción solar vs Relación V/A. Fuente propia.	48

Figura 34: Fracción solar vs Número de captadores en serie. Fuente propia.	49
Figura 35: Ángulo de inclinación y ángulo azimut. Fuente CTE.	50
Figura 36: Porcentaje de radiación incidente en función del ángulo de inclinación y azimut. Fuente CTE.	51
Figura 37: Distancia entre filas. Fuente propia.	53
Figura 38: Pérdida de carga del Interacumulador en función del caudal. Fuente: fabricante LAPESA.	56
Figura 39: Curva característica de la bomba Wilo-Stratos-Z. Fuente: fabricante WILO.	58
Figura 40: Elección Intercambiador. Fuente Lapesa.	63
Figura 41: Esquema de principio con intercambiadores numerados. Fuente propia.	66
Figura 42: Curva característica de la serie Stratos-MAXO-Z. Fuente Wilo.	67

1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 Objeto del Proyecto

Este Proyecto tiene como objetivo el diseño de la instalación de captadores solares para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en un edificio de viviendas situado en la ciudad de Sevilla. Concretamente ubicado en el barrio de Triana, en la calle Manuel Arellano esquina con calle Ronda de Triana.

Para el diseño de la instalación, se determinará la demanda necesaria de ACS y teniendo en cuenta las directrices fijadas por la normativa vigente se procederá al cálculo de la demanda que deberá cubrirse con energía solar.

Por otro lado, se realizará una selección de todos los equipos necesarios en la instalación, de manera que estos cumplan con la normativa vigente; y posteriormente se llevará a cabo un estudio económico del proyecto con el fin de obtener el presupuesto de la instalación solar al completo.

1.2 Antecedentes

La energía solar es barata e inagotable.

La utilización de la energía solar para usos térmicos presenta grandes ventajas medioambientales frente a los sistemas clásicos de calentamiento de agua, que utilizan electricidad, gasóleo u otro combustible fósil. Las instalaciones de captación solar permiten además reducir la factura energética con unos costes de mantenimiento mínimos.

Las ventajas del uso de la energía solar para el aprovechamiento en la producción de ACS en la edificación son:

- El ahorro de combustible y la mejora ambiental: La energía solar es una fuente inagotable, barata y no contaminante. Reduce la dependencia de combustibles, escasos y costosos, y los problemas derivados de su utilización en los sistemas térmicos convencionales, como las emisiones.
- Garantía tecnológica y fiabilidad: En España hay un amplio mercado, con un gran número de fabricantes y productos solares fiables, competitivos y homologados para el cumplimiento de la normativa vigente. Además, la vida útil de una instalación estándar es de unos 20 años, tiempo más que suficiente para su amortización y para obtener beneficios a nivel de ahorro.
- Geografía: España es uno de los países europeos que más radiación solar por unidad de superficie recibe a lo largo del año. Por tanto, es una buena oportunidad para aprovechar esa radiación y transformarla en un producto útil, en este caso ACS.
- Subvenciones y ayudas económicas: Existe un Plan de Fomento de las Energías Renovables, el cual se encarga de la concesión de ayudas a las inversiones realizadas en proyectos de producción de agua caliente sanitaria, climatización de piscinas y aplicaciones de calefacción y climatización.

1.3 Método de cálculo

Se va a proceder a utilizar una herramienta informática, CHEQ4, para el diseño de la instalación de captadores solares. CHEQ4 es un software creado por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) y ASIT (Asociación Solar de la Industria Térmica).

CHEQ4 utiliza la potente metodología de cálculo METASOL. METASOL tiene como respaldo las más de 69.000 simulaciones dinámicas realizadas con TRNSYS para su programación y la sencillez y rapidez del conocido método F-Chart; con la ventaja de tener un gran rango de aplicación para las diferentes tipologías de configuraciones de los sistemas solares térmicos más habituales hoy día. Además, adaptándose a las condiciones climatológicas, al mercado y a las normativas vigentes en España.

En cuanto al uso de CHEQ4, este software consta de 6 ventanas, de las cuales 5 tendrán entrada de datos y la restante será la ventana de resultados.

Explicación breve de las ventanas de CHEQ4 utilizando nuestro caso:

Localización (Figura 1)

Se trata de una ventana para definir las condiciones ambientales y climatológicas, que son algunos de los factores más importantes a tener en cuenta en el diseño de cualquier instalación solar, ya que condicionarán la demanda, la ganancia y las pérdidas energéticas de la instalación.

Es necesario introducir la localización de la instalación (Provincia y municipio) y la altura de esta. Y se mostrará una tabla con la irradiación global media mensual, la temperatura diaria media mensual del agua de red y la temperatura ambiente diaria media mensual. Además, nos dirá a que zona climática pertenece.

En este caso la instalación se encuentra en el municipio de Sevilla y en la provincia de Sevilla. En cuanto a la altura de la instalación, ésta se corresponde con la altura respecto al nivel del mar, es decir, la suma de la altura del municipio más la de la cubierta de nuestro edificio que es donde se encontrará la instalación. Siendo, por tanto, 35m.

Configuración (Figura 2)

Esta ventana permite la elección del tipo de configuración de la instalación solar térmica. Consta de 8 tipos de configuraciones.

En este caso: Instalación con Intercambio Distribuido para consumo múltiple. La cual se identifica con un sistema solar térmico para producción de agua caliente sanitaria (ACS) en instalaciones de consumo múltiple con acumulación solar centralizada e intercambiador de calor externo, con intercambiadores de consumo distribuido y válvula termostática.

Demanda (Figura 3)

En esta ventana se debe especificar la demanda total de ACS del edificio, que dependerá de si es una instalación para consumo único o para consumo múltiple. Además, hay que especificar otras demandas de ACS y la ocupación estacional.

Una vez introducidos los datos, se nos mostrará la demanda total y la contribución solar mínima exigida según el HE4 del CTE.

En este caso, tenemos 40 viviendas de 3 dormitorios y 4 viviendas de 4 dormitorios, vamos a suponer que el edificio está ocupado todo el año. Con esto, obtenemos una demanda de ACS de $4284 \frac{l}{día}$ a 60 °C y que la contribución solar mínima ha de ser del 60%.

Solar/Apoyo (Figura 4)

En esta pestaña, se pasa a elegir los captadores que queremos (marca y modelo), el campo de captadores (número de captadores, captadores en serie, pérdidas por sombra y orientación), el circuito primario y el sistema de apoyo.

En nuestro caso, hemos optado por 28 captadores T 25 US del fabricante TERMICOL, sin pérdidas, con una inclinación de 45° y orientación sur. Y como sistema de apoyo una caldera eléctrica.

Otros parámetros (Figura 5)

Aquí, se deben introducir los datos referidos al volumen de acumulación, a la distribución, y en el caso de que la hubiera, a la piscina cubierta.

En nuestro caso hemos introducido un volumen de acumulación de 4300 litros.

Resultados (Figura 6)

Esta ventana, es una de las más importantes ya que se corresponde con el cálculo y la visualización de los resultados obtenidos gracias al resto de ventanas. En ella se muestra una tabla con la fracción solar, la demanda neta, la bruta, la aportación solar al sistema, el consumo de energía primaria auxiliar y la reducción de emisiones. Además, se muestran gráficamente los valores mensuales de la fracción solar, la demanda bruta, la aportación solar y del consumo auxiliar. También desde esta ventana podemos generar un certificado afirmando que la instalación cumple los requerimientos de contribución solar mínima exigida por el HE4.

En este caso vemos como la contribución solar es del 69%, estando por encima de la mínima (60% en este caso).

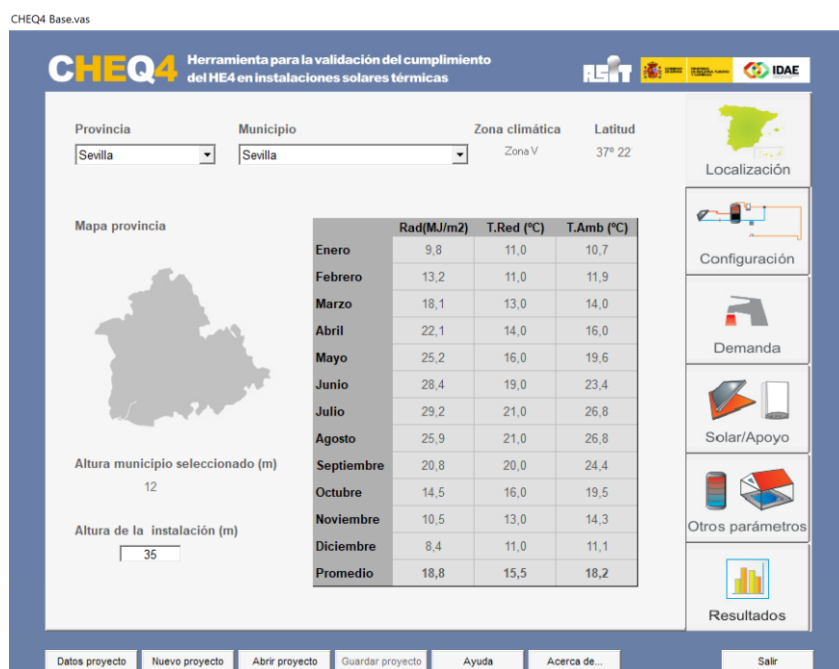


Figura 1: Pestaña Localización. CHEQ4. Fuente propia.

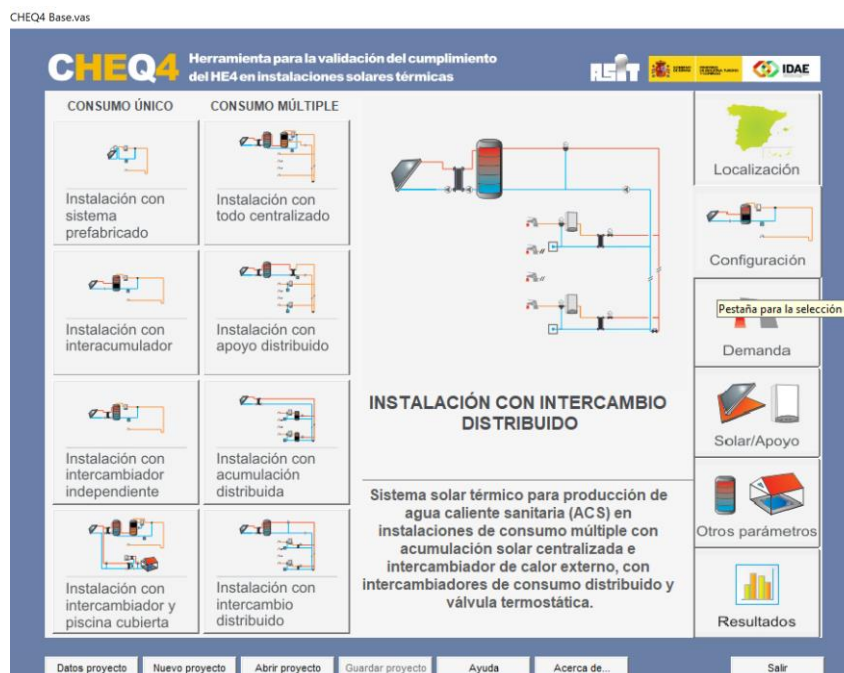


Figura 2: Pestaña Configuración. CHEQ4. Fuente propia.

CHEQ4 Base.vas

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

CONSUMO ÚNICO

Aplicación:

Número de...:

Demanda calculada (l/día a 60 °C):

CONSUMO MÚLTIPLE

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="3"/>	160,0	3.808
Tipo B	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="4"/>	20,0	476
Tipo C	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	0,0	0
Tipo D	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	0,0	0
Demanda calculada (l/día a 60 °C)				4.284

CONSUMO TOTAL

Otras demandas (l/día a 60°C):

Demanda total (l/día a 60°C): 4.284

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA

OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)

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

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

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

Figura 3: Pestaña Demanda. CHEQ4. Fuente propia.

CHEQ4 Base.vas

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

CAPTADORES

Empresa:

Marca/Modelo:

AVISO: Verificar la existencia y vigencia de la certificación del captador seleccionado.

Datos de ensayo

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

CAMPO DE CAPTADORES

Núm. captadores: Captadores en serie: Pérdidas sombras (%):

Orientación (°): Inclinación (°): Área total captadores (m2): 67,20

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO

Caudal prim.(l/h): Anticongelante (%): Long. circuito (m):

Diám. tubería (mm): Esp. aislante (mm): Aislante:

SISTEMA DE APOYO

Tipo de sistema:

Tipo de combustible:

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

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

Figura 4: Pestaña Solar/Apoyo. CHEQ4. Fuente propia.

CHEQ4 Base.vas

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

RSIT IDAE

VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

Volumen total (l)

Vol/Área (l/m2) 63,99

DISTRIBUCIÓN

Long. circuito (m)

Diám. tubería (mm) Pot HX (kW)

Esp. aislante (mm)

Aislante

PISCINA CUBIERTA

Altura (m) Temp. ambiente (°C)

Apertura diaria (h) Temp. piscina (°C)

Superficie lámina (m2) Renov. volumen día (%)

Humedad relativa (%) Ocupación (pers/m2)

VOLUMEN ACUMULACIÓN SUBESTACIONES

Tipo A (l) Tipo C (l)

Tipo B (l) Tipo D (l)

Volumen total (l) 0 Vol/Área (l/m2)

DISTRIBUCIÓN SUBESTACIONES

Long. total (m)

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm)

Aislante

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

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Figura 5: Pestaña Otros parámetros. CHEQ4. Fuente propia.



Figura 6: Pestaña Resultados. CHEQ4. Fuente propia.

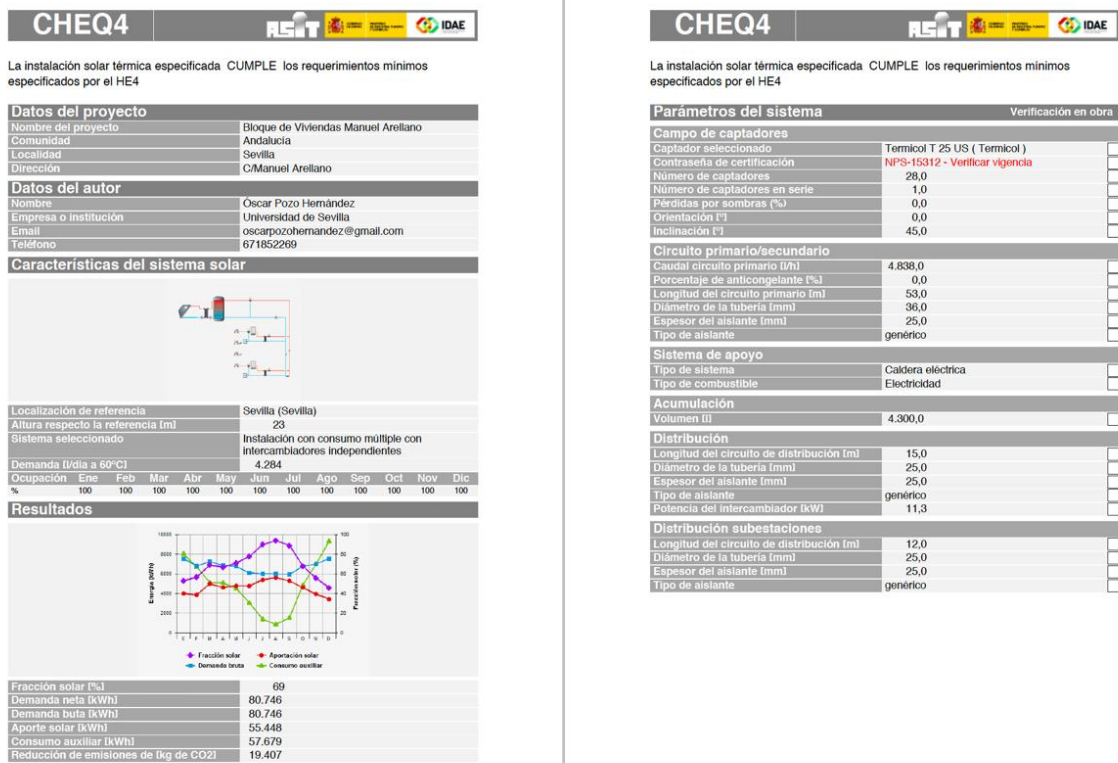


Figura 7: Certificado generado por CHEQ4. Fuente propia.

1.4 Descripción del edificio

El bloque de viviendas se encuentra situado en la ciudad de Sevilla, en la provincia de Sevilla. En concreto, en la manzana de la calle Manuel Arellano con Ronda de Triana y con la calle Miguel Macías Míguez.

Esta localización lo hace idóneo para una instalación solar térmica debido a las elevadas horas de sol al año que se reciben en este emplazamiento.

El edificio en sí consta de las siguientes partes:

- Sótano: donde se encuentran plazas de aparcamiento y la sala de máquinas.
- Planta baja: creada para su utilización como locales comerciales. Actualmente en ella se encuentran varios restaurantes y bazares.
- Resto del edificio: compuesto de 40 viviendas de 3 dormitorios y 4 viviendas de 4 dormitorios.
- Cubierta: Donde se prevé la instalación de los captadores solares para la instalación solar térmica para la producción de ACS.

Un detalle a tener en cuenta del edificio es que tiene dos alturas. Una parte del edificio se eleva teniendo 4 plantas más cubierta, y la otra parte con 6 plantas más cubierta. Por lo tanto, tenemos realmente dos cubiertas a diferentes niveles.

Cada vivienda del edificio tiene una instalación ya existente para ACS formada por un termo eléctrico de 100 litros, modelo ELACELL CONFORT 100L de la marca Junkers.; el cual usaremos como apoyo en esta instalación. Por lo tanto, al ya existir, la parte de la instalación del sistema de apoyo queda fuera del estudio de este trabajo.

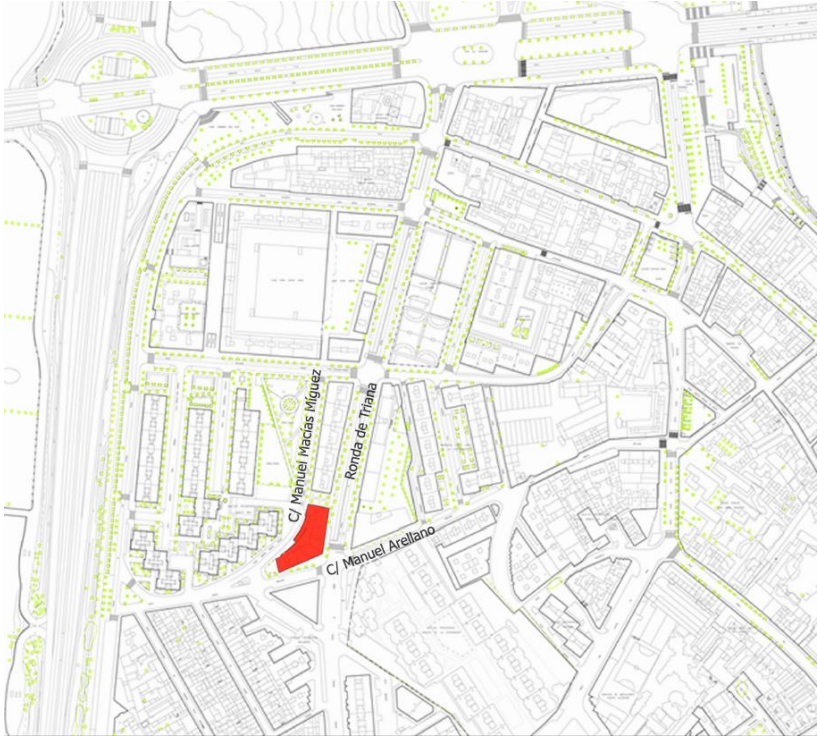


Figura 8: Emplazamiento del edificio. Fuente Maps.



Figura 9: Vista satélite del edificio. Fuente Google Maps.



Figura 10: Fotografía Edificio Esquina Manuel Arellano con Ronda de Triana. Fuente propia.



Figura 11: Fotografía Edificio desde la calle Manuel Macías Míguez. Fuente propia.

1.5 Descripción de la instalación

Se llevará a cabo una instalación solar térmica para la producción de ACS para las 44 viviendas del edificio, de manera que la instalación cubra la demanda exigida por el HE4 del CTE y toda la legislación vigente.

Queda fuera de este proyecto el diseño de la instalación referida a los locales comerciales de la planta baja y el dimensionado del circuito dentro de la vivienda debido a su existencia.

1.5.1 Principio de funcionamiento

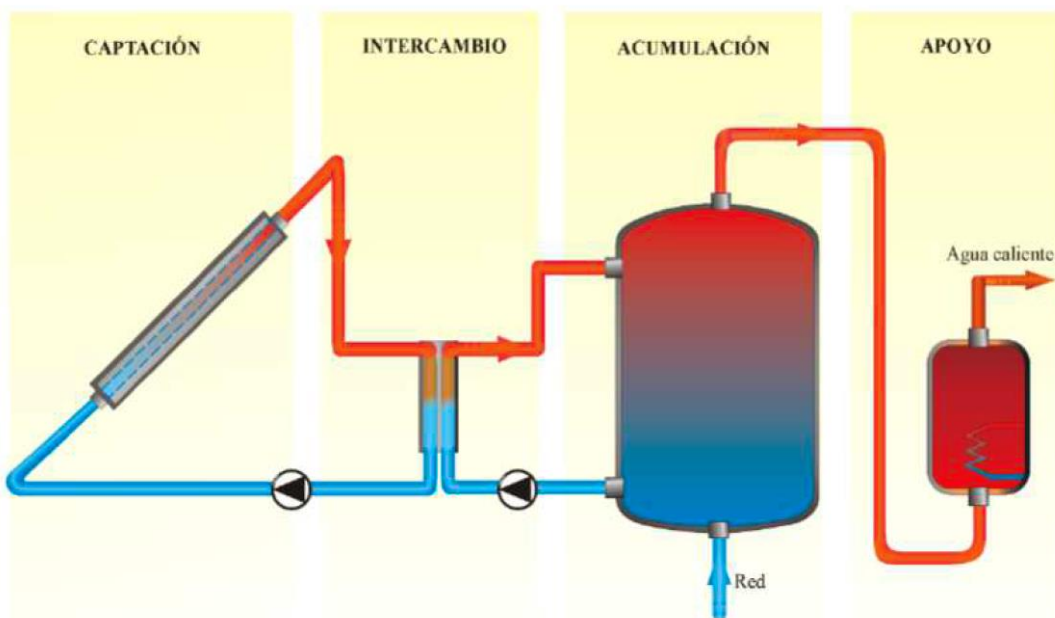


Figura 12: Esquema básico de una instalación solar térmica. Fuente Apuntes Energía Solar.

Según el CTE, una instalación solar térmica es un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar incidente mediante captadores solares térmicos, transformarla directamente en energía térmica útil calentando un líquido, transportar la energía térmica captada al sistema de intercambio o de acumulación a través de un circuito hidráulico mediante circulación, en este caso forzada por bomba, transferir la energía térmica captada desde el circuito de captadores al circuito de consumo mediante un intercambiador,

almacenar dicha energía de forma eficiente y utilizarla después en los puntos de consumo, asegurando mediante un sistema de regulación y control el correcto funcionamiento de la instalación, para proporcionar la máxima energía solar térmica posible y protegerla frente a sobrecalentamientos, congelaciones, etc.

Los sistemas que forman una instalación solar térmica para agua caliente, en términos generales, son los siguientes:

- Un sistema de captación formado por los captadores solares de calentamiento de fluido, encargados de transformar la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se calienta el fluido de trabajo que circula por ellos.
- Un sistema de acumulación constituido por uno o varios depósitos que almacenan el agua caliente hasta que se precisa su uso.
- Un circuito hidráulico constituido por tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de establecer el movimiento del fluido caliente.
- Un sistema de intercambio que realizar la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores, o circuito primario, al agua caliente para consumo, o para su transporte hacia la zona de consumo.
- Un sistema de regulación y control que se encarga por un lado de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía solar térmica posible y, por otro, actúa como protección frente a la acción de diversos factores en los que se pone la instalación en peligro.
- Generalmente, también se dispone de un equipo de energía convencional auxiliar que se utiliza para cubrir la demanda que la energía solar no pueda satisfacer, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en casos de escasa radiación solar o demanda superior a la prevista.

1.5.2 Esquema de principio

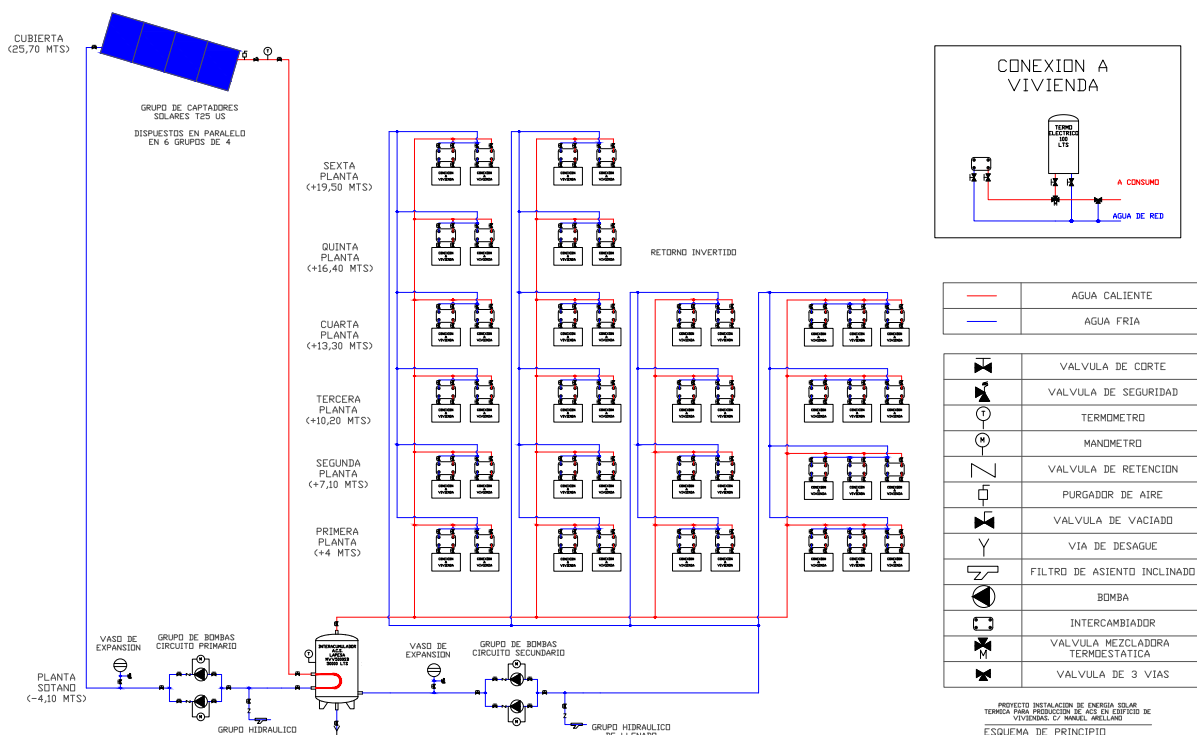


Figura 13: Esquema de principio de la instalación. Fuente propia.

A través del esquema de principio se describe la instalación:

Hay 24 captadores solares en la cubierta del edificio con orientación sur, una inclinación de 45°, todos en paralelo y agrupados en 6 grupos de 4 captadores cada uno.

En la sala de máquinas, situada en el sótano del edificio se encuentra el interacumulador y los grupos de bombas tanto del circuito primario como del secundario.

El circuito secundario conecta el interacumulador con los intercambiadores de placas ubicados en cada vivienda, donde tiene lugar el calentamiento de agua para consumo.

En cada vivienda se encuentra un termo eléctrico como sistema de apoyo. Esta parte de la instalación queda fuera del estudio en este proyecto. Aun así, el funcionamiento es fácil, hay una válvula mezcladora que utiliza el agua caliente del intercambiador para el consumo y que en caso de que esta no alcance la temperatura óptima deja entrar agua proveniente del termo.

El sistema de control se encarga de toda la instalación, para ello trata la información recibida de las sondas de temperatura situadas una en la salida del campo de captadores y otra en el interacumulador y actúa sobre las bombas arrancándolas o parándolas.

Si hay radiación y el sistema detecta que la temperatura del agua del interacumulador es baja, la centralita manda una orden a la bomba para que esta se ponga en funcionamiento. En el caso contrario, la centralita manda la orden para que la bomba deje de funcionar.

Cuando la temperatura a la salida de captadores es inferior a la temperatura del depósito más 2°C la centralita manda la orden para que la bomba se detenga; y la pone en funcionamiento cuando la temperatura a la salida de los captadores solares supera en 6°C a la temperatura del agua del depósito.

La bomba del circuito secundario funciona de forma continua dentro del horario seleccionado en un reloj programador.

Además, el sistema de control también se encarga de proteger la instalación manteniendo una cierta temperatura, de manera que no se supere la temperatura mínima, para ello cuando se va a alcanzar esta temperatura, la bomba del primario deja circular el agua; en cuanto a la temperatura máxima no está regulada, para ello haría falta la colocación de un aerotermo.

1.5.3 Elementos principales de la instalación

Captadores solares planos

Un captador solar plano es un intercambiador de calor que transforma energía radiante (Radiación solar) en energía térmica que aumenta la temperatura de un fluido contenido en el interior del captador.

El funcionamiento del captador solar plano está regido por los siguientes principios básicos:

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

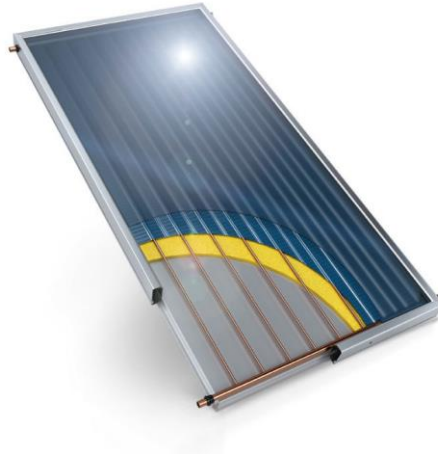


Figura 14: Captador Solar Plano. Fuente Google Imágenes.

Deposito interacumulador

Debido al desfase entre la demanda y el aporte de energía solar surge la necesidad de almacenar la energía para disponer de ACS cuando no se disponga de suficiente radiación solar para cubrir la demanda. Por ello se recurre a los depósitos de acumulación. Estos depósitos se suelen cargar en las horas de más radiación del día; al disponer de aislamiento, el ACS almacenada podrá ser usada a las horas de más demanda como es a primera hora de la mañana y a última de la tarde.

Por lo general, se usan depósitos verticales que favorecen la estratificación. Con esto se consigue que por diferencia de densidad el agua fría se encuentre en la parte baja, y la caliente en la alta, donde se coloca la salida para el consumo.

Un depósito interacumulador cumple la misma función que el depósito de acumulación, pero presenta la diferencia de que cuenta con un serpentín que funciona como intercambiador de calor. Este serpentín se encarga de mantener a la temperatura deseada el fluido agua del depósito.



Figura 15: Interacumulador. Fuente Google Imágenes.

Intercambiadores

Los intercambiadores se utilizan para transferir calor desde un fluido a otro. Un fluido caliente entra en el intercambiador y entra en contacto con las paredes de este a través de las cuales transfiere el calor al fluido frío que está al otro lado de la pared.



Figura 16: Intercambiador de placas. Fuente Google Imágenes.

Bombas

Las bombas se utilizan para hacer circular el fluido a través de los diferentes circuitos. Son accionadas por motores eléctricos y pueden actuar en diferentes condiciones de operación debido a su capacidad para regular la velocidad.



Figura 17: Bomba circuladora de caudal. Fuente Google Imágenes.

Vaso de expansión

Un vaso de expansión tiene la función de absorber las variaciones de volumen del fluido caloportador contenido en un circuito cerrado al variar su temperatura, manteniendo la presión entre límites preestablecidos e impidiendo pérdidas y reposiciones de la masa de fluido.



Figura 18: Vasos de expansión. Fuente Google Imágenes.

Válvulas

Son dispositivos que sirven para controlar y regular el fluido. Son fundamentales en cualquier instalación. Hay diferentes tipos: de vaciado, de corte, de retención, de seguridad, reguladoras de caudal, etc.



Figura 19: Válvulas. Fuente Google Imágenes.

Aislamiento

El aislamiento es imprescindible en cualquier instalación que transporte fluido a diferente temperatura al medio. Se utiliza para que no haya transferencia de calor entre este y el fluido transportado, para evitar las pérdidas térmicas y para así poder mantener unas correctas temperaturas de operación.



Figura 20: Aislamiento. Fuente Google Imágenes.

Sistema de control

Su función es tomar información de los aparatos de medida (termómetros, manómetros, etc.) colocados en los diferentes equipos de la instalación y gestionar dicha información para actuar sobre las bombas o válvulas en función de lo requerido para cada instante.

Se utiliza además como sistema de protección, evitando que la instalación sufra frente a congelaciones o sobrecalentamientos con las paradas de emergencia.

En el esquema se ve reflejado un sistema de control simple formado por dos sondas de temperatura que están conectadas al sistema de control que actúa sobre la bomba.

En este caso se utiliza un ciclo de histéresis para el funcionamiento de la bomba, de tal manera que:

- Si $SC > SF + 6$, el sistema de control dará orden a la bomba para que esta funcione.
- Si $SC < SF + 3$, el sistema de control dará orden a la bomba para que no funcione.
- Con esto se busca un ahorro en el consumo eléctrico de los motores que accionan las bombas en aquellas franjas horarias en las que no hay radiación. Además, así se consigue alargar la vida de las bombas. También se consigue mantener cierta temperatura, de manera que no se superen las temperaturas máximas, ni las mínimas soportadas por los diversos componentes de la instalación.

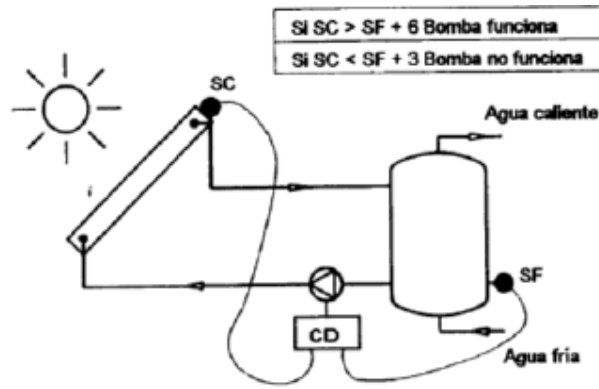
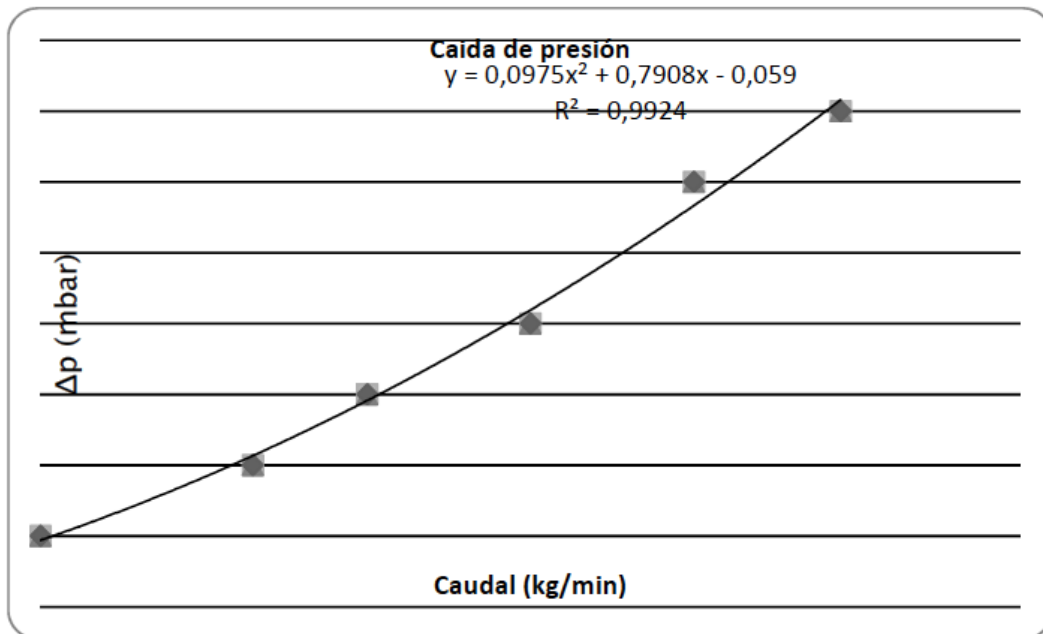


Figura 21: Esquema básico de control. Fuente Apuntes Energía Solar.

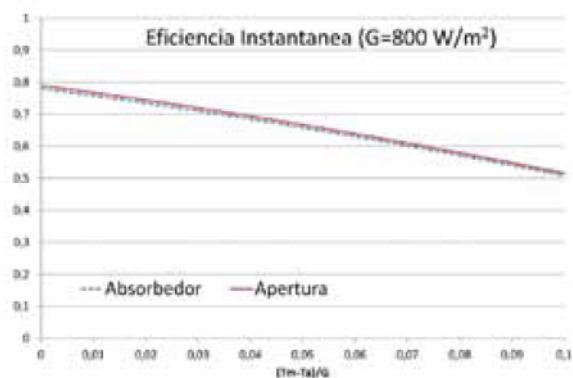
1.6 Características de los equipos

Este apartado tiene el objetivo de detallar las características de los principales equipos de los que está formada la instalación. Para ello se ha recurrido a la documentación técnica facilitada por los diversos fabricantes.

- Captadores Solares. TERMICOL T25US:



- Figura 22: Caída de presión en el captador. Fuente Termicol.



Datos energéticos

Norma de ensayo EN -12975

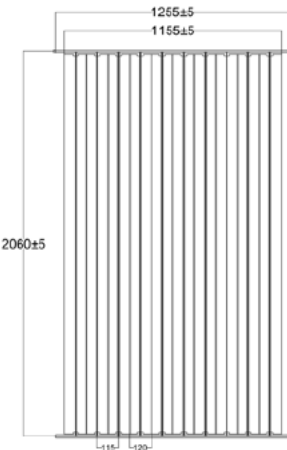
Referida al área de apertura y T _m	
Factor óptico (h ₀)	0,79
Factor lineal pérdidas (a ₀₁) W/m²K	3,49
Factor cuadrático pérdidas (a ₀₂) W/m²K²	0,018
Referida al área del absorbedor y T _m	
Factor óptico (h ₀)	0,78
Factor lineal pérdidas (a ₀₁) W/m²K	3,45
Factor cuadrático pérdidas (a ₀₂) W/m²K²	0,018

Dimensiones

Dimensiones externas	
Largo (mm)	2130
Ancho (mm)	1200
Fondo (mm)	83
Área del bruta(m²)	2,5
Área neta (m²)	2,4
Dimensiones absorbedor	
Largo (mm)	2057
Ancho (mm)	1155
Área del absorbedor (m²)	2,4

Figura 23: Ficha técnica captador T25US. Parte 1. Fuente Termicol.

Absorbedor	
Tipo	Multibanda
Material	Aluminio
Tipo de soldadura	Ultrasónica
Número de tubos	10
Diámetros externos (mm)	
Tubos Colectores	18
Tubos Verticales	8
Recubrimiento	
Tipo	Alto Selectivo
Material	CERMET
Aplicación	Sputtering
Absortividad	95 %
Emisividad	5%



Aislamiento	
Tipo	Manta
Material	Lana de vidrio
Dimensiones (mm)	
Largo	2100
Ancho	1180
Área	2,48
Espesor	40
Conductividad (W/m2 K)	
	0,034

Cofre de aluminio	
Tipo	Extrusionado y Anodizado
Material	AL-6063 T5
Dimensiones (mm)	
Largo	2130
Ancho	1200
Alto	83
Presiones mecánicas máximas (Pa)	
Positiva	1008
Negativa	1012
Parámetros Varios	
Peso en vacío (kg)	39
Volumen interior (litros)	1,27

Caída de presión		Parámetros de ensayo EN-12975	
Caída de presión (mm.c.a.) vs. caudal (l/min)		Potencia Pico (W/m2)	1865
Término lineal	2,329	Capacidad térmica efectiva (J/K)	23100
Término cuadrático	3,611	Modificador del ángulo de incidencia	0,82
Caudal Óptimo	40 l/h m ²	Constante de tiempo (s)	55
		T ^a estancamiento exp. (°C)	135
		T ^a estancamiento teórica (°C)	165

Figura 24: Ficha técnica captador T25US. Parte 2. Fuente Termicol.

- Interacumulador. LAPESA MVV 5000 SB:



Figura 25: Ficha técnica Interacumulador MVV 5000 SB. Parte 1. Fuente Lapesa.

Características técnicas /Conexiones /Dimensiones		MVV1500	MVV2000	MVV2500	MVV3000	MVV3500	MVV4000	MVV5000	MVV6000
		SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB
Capacidad de A.C.S	l	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000
Temperatura máx. depósito de A.C.S	°C	90	90	90	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S. (*)	bar	8	8	8	8	8	8	8	8
Temperatura máx. circuito de calentamiento (**)	°C	120	120	120	120	120	120	120	120
Presión máx. circuito de calentamiento	bar	25	25	25	25	25	25	25	25
Número de serpentines -SB /-SSB	und	2 / 3	2 / 3	3 / 4	3 / 5	4 / 5	4 / 5	5 / 6	5 / 6
Capacidad de serpentines -SB /-SSB	l.	17 / 25	19 / 29	28 / 35	29 / 48	38 / 48	38 / 48	48 / 56	48 / 56
Superficie de intercambio -SB /-SSB	m ²	2.8 / 4.2	3.4 / 5.0	4.8 / 6.1	5.0 / 8.4	6.7 / 8.4	6.7 / 8.4	8.4 / 10.0	8.4 / 10.0
Peso en vacío aprox. -SB /-SSB	Kg	430 / 445	495 / 510	675 / 685	740 / 765	810 / 825	980 / 995	1110 / 1120	1216 / 1228
Cota A: diámetro exterior	mm	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910	1910
Cota B: longitud total	mm	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710	3210
Cota C:	mm	160	160	195	195	195	190	190	--
Cota D:	mm	680	680	800	800	800	880	880	946
Cota E:	mm	760	920	910	1015	1015	1055	1055	1136
Cota F:	mm	400	400	400	400	400	400	400	400
Cota G:	mm	1095	1470	1225	1410	1545	1400	1580	2194
Cota H:	mm	1285	1660	1415	1600	1735	1590	1770	2384
Cota M:	mm	210	210	285	285	285	350	350	--
w: entrada agua fría	"GAS/M	2	2	3	3	3	3	3	3
e: desagüe	"GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	2
ww: salida agua caliente	"GAS/M	2	2	3	3	3	3	3	3
z: recirculación	"GAS/M	1-1/2	1-1/2	2	2	2	2	2	2
kv: avance caldera	"GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2
kr: retorno caldera	"GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2
Ra: conexión resistencia de apoyo	"GAS/M	2	2	2	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	"GAS/M	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
pc: conexión protección catódica	"GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
nº conexiones protección catódica en continuo	und.	2	2	2	3	3	3	3	3
(*) Otras presiones, consultar. (**) Temperatura estándar. Otras temperaturas, consultar.									
ErP		MVV1500	MVV2000	MVV2500	MVV3000	MVV3500	MVV4000	MVV5000	MVV6000
		SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB	SB/ SSB
Pérdidas estáticas	W	154	174	194	215	232	245	266	280
Clase de eficiencia energética	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Volumen	l.	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000

Figura 26: Ficha técnica Interacumulador MVV 5000 SB. Parte 2. Fuente Lapesa.

- **Bombas. WILO STRATOS-Z 25/1-8:**



Dimensiones y planos de dimensiones: Stratos-Z 25/1-8

Stratos

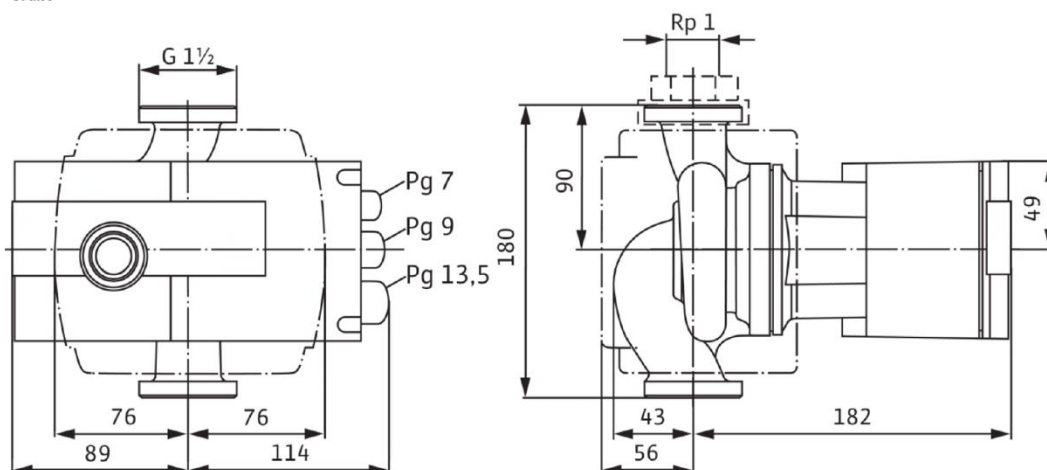


Figura 27: Ficha técnica Bomba Stratos-Z 25/1-8. Parte 1. Fuente Wilo.

Ficha técnica: Stratos-Z 25/1-8

Datos hidráulicos

Caudal máximo	8.8 m ³ /h
Altura máxima de impulsión	8.00 m
Índice de eficiencia energética (IEE)	0.20

Datos del producto

Presión máxima de trabajo	16 bar
Temperatura ambiente máxima	40 °C
Temperatura ambiente mínima	-10 °C
Temperatura máxima del fluido	110 °C
Temperatura mínima del fluido	-10 °C
Temperatura máxima del fluido	80
Temperatura mínima del fluido	0

Datos del motor

Tipo de protección	IPX4D
Índice de eficiencia energética (IEE)	0.20
Consumo de potencia (min.)	9.0 W
Entrada de corriente P1 máx.	125.0 W
Emisión de interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno residencial (C1)
Resistencia a interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno industrial (C2)
Regulación de la velocidad	Convertidor de frecuencia
Clase de aislamiento	F
Alimentación eléctrica	1~230 V, 50/60 Hz
Potencia nominal mecánica P ₂	0.10 kW
Velocidad mínima	1400 rpm
Velocidad máxima	3700 rpm
Intensidad nominal I _N	1.10 A
Protección de motor	integrado

Dimensiones de instalación

Conexión de tubería del lado de aspiración	G 1 1/2
Conexión de tubería del lado de impulsión	G 1 1/2
Longitud entre roscas	180 mm

Materiales

Eje	1.4122, X39CrMo17-1
Carcasa de la bomba	
Material del cojinete	Carbon, antimony impregnated

Información de pedidos

Marca	Wilo
Denominación del producto	Stratos-Z 25/1-8
Descripción	2069758
Peso neto aproximado	5 kg

Figura 28: Ficha técnica Bomba Stratos-Z 25/1-8. Parte 2. Fuente Wilo.

- Bombas. WILO MAXO-Z 65/0,5-12:



Ficha técnica: Stratos MAXO-Z 65/0,5-12

Datos hidráulicos		Datos del producto	
Índice de eficiencia energética (IEE)	0.17	Presión máxima de trabajo	16 bar
		Temperatura ambiente máxima	40 °C
		Temperatura ambiente mínima	-10 °C
		Temperatura máxima del fluido	110 °C
		Temperatura mínima del fluido	-10 °C
		Temperatura máxima del fluido	80
		Temperatura mínima del fluido	0
Datos del motor		Dimensiones de instalación	
Tipo de protección	IPX4D	Conexión de tubería del lado de aspiración	DN 65
Índice de eficiencia energética (IEE)	0.17	Conexión de tubería del lado de impulsión	DN 65
Consumo de potencia (mín.)	15.0 W	Longitud entre roscas	340 mm
Entrada de corriente P1 máx.	970.0 W		
Emisión de interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno residencial (C1)		
Resistencia a interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno industrial (C2)		
Regulación de la velocidad	Convertidor de frecuencia		
Clase de aislamiento	F		
Alimentación eléctrica	1~230 V, 50/60 Hz		
Potencia nominal mecánica P ₂	0.89 kW		
Velocidad mínima	400 rpm		
Velocidad máxima	3000 rpm		
Intensidad nominal I _N	3.60 A		
Materiales		Información de pedidos	
Eje	1.4122 (DLC coated)	Marca	Wilo
Carcasa de la bomba	1.4408, GX5CrNiMo19-11-2	Denominación del producto	Stratos MAXO-Z 65/0,5-12
Material del cojinete	Carbon graphite, all Carbon	Descripción	2186318
		Peso neto aproximado	32 kg

Figura 29: Ficha técnica Bomba MAXO-Z 65/0,5-12. Fuente Wilo.

1.7 Normativa

Para el diseño de esta instalación se ha seguido la normativa vigente de obligado cumplimiento, que por el tipo de instalación viene recogida en el RITE, el CTE y las normas UNE.

1.7.1 Código Técnico de la Edificación (CTE)

Dentro del CTE, se deben cumplir los requisitos recogidos en el Documento Básico HE Ahorro de energía en la sección 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (CTE-DB-HE-4).

- Contribución solar mínima para ACS (2.2.1)

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

Tabla 1: Zonas climáticas. Fuente CTE.

La zona climática a la que pertenece el municipio de Sevilla es la zona V. Debido a que la demanda de ACS del bloque de viviendas es de 4284 L/día, la contribución solar mínima debe ser del 60%.

- **Protección contra sobrecalentamientos (2.2.2)**

Se dimensionará la instalación teniendo en cuenta que en ningún mes del año la energía producida por la instalación superará el 110% de la demanda energética y en no más de tres meses el 100%. Es por ello por lo que no se tomarán otras medidas para evitar el sobrecalentamiento instalando equipos para evacuar el excedente de energía.

- **Pérdidas por orientación, inclinación y sombras (2.2.3)**

Se deberán cumplir los límites establecidos en la siguiente tabla para pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombras y pérdidas totales. Las pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar que incidiría sobre la superficie de captación solar orientada al sur, a la inclinación óptima y sin sombras.

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: Límites de pérdidas por orientación, inclinación y sombras. Fuente CTE.

- **Sistemas de medida de energía suministrada (2.2.4)**

La instalación dispondrá de un sistema de medida de la energía suministrada con objeto de poder verificar el cumplimiento del programa de gestión energética y las inspecciones periódicas de eficiencia energética.

El diseño del sistema de contabilización de energía y de control debe permitir al usuario de la instalación comprobar de forma directa, visual e inequívoca el correcto funcionamiento de la instalación, de manera que este pueda controlar diariamente la producción de la instalación.

- **Sistemas de acumulación solar y conexión de sistema de generación auxiliar (2.2.5)**

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

El área total de captadores debe tener un valor que cumpla la expresión $50 < V/A < 180$, siendo V el volumen de acumulación solar en litros y A la suma de las áreas de todos los captadores solares en m^2 .

1.7.2 Normas UNE

- **UNE 100155:2004**

Esta norma tiene por objeto el diseño y el cálculo de los sistemas de expansión de agua en un circuito cerrado.

- **UNE 94002:2005**

Esta norma tiene como objeto el cálculo de la demanda de energía térmica en instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria.

- **UNE 94003:2007**

Esta norma proporciona los datos climáticos necesarios para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.

- **UNE 12975-1**

Esta norma proporciona información de los captadores solares de un sistema solar térmico.

- **UNE 149201:2017**

Esta norma nos proporciona información para el dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano en los edificios.

1.7.3 Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE)

Se han seguido las instrucciones relativas a esta instalación:

- Preparación de agua caliente para usos sanitarios. (IT 1.1.4.3.1.)
- Aislamiento térmico de redes de tuberías. (IT 1.2.4.2.1.)
- Medición. (IT 1.3.4.4.5.)
- Sistemas de distribución de agua. (IT 2.3.3.)
- Control automático. (IT 2.3.4.)

Adicionalmente se ha debido de tener en cuenta las Ordenanzas Municipales y Normas Urbanísticas de la ciudad de Sevilla.

1.8 Bibliografía

[1] CTE (Código Técnico de la Edificación), Contribución solar mínima de agua caliente, DB-HE, 2017.

[2] AENOR, Norma UNE 94002:2005. Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica, 2005.

[3] AENOR, Norma UNE 94003:2007. Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas, 2007.

[4] AENOR, Norma UNE 100155:2004. Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión, 2004.

[5] AENOR, Norma UNE 12975-1:2006+A1:2011. Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales, 2006.

[6] AENOR, Norma UNE 149201:2017. Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios, 2017.

[7] RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios), 2013.

[8] Departamento de Ingeniería Energética, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, Apuntes de Energía Solar.

[9] Blasco Ruiz, Juan Ignacio. Instalación de energía solar térmica para producción de agua caliente en un hotel,

2017.

[10] IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). Instalaciones de Energía Solar Térmica. Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, 2009.

[11] Guía ASIT de la Energía Solar Térmica, 2010.

2 MEMORIA DE CÁLCULO

2.1 Introducción

En el siguiente documento se van a detallar los cálculos necesarios para el dimensionado de la instalación solar térmica de baja temperatura para la producción de agua caliente sanitaria para el edificio de viviendas de la calle Manuel Arellano en Sevilla.

Con el dimensionado se han definido los equipos necesarios para la instalación y su configuración, siguiendo las directrices que nos marca la normativa española vigente.

2.2 Datos de partida

2.2.1 Datos geográficos

Edificio	Edificio de Viviendas calle Manuel Arellano
Localidad	Sevilla
Provincia	Sevilla
Altitud	12 m (Cubierta a 35 m respecto nivel del mar)
Latitud	37°23'09.1"N
Longitud	6°00'41.7"W
Zona climática	V

Tabla 3: Datos geográficos.

2.2.2 Datos climáticos

Según el software CHEQ4, que utiliza la norma UNE 94003:2007 “*Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas*”, la irradiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal ($\frac{MJ}{m^2}$) en Sevilla es $18,8 MJ/m^2$.

Una vez se conoce este dato, se recurre al CTE (Código Técnico de la Edificación) apartado DB HE4 que trata sobre la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, para poder identificar la zona climática a la que pertenece la instalación según la tabla 4.

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Tabla 4: Clasificación climática según la Irradiación global diaria media anual. Fuente: CTE DB HE4.

Resultando nuestra instalación en la zona climática V.

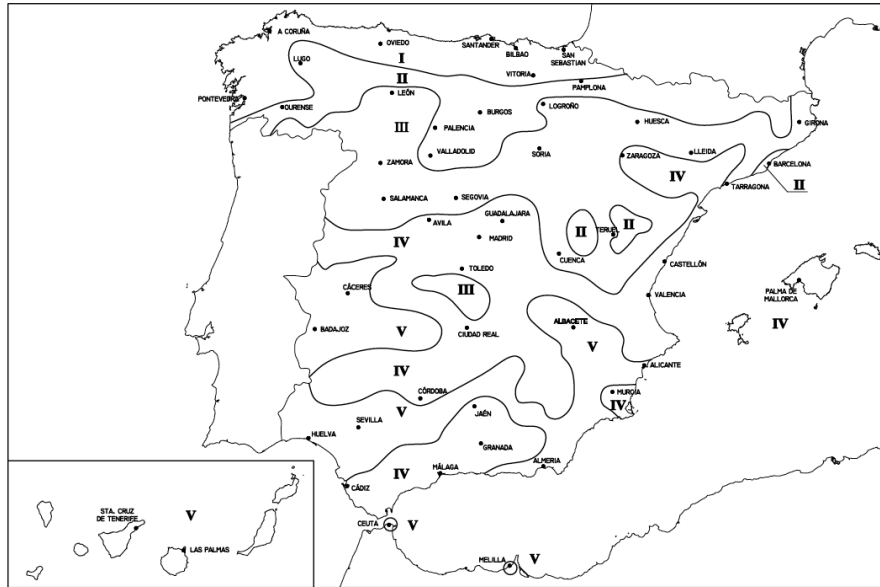


Figura 30: Mapa de zonas climáticas de España. Fuente: CTE DB HE4.

Una vez conocida la zona climática; y con ayuda del software CHEQ4 se ha obtenido la tabla 5 en la que se muestra la radiación, la temperatura de agua de la red y la temperatura ambiente para la instalación.

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

Tabla 5: Radiación, Temperatura de red y Temperatura ambiente media diaria mensual. Fuente Norma UNE 94003:2007.

2.3 Consumo de agua caliente

2.3.1 Cálculo del consumo de agua

Para saber el consumo de ACS del edificio de viviendas se ha recurrido al CTE DB HE4 donde se encuentra la tabla 6 con la demanda de referencia a una temperatura de 60°C.

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

Tabla 6: Demanda de agua caliente sanitaria (60°C). Fuente: CTE DB HE4.

La demanda se correspondería con la de una vivienda que es de 28 litros de ACS 60°C/ (día · persona).

Al tratarse de una instalación para el uso residencial privado, el número de personas por vivienda se calcula utilizando los valores mínimos de ocupación en función del número de dormitorios de la vivienda.

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Tabla 7: Valores mínimos de ocupación frente al número de dormitorios. Fuente: CTE DB HE4.

En este caso el edificio de viviendas consta de:

- 40 viviendas de 3 dormitorios (Tipo A), al cual le corresponden 4 personas / vivienda.
- 4 viviendas de 4 dormitorios (Tipo B), al cual le corresponden 5 personas / vivienda.

Por otra parte, al tratarse de un edificio de viviendas multifamiliares se debe utilizar un factor de centralización que varía dependiendo del número de viviendas del edificio.

Nº viviendas	N≤3	4≤N≤10	11≤N≤20	21≤N≤50	51≤N≤75	76≤N≤100	N≥101
Factor de centralización	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70

Tabla 8: Factor de Centralización frente al número de viviendas. Fuente: CTE DB HE4.

El edificio presenta un total de 44 viviendas, correspondiéndole un factor de centralización de 0,85.

Por lo tanto, teniendo en cuenta todo lo anterior:

$$Q_{ACS}^A = 28 \frac{\text{litros}}{\text{día} \cdot \text{persona}} \cdot 4 \frac{\text{personas}}{\text{vivienda}} \cdot 40 \text{ viviendas} = 4480 \frac{\text{litros ACS a } 60^{\circ}\text{C}}{\text{día}}$$

$$Q_{ACS}^B = 28 \frac{\text{litros}}{\text{día} \cdot \text{persona}} \cdot 5 \frac{\text{personas}}{\text{vivienda}} \cdot 4 \text{ viviendas} = 560 \frac{\text{litros ACS a } 60^{\circ}\text{C}}{\text{día}}$$

$$Q_{ACS} = 0,85 \cdot (Q_{ACS}^A + Q_{ACS}^B) = 0,85 \cdot (4480 + 560) = 4284 \frac{\text{litros ACS a } 60^{\circ}\text{C}}{\text{día}}$$

2.3.2 Cálculo de la demanda de Energía Térmica

Para el cálculo de la demanda vamos a regirnos por la norma UNE 94002 de junio de 2005: “Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica”.

La demanda de energía térmica se calcula a partir de la siguiente expresión:

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

Donde:

D_{ACS} = Demanda de energía térmica [J]

$Q_{ACS}(T_{ref})$ = Consumo de agua caliente sanitaria a T_{ref} $\left[\frac{l}{día}\right]$

ρ = Densidad del agua $\left[\frac{kg}{l}\right]$

C_P = Calor específico a presión constante del agua $\left[\frac{J}{kg \cdot K}\right]$

T_{ref} = Temperatura de referencia [°C]

T_{AF} = Temperatura de agua fría [°C]

ΔT = Número de días del mes

Teniendo los datos de la tabla 9, el número de días de cada mes y la temperatura del agua de red de los diferentes meses, llegamos a la demanda de energía térmica resultante en la tabla 10.

Q_ACS (l/día)	4284
ρ (kg/l)	1
C_P (J/(kg·K))	4182
T_ref (°C)	60

Tabla 9: Datos para el cálculo de la demanda de energía térmica. Fuente propia.

Mes	Días/mes	Q _{ACS} (L)	T _{AF} (°C)	D _{ACS} (MJ)
Enero	31	132804	11	27213,93
Febrero	28	119952	11	24580,32
Marzo	31	132804	13	26103,16
Abril	30	128520	14	24723,65
Mayo	31	132804	16	24437,00
Junio	30	128520	19	22036,30
Julio	31	132804	21	21660,07
Agosto	31	132804	21	21660,07
Septiembre	30	128520	20	21498,83
Octubre	31	132804	16	24437,00
Noviembre	30	128520	13	25261,12
Diciembre	31	132804	11	27213,93
TOTAL	365	1563660		290825,36

Tabla 10: Demanda de energía térmica. Fuente propia.

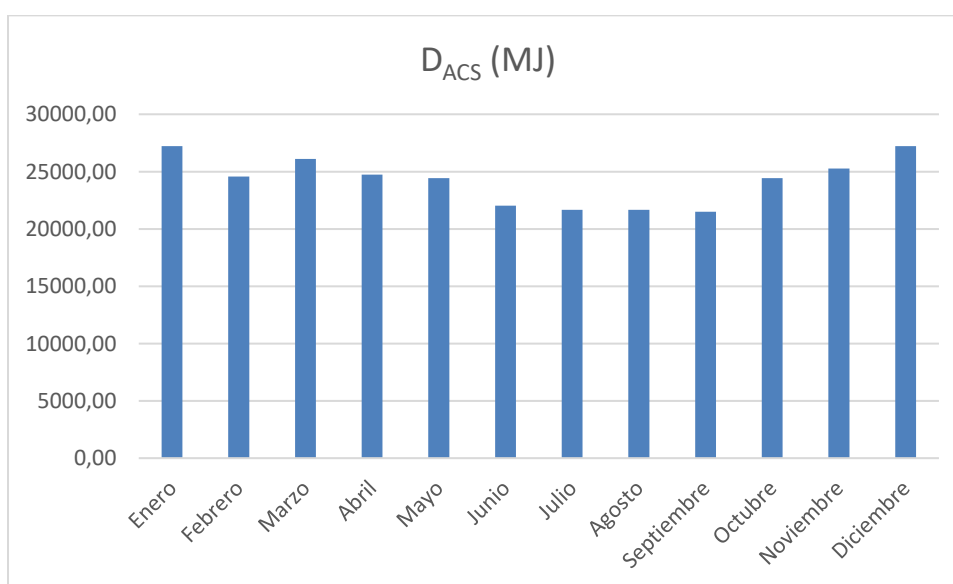


Figura 31: Demanda de energía térmica por mes. Fuente propia.

2.4 Elección del número de captadores solares y volumen de acumulación

Para la elección del número de captadores y volumen del acumulador se ha recurrido a los datos generados por el CHEQ4.

Se han generado tres tablas y gráficas variando los siguientes parámetros:

- N_c : Número de captadores solares
- N_s : Número de captadores en serie
- $\frac{V}{A}$: Relación entre el volumen de acumulación y el área de captación [$\frac{l}{m^2}$]

El objetivo de estas tablas es identificar las diferentes opciones que tenemos para el diseño de la instalación de tal manera que cubran la fracción de demanda solar mínima exigida por el CTE DB HE4, que en este caso es de un 60%.

La fracción de demanda cubierta se define como el tanto por ciento de energía solar útil captada y el total de la energía solar demandada, la cual es cubierta por un sistema auxiliar, en nuestro caso por una caldera eléctrica.

$$f = \frac{Q_{solar}}{Q_{total}}$$

Donde:

- Q_{solar} : Potencia térmica anual procedente de los captadores solares
- Q_{total} : Potencia térmica total consumida en un año

Se han tomado los siguientes datos de partida:

Localización	
Localidad	Sevilla
Altura de referencia	35 m
Configuración	
Sistema	Instalación con Intercambio Distribuido
Demanda	
Edificio	Edificio de Viviendas
Demanda de ACS	4284 L/día
Circuito primario	
Captador seleccionado	Termicol T 25 US A=2,4 m ²
Orientación captadores	0° Sur
Inclinación captadores	45°
Pérdidas por sombras	0%
Porcentaje de anticongelante	0%
Caudal	4838 L/h
Longitud del circuito	53 m
Diámetro de la tubería	36 mm
Espesor del aislante de la tubería	25 mm
Tipo de aislante	Genérico
Circuito de distribución	
Longitud del circuito	15 m
Diámetro de la tubería	25 mm
Espesor del aislante de la tubería	25 mm
Tipo de aislante	Genérico
Temperatura de Distribución	60 °C

Tabla 11: Datos de partida. Fuente propia.

Datos de ensayo	
Área (m ²)	2,4
n0 (-)	0,8
a1 (W/m ² K)	3,93
a2 (W/m ² K ²)	0,026
Qtest(l/hm ²)	72
k50	0,82
Laboratorio	INTA
Certificación	NPS-15312

Tabla 12: Datos de ensayo del captador. Fuente CHEQ4.

2.4.1 Fracción solar vs Número de captadores

Para la obtención de esta tabla y gráfica se han considerado como variables el número de captadores en serie y el número de captadores solares y como constante la relación entre el volumen de acumulación y el área de captación solar.

Es decir, se ha tomado:

$$\frac{V}{A} = 75 \frac{l}{m^2}$$

Nc \ Ns	1	2	3	4
10	29%	27%	25%	23%
12	34%	31%	28%	26%
14	39%	35%	32%	29%
16	43%	39%	35%	32%
18	48%	43%	39%	35%
20	52%	47%	42%	38%
22	57%	51%	46%	41%
24	61%	55%	49%	44%
26	65%	58%	52%	47%
28	69%	62%	55%	49%
30	73%	65%	58%	52%
32	76%	69%	61%	55%
34	78%	72%	64%	57%
36	81%	75%	67%	59%
38	83%	77%	69%	62%
40	85%	79%	72%	64%

Tabla 13: Fracción solar en función del número de captadores en serie y paralelo. Fuente propia.

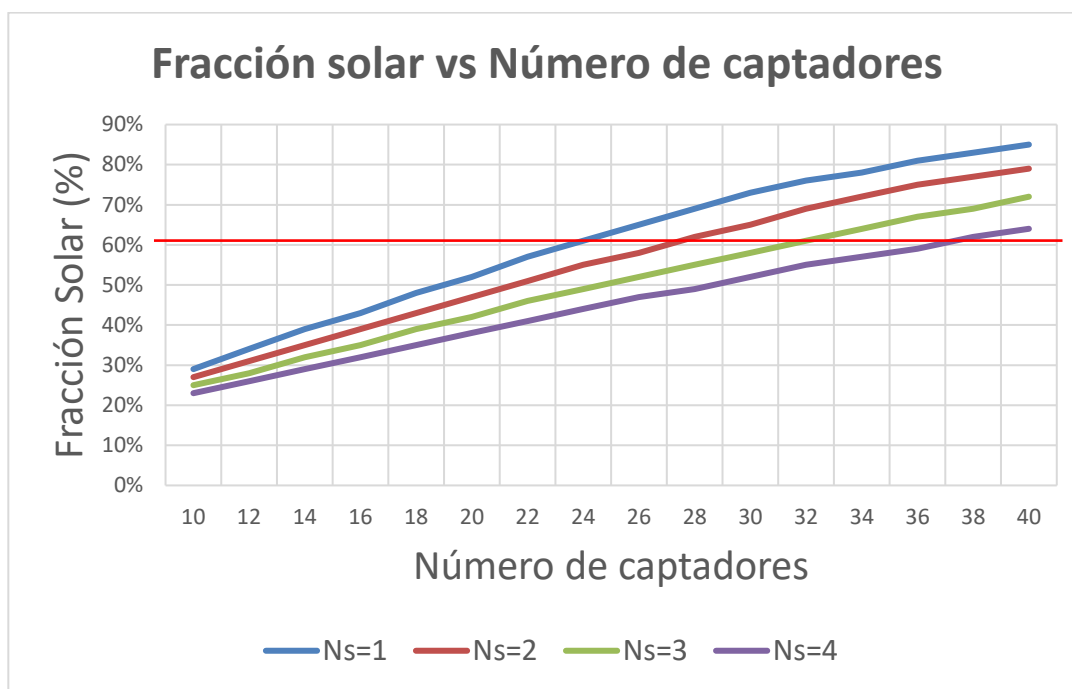


Figura 32: Fracción solar vs Número de captadores solares en paralelo y serie. Fuente propia.

En la tabla 13 aparecen bordeados en rojo, las opciones que cumplen las exigencias mínimas del CTE con el mínimo número de captadores.

En la figura 32 también se pueden observar las opciones que cumplen las exigencias mínimas del CTE y podemos apreciar como al aumentar el número de captadores en serie, genera la necesidad de aumentar el número de captadores totales para poder cumplir la normativa.

2.4.2 Fracción solar vs Relación V/A

Se ha considerado como variable la relación entre el volumen de acumulación y el área de captación solar. Y se ha tomado como dato, la primera opción del apartado anterior que cumple las exigencias mínimas de la normativa:

- Número de captadores: 24
- Número de captadores en serie: 1

Relación Volumen/Area (l/m ²)	f (%)	Vacumulacion (l)
50	61	2880
60	61	3456
70	61	4032
75	61	4320
80	61	4608
90	61	5184
100	61	5760

Tabla 14: Fracción solar en función de la Relación V/A. Fuente propia.

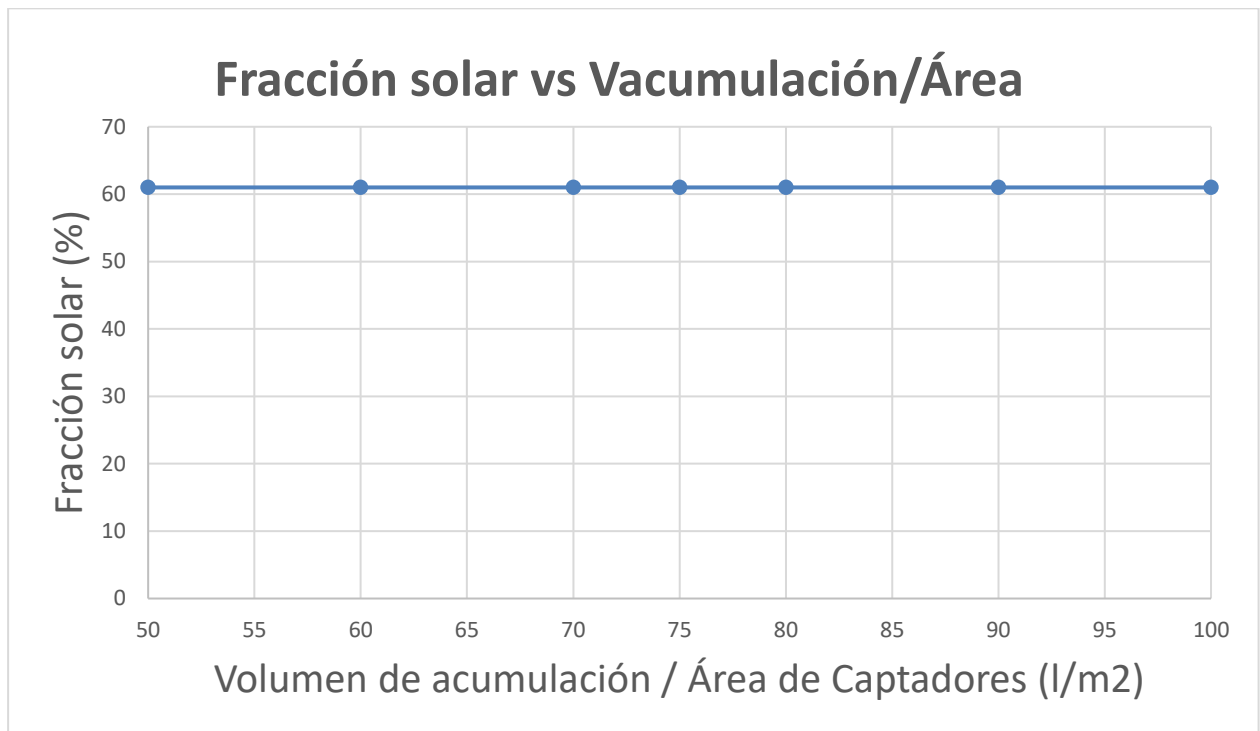


Figura 33: Fracción solar vs Relación V/A. Fuente propia.

Observando la figura 33 y la tabla 14 se ve como modificar la relación entre el volumen de acumulación y el área total de captadores no afecta a la fracción solar.

2.4.3 Fracción solar vs Número de captadores en serie

Aunque en el apartado 2.4.1. también se ha estudiado la fracción solar en función del número de captadores en serie, se ha decidido hacer este estudio paramétrico para un número fijo de captadores para ver más detalladamente como afecta la elección del número de captadores en serie a la fracción solar. Para ello, se ha tomado como variable el número de captadores en serie y como datos de partida:

- Número de captadores: 24
- Relación Volumen de acumulación/Área de captación: $75 \frac{l}{m^2}$

Ns	1	2	3	4
f (%)	61	55	49	44

Tabla 15: Fracción solar en función del número de captadores en serie. Fuente propia.

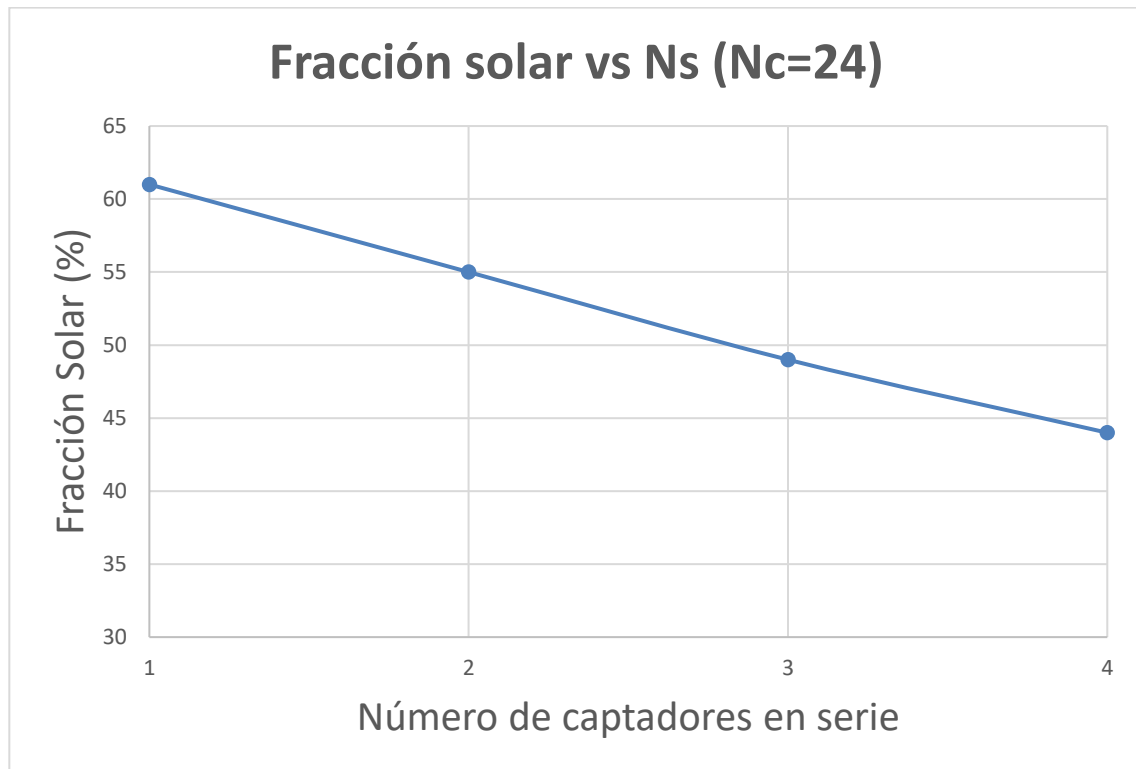


Figura 34: Fracción solar vs Número de captadores en serie. Fuente propia.

En la tabla 15 y la figura 34 se puede observar como aumentar el número de captadores en serie hace que la fracción solar decrezca linealmente, en este caso llegando a no cumplir el mínimo establecido por la normativa.

2.4.4 Elección del volumen de acumulación

Se debe elegir un acumulador con un volumen mínimo de 4284 litros, que se corresponde con la demanda de agua caliente sanitaria diaria del edificio.

Por ello, para esta instalación se ha elegido un interacumulador de acero vitrificado, modelo MVV 5000 SB de la marca Lapesa; con una capacidad de ACS de 5000 litros.

Según el apartado 2.2.5 del CTE DB HE4 el sistema de acumulación solar se debe dimensionar en función de la energía que aporta a lo largo del día, y no solo en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto, se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser esta simultánea con la generación. Además, debe cumplir la siguiente condición:

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

Donde:

- V : Volumen del depósito de acumulación [litros]
- A : Área total de los captadores solares [m^2]

Como el área de captación es de $57,6 m^2$ y el volumen de acumulación elegido de 5000 litros:

$$\frac{V}{A} = 86,8 \frac{L}{m^2}$$

Por tanto, se cumple la normativa vigente.

2.4.5 Conclusión

Tras los resultados obtenidos se ha optado por llevar a cabo una instalación con 24 captadores solares agrupados en 6 grupos de 4 captadores cada uno, todos en paralelo, con una orientación sur e inclinación de 45°; resultando un área de captación de 57,6 m². También se ha optado por un volumen de acumulación de 5000 litros. De esta manera cubrimos el 61% de la demanda de ACS cumpliendo así la normativa vigente.

2.5 Cálculo de pérdidas debido a la ubicación de los captadores

Según el CTE DB HE4, las pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar que incidiría sobre la superficie de captación orientada al sur, a la inclinación óptima y sin sombras.

La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites establecidos en la tabla 16.

	Orientación e Inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 16: Porcentaje de pérdidas permitidas por O.I. y Sombras. Fuente CTE.

Para esta instalación, se trata del caso general, las pérdidas por orientación e inclinación no podrán superar el 10%, las pérdidas por sombras el 10%, y la suma de ambas el 15%.

Cálculo de pérdidas por orientación e inclinación

Se calculan en función de dos parámetros:

- *Ángulo de inclinación (β)*: Definido como el ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal. Su valor es 0° para superficies horizontales y 90° para superficies verticales.
- *Ángulo azimut (α)*: Ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Los valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y +90° para módulos orientados al oeste.

En la figura 35 se observa la representación gráfica del ángulo de inclinación y del ángulo azimut.

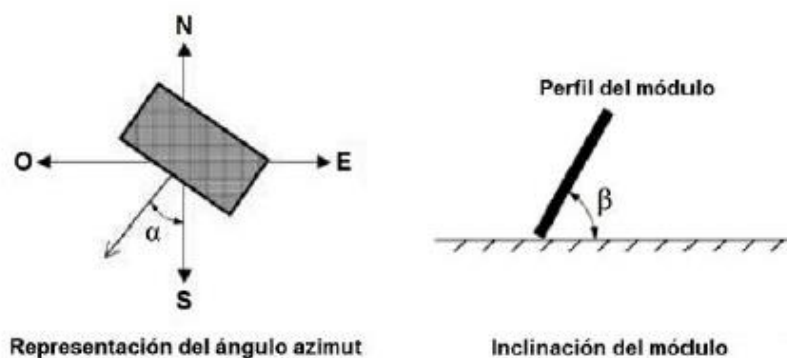


Figura 35: Ángulo de inclinación y ángulo azimut. Fuente CTE.

Cálculo:

1. Determinado el ángulo de azimut del captador, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo con las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecidas con la figura 36, válida para una latitud (ϕ) de 41° , de la siguiente forma:
 - a. Conocido el azimut, determinaremos en la figura 36, los límites para la inclinación en el caso de latitud $\phi = 41^\circ$. Para el caso general, las pérdidas máximas son del 10%. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de azimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima.
 - b. Si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites. Si ambas curvas se intersectan, se obtienen los valores para latitud $\phi = 41^\circ$ y se corrigen de acuerdo a lo indicado a continuación.
2. Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de 41° , de acuerdo a las siguientes fórmulas:
 - a. *Inclinación máxima* = *inclinación*($\phi = 41^\circ$) - (41° - latitud)
 - b. *Inclinación mínima* = *inclinación*($\phi = 41^\circ$) - (41° - latitud), siendo 5° su valor mínimo.
3. En casos cerca del límite y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente fórmula:

$$P\acute{e}rdidas(\%) = 100 \cdot \left[1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right] \text{ para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$P\acute{e}rdidas(\%) = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2] \text{ para } \beta \leq 15^\circ$$

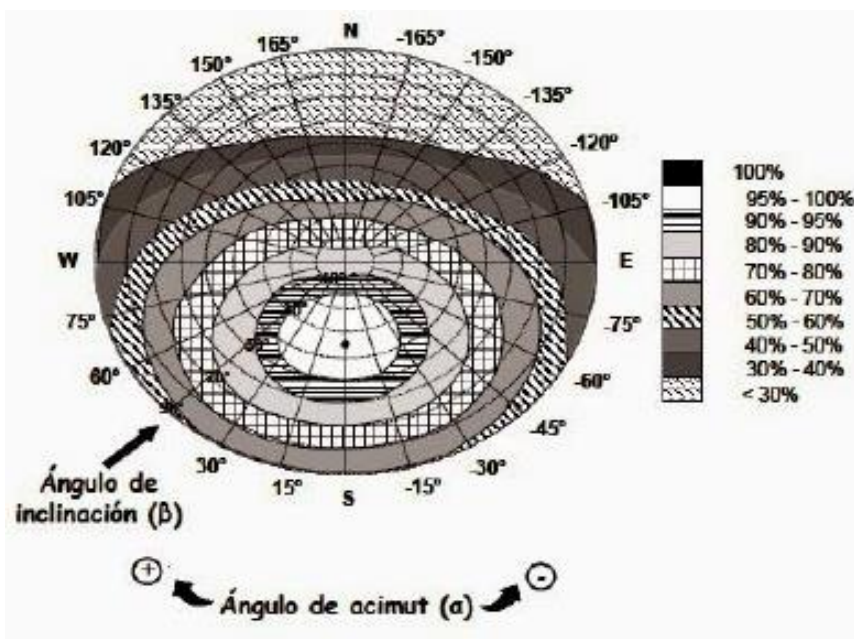


Figura 36: Porcentaje de radiación incidente en función del ángulo de inclinación y azimut. Fuente CTE.

Para esta instalación, la latitud (ϕ) es de 37° , el azimut (α) 0° y el ángulo de inclinación (β) 45° . Introduciendo estos valores en las fórmulas anteriores se obtiene:

Para 41° de latitud obtenemos de la figura 36 los siguientes valores de inclinación máxima y mínima.

- *Inclinación máxima* ($\phi = 41^\circ$) = 60°
- *Inclinación mínima* ($\phi = 41^\circ$) = 7°

Corrigiendo para la latitud de Sevilla obtenemos:

- *Inclinación máxima* ($\phi = 37^\circ$) = 56°
- *Inclinación mínima* ($\phi = 37^\circ$) = 3°

Por tanto, la inclinación elegida para los captadores está dentro de los límites y no supera las pérdidas máximas permisibles por la normativa.

Las pérdidas por orientación e inclinación serán:

$$P\acute{e}rdid\acute{a}s(\%) = 100 \cdot \left[1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right] = 0,768 \%$$

Como se observa, estas pérdidas son muy pequeñas. Con lo cual no se tendrán en cuenta.

2.6 Distancia mínima entre filas de captadores

La distancia d , medida sobre la horizontal, entre filas de módulos que puedan proyectar sombras, se recomienda según el IDAE que se garanticen al menos 4 horas de sol en torno al medio día del solsticio de invierno.

En cualquier caso, d ha de ser como mínimo igual a $h \cdot k$ siendo k un factor adimensional que, en este caso, se le asigna un valor:

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

Algunos valores significativos de k se pueden ver en la tabla 17 en función de la latitud del lugar.

Latitud	29°	37°	39°	41°	43°	45°
k	1,600	2,246	2,4715	2,747	3,078	3,487

Tabla 17: Valores de k para diferentes latitudes. Fuente IDAE.

La latitud de nuestra instalación se corresponde con la de Sevilla, 37° . Correspondiéndose $k = 2,246$.

Y donde h es la altura del captador, correspondiéndose $h = 1,506 \text{ m}$.

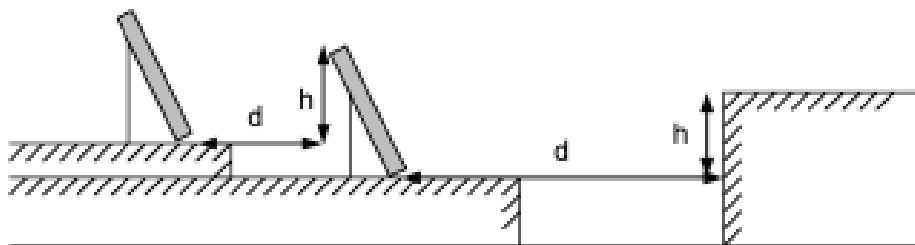


Tabla 18: Esquema distancia entre filas. Fuente IDAE.

Siendo así:

$$d_{min} = h \cdot k = 1,506 \cdot 2,246 \rightarrow d_{min} = 3,382 \text{ m}$$

Por lo tanto, se debe guardar una distancia de 3,382 m entre cada fila de captadores. La distancia entre filas de esta instalación es de 3,7 y 3,68 metros como se puede observar en la figura siguiente.

Según la distribución realizada en cubierta de los captadores, la fila más cercana se encuentra como mínimo a 3,7 m, es decir, cumplimos la distancia mínima relajadamente.

La separación al pretil no se ha calculado debido a la pequeña altura de este (25 cm) y la suficiente separación de las filas con el.

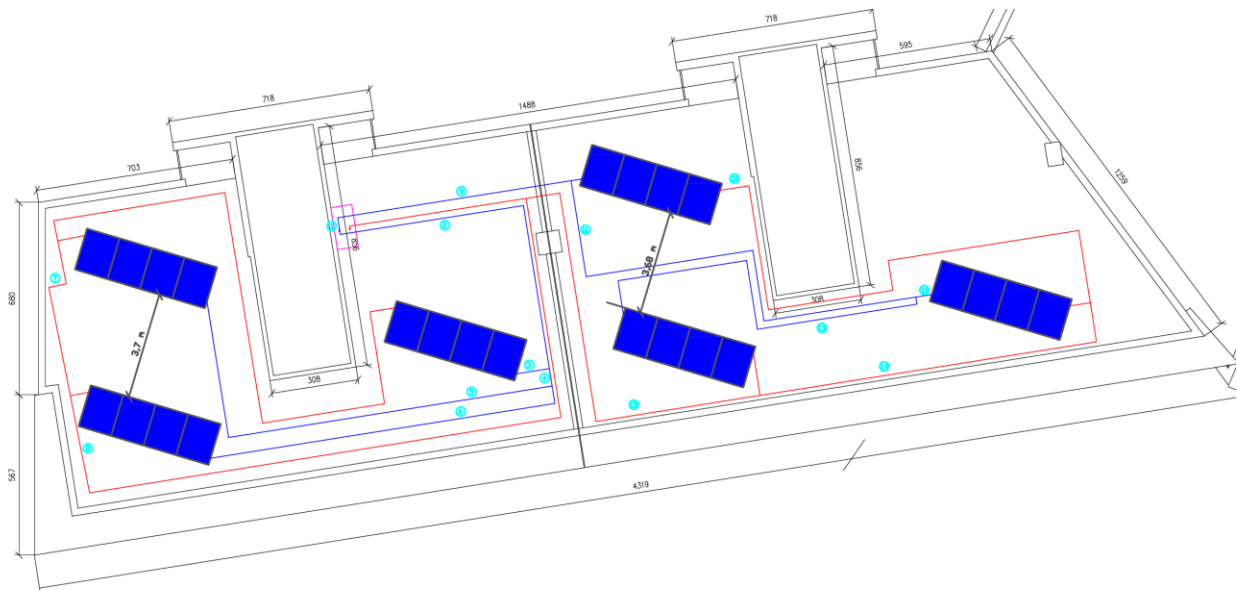


Figura 37: Distancia entre filas. Fuente propia.

2.7 Cálculo de la red de tuberías en el circuito primario

El objetivo de este apartado es dimensionar las tuberías del circuito primario que dependerán de las pérdidas de carga y las velocidades del fluido en los diferentes tramos.

Para el diseño de las tuberías deben cumplirse según la normativa estas dos condiciones:

- Velocidad en las tuberías: Menor de 2 m/s para tuberías que van por el interior del edificio y menor de 3 m/s para las tuberías situadas en el exterior.
- Pérdida de carga admisible: La pérdida de carga en los diferentes tramos de red de tuberías ha de ser menor de 400 Pa/m.

El primer paso, es conocer el caudal total que circula por el circuito primario. Para ello, se recurre al fabricante, el cual dice que por el circuito primario el caudal debería de ser de $40 \frac{L}{h \cdot m^2}$.

En esta instalación se instalarán 24 captadores solares en paralelo de la marca Termicol con una superficie útil de $2,4 m^2$. Por lo tanto, se tiene que el caudal total que circulará por el circuito primario y el que tendrá que mover la bomba será de:

$$Q_{\text{primario}} = 40 \frac{L}{h \cdot m^2} \cdot 24 \cdot 2,4 m^2 = 2304 \frac{L}{h}$$

Las tuberías que se utilizarán serán tuberías de cobre y el trazado de estas será intentando minimizar al máximo la longitud del circuito para evitar así demasiadas pérdidas térmicas y pérdidas de carga.

El trazado de las tuberías se realizará usando la técnica del retorno invertido para lograr que la red de tuberías esté equilibrada. De esta forma se logrará que por cada captador circule el mismo caudal.

Para el diseño de la red de tuberías se ha elaborado un Excel en el cual se calculan los diámetros óptimos por tramo, de manera que se cumpla la normativa. También en función de los accesorios de cada tramo (codos, "T" y válvulas) podemos obtener la pérdida de presión total de cada tramo.

Tramos	Longitud (m)	Caudal (L/h)	Pérdidas de carga unitarias (Pa/m)						
			D(°)	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
			D(mm)	12,70	19,05	25,40	31,75	38,10	50,80
T1	74,03	2304	17372	2429	607	208	87	22	
T2	12,70	1152	4927	700	177	61	26	6	
T3	26,35	384	695	101	26	9	4	1	
T4	0,62	768	2379	341	86	30	13	3	
T5	18,95	384	695	101	26	9	4	1	
T6	14,50	384	695	101	26	9	4	1	
T7	6,09	768	2379	341	86	30	13	3	
T8	28,24	1152	4927	700	177	61	26	6	
T9	8,66	1152	4927	700	177	61	26	6	
T10	22,30	384	695	101	26	9	4	1	
T11	17,38	768	2379	341	86	30	13	3	
T12	2,80	384	695	101	26	9	4	1	
T13	17,28	384	695	101	26	9	4	1	
T14	13,46	768	2379	341	86	30	13	3	
T15	15,27	1152	4927	700	177	61	26	6	

Tabla 19: Evaluación de Diámetros en función de las Pérdidas de carga unitarias. Fuente propia.

Tramos	Longitud (m)	Caudal (L/h)	Velocidad (m/s)						
			D(°)	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
			D(mm)	12,70	19,05	25,40	31,75	38,10	50,80
T1	74,03	2304	5,05	2,25	1,26	0,81	0,56	0,32	
T2	12,70	1152	2,53	1,12	0,63	0,40	0,28	0,16	
T3	26,35	384	0,84	0,37	0,21	0,13	0,09	0,05	
T4	0,62	768	1,68	0,75	0,42	0,27	0,19	0,11	
T5	18,95	384	0,84	0,37	0,21	0,13	0,09	0,05	
T6	14,50	384	0,84	0,37	0,21	0,13	0,09	0,05	
T7	6,09	768	1,68	0,75	0,42	0,27	0,19	0,11	
T8	28,24	1152	2,53	1,12	0,63	0,40	0,28	0,16	
T9	8,66	1152	2,53	1,12	0,63	0,40	0,28	0,16	
T10	22,30	384	0,84	0,37	0,21	0,13	0,09	0,05	
T11	17,38	768	1,68	0,75	0,42	0,27	0,19	0,11	
T12	2,80	384	0,84	0,37	0,21	0,13	0,09	0,05	
T13	17,28	384	0,84	0,37	0,21	0,13	0,09	0,05	
T14	13,46	768	1,68	0,75	0,42	0,27	0,19	0,11	
T15	15,27	1152	2,53	1,12	0,63	0,40	0,28	0,16	

Tabla 20: Evaluación de Diámetros en función de la velocidad. Fuente propia.

Tramo	Diámetro (")	Diámetro (mm)
T1	1 1/4	31,75
T2	1	25,40
T3	3/4	19,05
T4	3/4	19,05
T5	3/4	19,05
T6	3/4	19,05
T7	3/4	19,05
T8	1	25,40
T9	1	25,40
T10	3/4	19,05
T11	3/4	19,05
T12	3/4	19,05
T13	3/4	19,05
T14	3/4	19,05
T15	1	25,40

Tabla 21: Diámetros elegidos para cada tramo. Fuente propia.

Para considerar la pérdida de carga producida por los accesorios se ha recurrido a la tabla 22, donde se recoge la longitud equivalente de estos:

Diámetro Nominal (")	Codo 90°	Curva 90°	Curva 45°	Codo doble 180°	Curva doble 180°	T en ramas alineadas	T en rama derivada	Válvula esférica	Válvula de compuerta	Válvula en ángulo	Válvula de retención
1/4	0,07	0,07	0,04	0,07	0,07	0,05	0,17	2,13		0,68	0,33
3/8	0,12	0,12	0,06	0,12	0,12	0,08	0,28	3,53		1,12	0,55
1/2	0,17	0,16	0,09	0,17	0,17	0,11	0,4	5,01	0,17	1,59	0,8
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	0,4	0,36	0,21	0,4	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	3,2
2	0,87	0,74	0,46	0,87	0,74	0,49	1,98	22,27	0,7	7,06	4,57
2 1/2	1,1	0,89	0,59	1,1	0,9	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	3,4	31,48	0,97	10,99	9,07
4	1,73	1,24	0,97	1,73	1,22	0,83	3,83	37,46	1	11,99	10,68
5	2,1	1,38	1,22	2,1	1,35	0,92	4,6	42,32	0,98	13,71	14

Tabla 22 : Longitudes equivalentes por tipo de accesorio y diámetro de tubería. Fuente apuntes de Instalaciones Térmicas en la Edificación.

La pérdida de carga de los captadores se ha obtenido a través de la información dada por el fabricante, según el cual la pérdida de carga se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$\Delta P_{\text{captador}} (\text{mm. c. a}) = 3,611 \cdot X^2 + 2,329 \cdot X \quad \text{donde } X \text{ es el caudal en L/min}$$

Por lo tanto:

$$Q_{\text{captador}} = 96 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{60 \text{ min}} = 1,6 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$\Delta P_{\text{captador}} = 3,611 \cdot 1,6^2 + 2,329 \cdot 1,6 \rightarrow \Delta P_{\text{captador}} = 12,97 \text{ mm. c. a } (127,2 \text{ Pa})$$

La instalación está formada por 6 agrupaciones de 4 captadores solares cada una. La pérdida de carga de cada

agrupación será de 127,2 Pa.

La pérdida de carga que se produce en el interacumulador la obtenemos de la figura 38.

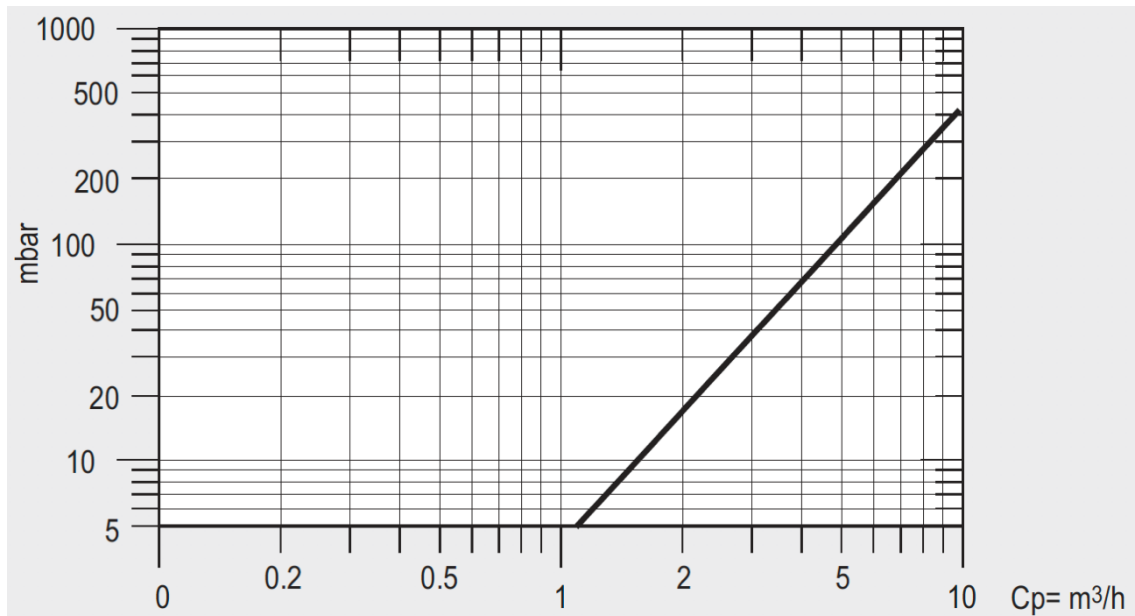


Figura 38: Pérdida de carga del Interacumulador en función del caudal. Fuente: fabricante LAPESA.

El primario tiene $2304 \frac{L}{h}$ ($2,304 \frac{m^3}{h}$), con lo cual, la pérdida de carga en el interacumulador es de 25 mbar (2500 Pa). Tras tener en cuenta todas las pérdidas de carga se llega a las tablas 23 y 24.

Tramos	Longitud (m)	Caudal (L/h)	Velocidad(m/s)	Diámetro (")	Pérdida de Carga Total (kPa)
T1	74,03	2304	0,81	1 1/4	18,63
T2	12,70	1152	0,63	1	2,47
T3	26,35	384	0,37	3/4	3,18
T4	0,62	768	0,75	3/4	0,27
T5	18,95	384	0,37	3/4	2,37
T6	14,50	384	0,37	3/4	1,89
T7	6,09	768	0,75	3/4	2,33
T8	28,24	1152	0,63	1	5,13
T9	8,66	1152	0,63	1	1,76
T10	22,30	384	0,37	3/4	2,73
T11	17,38	768	0,75	3/4	6,44
T12	2,80	384	0,37	3/4	0,66
T13	17,28	384	0,37	3/4	2,29
T14	13,46	768	0,75	3/4	4,74
T15	15,27	1152	0,63	1	2,88

Tabla 23: Pérdida de carga por tramo. Fuente propia.

Circuitos	Tramos	Pérdida de presión (kPa)	Desequilibrio (kPa)	Desequilibrio(%)
C1	T1+T2+T3+T7+T8	31,7	3,4	9,6
C2	T1+T2+T4+T5+T7+T8	31,2	3,9	11,2
C3	T1+T2+T4+T6+T8	28,9	6,2	19,1
C4	T1+T9+T10+T14+T15	30,7	4,4	12,5
C5	T1+T9+T11+T12+T14+T15	35,1	0,0	0,0
C6	T1+T9+T11+T13+T15	32,0	3,1	8,9

Tabla 24: Pérdida de carga por circuito y desequilibrio. Fuente propia.

En 3 de los circuitos el desequilibrio es mayor del 10%, así que se instalará en ellos una válvula en obra para reducir el desequilibrio.

2.8 Dimensionado de la bomba de circulación del circuito primario

Las bombas de circulación del circuito primario se eligen en función de las condiciones nominales de trabajo, que quedan definidas por la altura manométrica del punto de funcionamiento y el caudal de circulación, cuya relación se ve en la curva característica dada por el fabricante de las bombas.

La bomba debe ser capaz de vencer:

- La pérdida de carga del tramo de tuberías más desfavorable.
- La pérdida de carga producida por el interacumulador.
- La pérdida de carga de los captadores solares.

$$H = \Delta p_{tuberías} + \Delta p_{captadores} + \Delta p_{interacumulador} = \Delta p_{camino\ desfavorable} = 35,12\ kPa$$

$$H = 3,58\ m. c. a.$$

Se conoce el caudal que debe mover la bomba que es de $2,304\ \frac{m^3}{h}$.

Con ambos datos, se ha recurrido al catálogo de fabricante de bombas Wilo, en concreto al tipo de bomba Wilo-Stratos-Z.

Entrando en la curva de la bomba (figura 39) con el caudal ($2,304\ m^3/h$) y la $H = 3,58\ m. c. a.$ vemos que la primera bomba que cumple estos requisitos es el modelo Wilo-Stratos-Z 25/1-8 que será el modelo que usemos para el circuito primario.

Stratos-Z

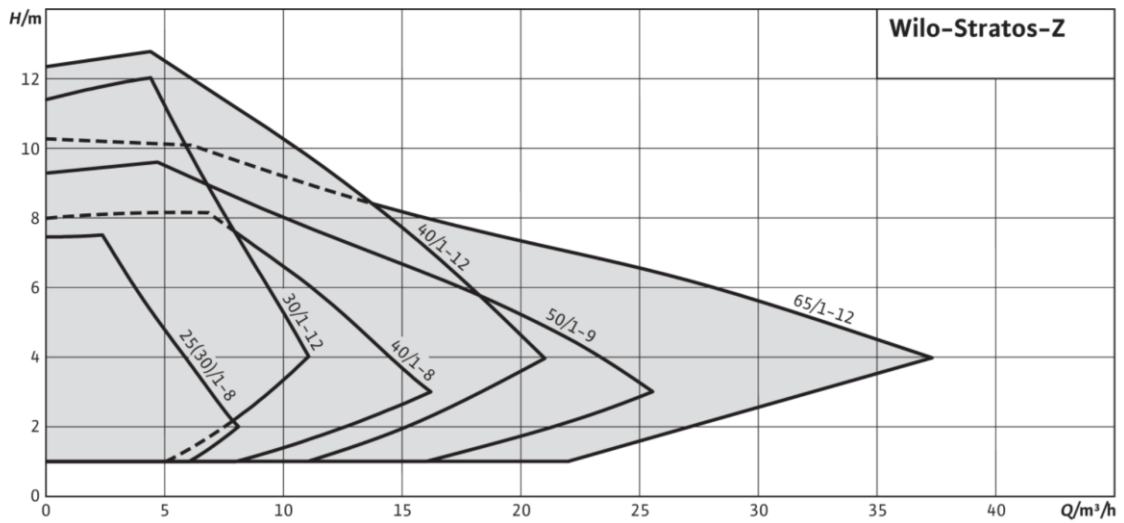


Figura 39: Curva característica de la bomba Wilo-Stratos-Z. Fuente: fabricante WILO.

2.9 Dimensionado del vaso de expansión del circuito primario

Según la Norma UNE 100155 “Diseño y cálculo de sistemas de expansión”: El sistema de expansión tiene la función de absorber las variaciones de volumen del fluido caloportador contenido en un circuito cerrado al variar su temperatura, manteniendo la presión entre límites preestablecidos e impidiendo, al mismo tiempo, pérdidas y reposiciones de masa de fluido.

El cálculo del volumen total para un vaso de expansión cerrado se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p$$

Donde:

- V = Volumen total del vaso de expansión (litros)
- C_e = Coeficiente de dilatación del fluido
- C_p = Coeficiente de presión del gas

	Longitud (m)	Caudal (L/h)	D(″)	D(mm)	V(L)
T1	74,03	2304	1 1/4	31,75	58,61
T2	12,70	1152	1	25,40	6,44
T3	26,35	384	3/4	19,05	7,51
T4	0,62	768	3/4	19,05	0,18
T5	18,95	384	3/4	19,05	5,40
T6	14,50	384	3/4	19,05	4,13
T7	6,09	768	3/4	19,05	1,74
T8	28,24	1152	1	25,40	14,31
T9	8,66	1152	1	25,40	4,39
T10	22,30	384	3/4	19,05	6,36
T11	17,38	768	3/4	19,05	4,95
T12	2,80	384	3/4	19,05	0,80
T13	17,28	384	3/4	19,05	4,93
T14	13,46	768	3/4	19,05	3,84
T15	15,27	1152	1	25,40	7,74
Interacumulador					48,00
Captadores Solares					30,48
TOTAL					209,79

Tabla 25: Volumen de la instalación. Fuente propia.

Volumen

Es necesario calcular el volumen de fluido que contienen las tuberías, los captadores y el interacumulador (Tabla 25). A este volumen se le aplicará un coeficiente de seguridad del 10%.

$$V = 209,79 \cdot 1,1 = 230,8 L$$

Coefficiente de expansión

El coeficiente de expansión del agua entre la temperatura de 4°C, a la que corresponde el volumen específico mínimo, y la temperatura máxima de funcionamiento del sistema puede expresarse teóricamente mediante la siguiente relación (válida hasta 210°C):

$$C_e = \frac{1000}{f(t)} - 1$$

Donde:

$$f(t) = 999,831 - 1,23956 \cdot 10^{-2} \cdot t + 6,00584 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 - 1,97359 \cdot 10^{-5} \cdot t^3 + 4,80021 \cdot 10^{-8} \cdot t^4$$

Sin embargo, al aumentar la temperatura el aumento del volumen de agua se acompaña de un aumento del volumen disponible, debido a la dilatación simultánea de los componentes del circuito (tuberías, etc.). Para tener en cuenta este hecho, la variación neta del volumen de agua que debe ser absorbida por el sistema de expansión puede expresarse mediante las siguientes fórmulas:

- Para temperaturas desde 30°C hasta 70°C (ambas incluidas):

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

- Para temperaturas desde 70°C hasta 140°C (ambas excluidas):

$$C_e = (-33,48 + 0,738 \cdot t) \cdot 10^{-3} \cdot f_c$$

- Para temperaturas desde 140°C hasta 210°C (ambas incluidas):

$$C_e = (-95 + 1,2 \cdot t) \cdot 10^{-3} \cdot f_c$$

Donde f_c es un factor corrector cuando el fluido caloportador es una solución de glicol etilénico en agua.

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

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

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

Donde G es el porcentaje de glicol. En este caso, se ha tomado G=20. Obteniéndose:

$$a = 7,4745 ; b = -0,3470$$

Se ha elaborado la tabla 26 con los diferentes resultados del coeficiente de expansión en función de la temperatura máxima.

Temperatura máxima (°C)	fc	Ce
60	1,3455	0,0202
70	1,2902	0,0263
80	1,2428	0,0318
90	1,2015	0,0396
100	1,1650	0,0470
110	1,1326	0,0540
120	1,1033	0,0608

Tabla 26: Coeficiente de expansión en función de la temperatura. Fuente propia

En el caso de esta instalación, se va a tomar como temperatura máxima de funcionamiento 120°C por lo tanto se tiene un coeficiente de expansión de:

$$C_e = 0,0608$$

Coeficiente de presión

En este caso el coeficiente de presión se calcula a través de la siguiente ecuación:

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

Donde P_M y P_m son la presión máxima y la presión mínima del vaso respectivamente.

Para el cálculo de la presión absoluta máxima partimos de la presión de tarado de la válvula de seguridad. Dicha presión de tarado deberá ser menor o igual que la presión máxima de servicio del elemento más resistente. En nuestro caso será el captador solar, que tiene una presión máxima de trabajo de 8 bar.

Una expresión válida es la siguiente, que consiste en considerar el 90% de la presión de tarado de la válvula de seguridad (manométrica) y pasarla a presión absoluta, la presión de tarado de la válvula estará entre 6 y 10 bar:

$$P_M = 0,9 \cdot P_{VS} + 1 = 8,2 \text{ bar}$$

$$P_{VS} = 8 \text{ bar}$$

Por otra parte, la presión mínima será igual a la presión absoluta de llenado en el punto donde se instala el vaso. Se le suma 1 para pasar presiones manométricas en bar a presiones absolutas, y se le añade un factor de seguridad en este caso 0,5.

$$P_m = P_0 + 1 + 0,5 = 4,48 \text{ bar}$$

La presión de llenado es igual a la diferencia de altura entre la situación del vaso de expansión y el punto donde se sitúa la instalación, en nuestro caso la diferencia es 29 metros y 80 centímetros.

$$P_0 = 2,98 \text{ bar}$$

Con estos valores se obtiene un $C_p = 2,204$.

Obteniendo que el vaso de expansión debe tener un volumen mínimo de:

$$V_t = 230,8 \cdot 0,0608 \cdot 2,204 = 30,9 \text{ L}$$

El vaso de expansión elegido para el circuito primario es un vaso de 35 litros de la marca Termicol cuya referencia es 706SOL035. Dicho vaso sería instalado junto a la bomba de circulación como se puede apreciar en el esquema de principio en los planos adjuntos.

2.10 Cálculo del espesor de aislamiento en tuberías del circuito primario

Según la instrucción técnica 1.2.4.2.1. *Aislamiento térmico de redes de tuberías* del RITE, todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con una temperatura mayor de 40 °C, como es el caso de esta instalación.

En esta instalación los equipos y accesorios seleccionados ya vienen con el aislamiento incorporado de fábrica y, además, estos aislamientos cumplen las especificaciones mínimas sobradamente.

Por otra parte, si las tuberías o los equipos están instalados en el exterior del edificio, la terminación final del aislamiento debe poseer la protección suficiente contra la intemperie. En la realización de la estanqueidad de las juntas se evitará el paso de agua de lluvia.

Para el cálculo del espesor mínimo de aislamiento se ha optado por el procedimiento simplificado. Los espesores mínimos de aislamientos térmicos, expresados en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red y para un material con conductividad térmica de referencia a 10 °C de 0,040 W/(m.K) deben ser los indicados en las tablas 27 y 28.

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 27: Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios. Fuente RITE.

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 28: Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios. Fuente RITE.

Además, según la normativa a los espesores mínimos de aislamiento obtenidos hay que sumarles 5 mm para aquellas redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo, como es esta instalación para agua caliente sanitaria. Por tanto, los espesores de aislamiento necesarios son los que aparecen en la tabla 29. El tramo 1 tiene dos espesores diferentes de aislamiento debido a que una parte discurre por el interior del edificio y otra por su exterior.

Tramos	Longitud (m)	Diámetro (")	Diámetro (mm)	Espesor de aislamiento (mm)
T1	74,03	1 1/4	31,75	Exterior: 40 (6,32 m) Interior: 30 (67,71m)
T2	12,70	1	25,40	40
T3	26,35	3/4	19,05	40
T4	0,62	3/4	19,05	40
T5	18,95	3/4	19,05	40
T6	14,50	3/4	19,05	40
T7	6,09	3/4	19,05	40
T8	28,24	1	25,40	40
T9	8,66	1	25,40	40
T10	22,30	3/4	19,05	40
T11	17,38	3/4	19,05	40
T12	2,80	3/4	19,05	40
T13	17,28	3/4	19,05	40
T14	13,46	3/4	19,05	40
T15	15,27	1	25,40	40

Tabla 29: Espesores para cada tramo. Fuente propia.

2.11 Dimensionado de los intercambiadores

Se procede al dimensionado de los intercambiadores siguiendo las indicaciones del dimensionado para intercambiadores de consumo de la guía ASIT, por tratarse esta de una instalación con intercambiadores independientes distribuidos.

Para el cálculo del intercambiador de consumo se utilizará el caudal de consumo $Q_{ACS}(T_P)$ correspondiente a la temperatura de preparación T_P , y que se obtendrá a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_{ACS}(T_P) = 0,7 \cdot Q_{m\acute{a}x}$$

Siendo el $Q_{m\acute{a}x}$ el caudal máximo simultáneo del circuito de consumo de agua caliente sanitaria correspondiente a la temperatura de preparación del sistema de apoyo.

Para el cálculo del caudal de consumo es necesario conocer el consumo instantáneo de ACS de cada componente de la vivienda, para ello se recurre a la tabla 30.

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

Tabla 30: Consumos instantáneos de los diferentes aparatos. Fuente CTE.

Para cada vivienda resulta un consumo instantáneo de 0,545 L/s.

Descripción	Unidades	ACS (l/s)	Total ACS (l/s)
Bañera	1	0,15	0,15
Lavabo	2	0,065	0,13
Bidé	1	0,065	0,065
Ducha	1	0,1	0,1
Fregadero	1	0,1	0,1
		TOTAL	0,545

Tabla 31: Consumos instantáneos por vivienda. Fuente propia.

Sin embargo, se aplica una corrección de simultaneidad ya que por norma general no van a estar todos los grifos abiertos al mismo tiempo. Para ello se ha recurrido a la norma UNE 149201:2017 “Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios”.

Como el caudal total es menor de 20 L/s y todos los caudales por separado menores a 0,5 L/s, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = 0,682 \cdot Q_i^{0,45} - 0,14 \frac{L}{s}$$

Donde Q_i es el caudal instantáneo calculado antes en L/s. Obtenemos un caudal de consumo de 0,379 L/s.

Por lo tanto:

$$Q_{ACS}(T_P) = 0,7 \cdot Q_{m\acute{a}x} \rightarrow Q_{ACS}(60^\circ\text{C}) = 0,265 \frac{L}{s}$$

Como el caudal del circuito primario del intercambiador debe ser igual o superior al caudal nominal de consumo. Se escoge un caudal del primario igual al secundario. Por otra parte, la potencia del intercambiador será la necesaria para elevar la temperatura del caudal de consumo desde 15°C hasta 60°C.

$$POT_{INT} = Q_{ACS}(60^\circ\text{C}) \cdot \rho \cdot C_p \cdot (60 - 15)$$

Donde ρ es la densidad del agua en kg/m^3 y C_p el calor específico del agua en $kJ/(kg \cdot K)$.

Se obtiene una potencia para el intercambiador de 49,9 kW. Una vez conocida la potencia nominal, los caudales de diseño se ha elegido el intercambiador de placas modelo LPIC-02 de la marca Lapesa.

INTERCAMBIADORES DE PLACAS COMPACTOS		Ref.	Nº de placas	Caudal (l/h) 50°C	Potencia (kW) ⁽³⁾	Pérdidas de carga m.c.a.	A x B x F	E	C	D	Conexiones
Temperatura máx de trabajo	135 / 155°C ⁽¹⁾	LPIC-01	20	1.000	45	< 3	73 x 192 x 42,32	20,1	40	154	3/4"
Presión máx. de trabajo	16 / 25 bar ⁽²⁾	LPIC-02	20	2.000	90	< 6	73 x 315 x 42,32	20,1	40	278	3/4"
Aplicaciones	Líquido/Líquido	LPIC-03	20	3.000	140	< 6	119 x 289 x 48,8	45	72	243	1"
Chasis	AISI 316	LPIC-04	30	4.000	185	< 6	119 x 289 x 71,2	45	72	243	1"
Placas	AISI 316	LPIC-05	40	5.000	235	< 6	119 x 289 x 93,6	45	72	243	1"
Conexiones	AISI 316	LPIC-07	40	7.000	325	< 8	119 x 376 x 93,6	45	63	320	1-1/4"
Complemento	Aislamiento térmico	LPIC-10	60	10.000	465	< 8	119 x 376 x 136,4	45	63	320	1-1/4"
		LPIC-12	70	12.000	560	< 8	119 x 376 x 160,8	45	63	320	1-1/4"

(1) La temperatura máxima de trabajo para los modelos LPIC-01 y LPIC-02 es de 135°C, para el resto de 155°C.

(2) La presión máxima de trabajo para los modelos LPIC-01 a LPIC-05 es de 16 bar, para el resto de 25 bar.

(3) Potencia definida según: Primario 90/60°C y secundario 10/50°C.

Opcional: otras presiones, temperaturas o fluidos.

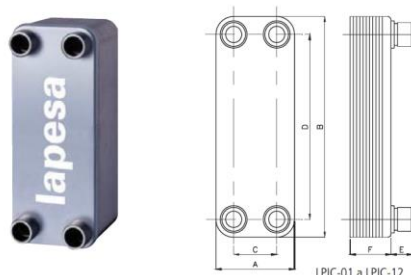


Figura 40: Elección Intercambiador. Fuente Lapesa.

2.12 Dimensionado del circuito secundario o de descarga

El circuito estará compuesto por una red de tuberías que permitirán que el fluido circule desde el interacumulador a los intercambiadores de cada vivienda.

El caudal nominal en cada tramo del circuito se obtiene sumando los caudales nominales de los intercambiadores (0,265 L/s) alimentados por dicho tramo. Estos valores se pueden reducir utilizando un coeficiente de simultaneidad si se diseña un circuito de distribución de caudal variable con válvulas de 2 vías a la salida de cada intercambiador. El factor de simultaneidad se puede obtener utilizando la siguiente expresión:

$$FS = \frac{1}{\sqrt{N - 1}} + 0,17$$

Donde N es el número de intercambiadores alimentados.

Intercambiadores	Caudal (L/s)	FS	Caudal Corregido (L/s)
1	0,265	1,00	0,265
2	0,530	1,00	0,530
3	0,795	0,88	0,697
4	1,060	0,75	0,792
6	1,590	0,62	0,981
8	2,120	0,55	1,162
9	2,385	0,52	1,249
10	2,650	0,50	1,334
12	3,180	0,47	1,499
20	5,300	0,40	2,117
24	6,360	0,38	2,407
32	8,480	0,35	2,965
44	11,660	0,32	3,760

Tabla 32: Caudal corregido por simultaneidad. Fuente propia.

Dado los caudales utilizados hay que resaltar, asimismo, la necesidad de controlar el consumo eléctrico de la bomba del circuito.

Intercambiadores	Caudal (L/s)	Caudal (L/h)
1	0,265	954
2	0,530	1908
3	0,697	2509
4	0,792	2851
6	0,981	3532
8	1,162	4183
9	1,249	4496
10	1,334	4802
12	1,499	5396
20	2,117	7621
24	2,407	8665
32	2,965	10674
44	3,760	13536

Tabla 33: Caudal en L/h. Fuente propia.

Tras conocer los caudales se van a calcular los diámetros para cada tramo, siguiendo la misma metodología que para el circuito primario.

Pérdidas de carga unitarias (Pa/m)						
D(°)	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
D(mm)	19,05	25,40	31,75	38,10	50,80	63,50
1	500	126	44	18	5	2
2	1729	433	149	62	16	5
3	2835	708	242	101	26	9
4	3573	891	304	127	32	11
6	5274	1310	447	186	47	16
8	7185	1781	606	252	63	22
9	8201	2030	691	287	72	25
10	9253	2288	778	323	81	28
12	11464	2829	961	399	100	34
20	21686	5317	1799	744	186	64
24	27523	6731	2274	940	234	80
32	40595	9886	3330	1374	342	117
44	63355	15349	5153	2121	526	179

Tabla 34: Pérdidas de carga unitarias en función del diámetro. Fuente propia.

Velocidad (m/s)						
D(°)	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
D(mm)	19,05	25,40	31,75	38,10	50,80	63,50
1	0,93	0,52	0,33	0,23	0,13	0,08
2	1,86	1,05	0,67	0,46	0,26	0,17
3	2,45	1,38	0,88	0,61	0,34	0,22
4	2,78	1,56	1,00	0,69	0,39	0,25
6	3,44	1,94	1,24	0,86	0,48	0,31
8	4,08	2,29	1,47	1,02	0,57	0,37
9	4,38	2,46	1,58	1,10	0,62	0,39
10	4,68	2,63	1,68	1,17	0,66	0,42
12	5,26	2,96	1,89	1,31	0,74	0,47
20	7,43	4,18	2,67	1,86	1,04	0,67
24	8,44	4,75	3,04	2,11	1,19	0,76
32	10,40	5,85	3,74	2,60	1,46	0,94
44	13,19	7,42	4,75	3,30	1,86	1,19

Tabla 35: Velocidad en función del diámetro. Fuente propia.

Como se puede ver tras calcular los posibles diámetros en función de la pérdida de carga máxima por metro de tubería y en función de la velocidad del fluido, se han elegido los diámetros de la tabla 36 que cumplen con margen la normativa vigente (Perdidas de carga unitarias < 400 Pa/m; v < 2 m/s).

Intercambiadores	Caudal (L/h)	Velocidad final (m/s)	Diámetro final (°)	Diámetro (mm)
1	954	0,52	1	25,40
2	1908	0,67	1 1/4	31,75
3	2509	0,88	1 1/4	31,75
4	2851	1,00	1 1/4	31,75
6	3532	0,86	1 1/2	38,10
8	4183	1,02	1 1/2	38,10
9	4496	1,10	1 1/2	38,10
10	4802	1,17	1 1/2	38,10
12	5396	1,31	1 1/2	38,10
20	7621	1,04	2	50,80
24	8665	1,19	2	50,80
32	10674	1,46	2	50,80
44	13536	1,19	2 1/2	63,50

Tabla 36: Diámetros obtenidos para alimentación de diferentes números de intercambiadores. Fuente propia.

Una vez conocidos los diámetros, se va a realizar el cálculo de pérdidas de carga para cada circuito.

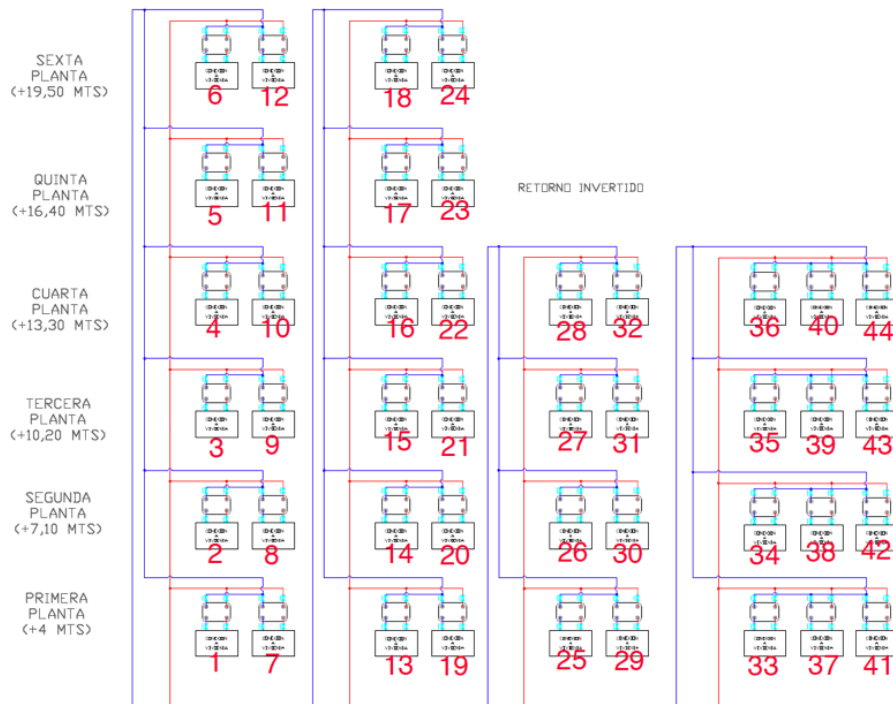


Figura 41: Esquema de principio con intercambiadores numerados. Fuente propia.

La numeración de cada circuito se corresponde con el camino seguido por el fluido y que pasa por el intercambiador con el mismo número, como aparece marcado en el esquema anterior.

Círculo	Pérdida de carga (kPa)	Desequilibrio (kPa)	Desequilibrio (%)
1	76,97	12,92	14,38
2	77,51	12,39	13,78
3	77,35	12,55	13,96
4	77,35	12,55	13,96
5	77,51	12,39	13,78
6	76,63	13,27	14,77
7	76,97	12,92	14,38
8	77,51	12,39	13,78
9	77,35	12,55	13,96
10	77,35	12,55	13,96
11	77,51	12,39	13,78
12	76,63	13,27	14,77
13	72,65	17,25	19,19
14	73,18	16,72	18,60
15	73,02	16,88	18,78
16	73,02	16,88	18,78
17	73,18	16,72	18,60
18	72,30	17,60	19,58
19	72,65	17,25	19,19
20	73,18	16,72	18,60
21	73,02	16,88	18,78
22	73,02	16,88	18,78

Tabla 37: Pérdidas de carga y desequilibrios para cada circuito. Parte 1. Fuente propia.

Circuito	Pérdida de carga (kPa)	Desequilibrio (kPa)	Desequilibrio (%)
23	73,18	16,72	18,60
24	72,30	17,60	19,58
25	75,71	14,19	15,79
26	75,77	14,13	15,72
27	75,77	14,13	15,72
28	75,51	14,39	16,01
29	75,71	14,19	15,79
30	75,77	14,13	15,72
31	75,77	14,13	15,72
32	75,51	14,39	16,01
33	89,57	0,33	0,37
34	89,61	0,29	0,32
35	89,61	0,29	0,32
36	89,26	0,64	0,72
37	89,86	0,04	0,05
38	89,90	0,00	0,00
39	89,90	0,00	0,00
40	89,55	0,35	0,39
41	89,47	0,43	0,47
42	89,52	0,38	0,42
43	89,52	0,38	0,42
44	89,16	0,74	0,82

Tabla 38: Pérdidas de carga y desequilibrios para cada circuito. Parte 2. Fuente propia.

La pérdida de carga máxima es de 89,90 kPa.

Se ha realizado un diseño de la instalación utilizando retorno invertido. Aun así, en los circuitos que haya más de un 10% de desequilibrio se instalarán en obra válvulas de equilibrado para solventar esta diferencia.

2.13 Dimensionado de la bomba circuladora del circuito secundario

Tras los cálculos realizados, se tiene una bomba que debe mover un caudal de 3,76 L/s y vencer una pérdida de carga de 89,90 kPa ($H=9,1$ m, $Q=13,54$ m³/h). Con esta información y tras mirar varios catálogos de distintos fabricantes, se ha optado por el modelo de bomba Stratos MAXO-Z 65/0,5-12 PN10 del fabricante Wilo.

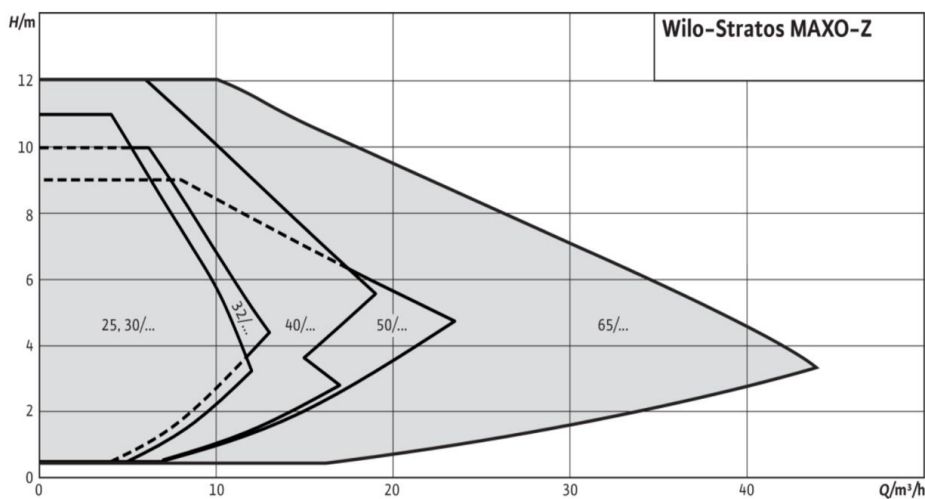


Figura 42: Curva característica de la serie Stratos-MAXO-Z. Fuente Wilo.

2.14 Dimensionado del vaso de expansión del circuito secundario

El vaso de expansión se dimensiona siguiendo la misma metodología que para el circuito primario. Por lo tanto, es necesario calcular el volumen mínimo para lo que se usa la siguiente ecuación:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p$$

Donde:

- V = Volumen total del vaso de expansión (litros)
- C_e = Coeficiente de dilatación del fluido
- C_p = Coeficiente de presión del gas

Volumen

El volumen de fluido es la suma del que contienen las tuberías y el que transcurre por los intercambiadores. A este volumen se le aplicará un coeficiente de seguridad del 10%. Tras el cálculo del volumen que hay en cada tramo, se ha calculado el volumen total, obteniéndose 944,1 L. Por lo tanto:

$$V = 944,1 \cdot 1,1 = 1038,5 L$$

Coeficiente de expansión

Como la temperatura de la instalación va a estar por debajo de 70°C vamos a utilizar la siguiente fórmula:

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

Se ha obtenido un $C_e = 0,01505$, para una temperatura máxima de 60°C.

Coeficiente de presión

El coeficiente de presión se calcula a través de la siguiente ecuación:

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

Donde P_M y P_m son la presión máxima y la presión mínima del vaso respectivamente.

$$P_M = 10 \text{ bar} ; P_m = P_0 + 1 + 0,5 = 3,86 \text{ bar} ; P_0 = 2,36 \text{ bar}$$

Con estos valores se obtiene un $C_p = 1,629$.

Por lo tanto, el vaso de expansión ha de tener entonces un volumen de al menos:

$$V_t = 1038,5 \cdot 0,01505 \cdot 1,629 = 35,5 L$$

El vaso de expansión elegido para el circuito primario es un vaso de 35 litros de la marca Termicol cuya referencia es 706SOL035. Dicho vaso sería instalado junto a la bomba de circulación como se puede apreciar en el esquema de principios en los planos adjuntos.

2.15 Cálculo del espesor de aislamiento en tuberías del circuito secundario

Al igual que para el circuito primario, se va a seguir la instrucción técnica 1.2.4.2.1. Aislamiento térmico de redes de tuberías del RITE; siguiendo el procedimiento simplificado para el cálculo del espesor mínimo de aislamiento.

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 39: Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios. Fuente RITE.

Además, según la normativa a los espesores mínimos de aislamiento obtenidos hay que sumarles 5 mm para aquellas redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo. Por lo tanto, los espesores de aislamiento necesarios son los que aparecen en la tabla 40.

Diámetro (")	Diámetro (mm)	Espesor de aislamiento (mm)	Longitud (m)
1	25,4	30	76,88
1 1/4	31,75	30	138,51
1 1/2	38,1	35	252,04
2	50,8	35	53,81
2 1/2	63,5	35	75,97

Tabla 40: Espesor de aislamiento en función del diámetro. Fuente propia.

2.16 Selección de accesorios

2.16.1 Estructura soporte de captadores

La estructura soporte debe cumplir las exigencias de seguridad del CTE. Su cálculo, la construcción y su sistema de fijación permitirá las dilataciones térmicas necesarias, sin transferir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

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

Los topes de sujeción de los captadores y la estructura no arrojarán sombra sobre los captadores de filas contiguas.

Teniendo en cuenta esto, se ha elegido una estructura soporte de acero galvanizado para 4 Captadores T25US (Ref.: 451VU24) de la marca Termicol.

2.16.2 Accesorios del circuito primario

Válvulas

- Válvulas de corte: Situadas a la entrada y salida de los diferentes equipos.

- Una válvula a la entrada otra a la salida de cada agrupación de captadores. (12 válvulas)
- Una en a la entrada y salida de cada cada bomba, y de cada grupo de bombas. (6 válvulas)
- Una en el llenado y otra en el vaciado. (2 válvulas)
- Una para el vaso de expansión. (1 válvula)
- Una a la entrada y otra a la salida del interacumulador. (2 válvulas)
- Válvulas de retención: Situada en las salidas de las bombas de circulación (2 válvulas) y en el llenado (1 válvula)
- Válvulas de seguridad: Una junto al vaso de expansión. (1 válvula)

Purgadores

Se situarán en los puntos altos de las salidas de las baterías de captadores solares; y en todos los puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado.

Fluido caloportador

Según el fabricante de los captadores solares, se recomienda que se haga el llenado del circuito con un fluido caloportador que contenga aditivos anticongelantes y anticorrosivos haciendo que el sistema esté protegido contra congelación por heladas y contra la posible corrosión del sistema. No obstante, los captadores pueden usar agua como fluido en todas aquellas zonas en las que las temperaturas invernales lo permitan.

En esta instalación se usará una mezcla de agua con glicol en un 20%. El fluido anticongelante será suministrado por Termicol.

2.16.3 Accesorios del circuito secundario

Válvulas

- Válvulas de corte: Situadas a la entrada y salida de los diferentes equipos.
- Válvulas de retención: Situada en las salidas de las bombas de circulación.
- Válvulas de seguridad: Una junto al vaso de expansión.
- Válvulas de 2 vías: Una a la salida de cada intercambiador.

2.16.4 Sistema de control

El sistema de control también se encarga de proteger la instalación manteniendo una cierta temperatura, de manera que no se supere la temperatura mínima, para ello cuando se va a alcanzar esta temperatura, la bomba del primario deja circular el agua; en cuanto a la temperatura máxima no está regulada, para ello haría falta la colocación de un aerotermo.

Cuando la temperatura a la salida de captadores es inferior a la temperatura del depósito más 2°C la centralita manda la orden para que la bomba se detenga; y la pone en funcionamiento cuando la temperatura a la salida de los captadores solares supera en 6°C a la temperatura del agua del depósito.

La bomba del circuito secundario funciona de forma continua dentro del horario seleccionado en un reloj programador.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores, de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación.

2.16.5 Sistema de monitorización

Como la instalación supera los 20 m² se deberá disponer de un sistema analógico de medida local que indique como mínimo las siguientes variables:

Instalación de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria en un edificio de viviendas

- Temperatura inferior del acumulador solar.
- Temperatura de captadores.

El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar acumulada a lo largo del tiempo.

3 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS

3.1 Objeto

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas que debe cumplir la instalación solar térmica de baja temperatura para la producción de ACS en un edificio de viviendas en la ciudad de Sevilla, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad.

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

3.2 Normativa aplicable

Se deberá cumplir con los requisitos exigidos en las siguientes normativas:

- Pliego de Especificaciones Técnicas para Instalaciones de Energía Solar Térmica a Baja temperatura.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), y sus Instrucciones Complementarias.
- Código Técnico de la Edificación. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (CTE-DB-HE4).
- Norma UNE-EN 12975-1:2006. “Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares.”
- Además, se cumplirá con toda la normativa de carácter regional y local (Ordenanzas, etc).

3.3 Condiciones materiales y equipos

3.3.1 Tuberías

En los circuitos primarios podrán utilizarse tuberías de cobre y de acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embreadas y protección exterior con pintura anticorrosiva.

En los circuitos secundarios de la instalación podrán utilizarse tuberías de cobre, de acero negro, de acero inoxidable o material plástico compatibles con el fluido que utilizan.

En los circuitos de agua caliente sanitaria podrán utilizarse cobre y acero inoxidable. Podrán utilizarse materiales plásticos que estén autorizadas por la normativa vigente.

Las tuberías de materiales plásticos deberán soportar las condiciones extremas de presión y temperatura del circuito. En condiciones de funcionamiento nominal, las tuberías deberán tener una vida útil garantizada por el fabricante superior a 50 años.

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.

Cuando sea imprescindible utilizar en el mismo circuito materiales diferentes, se tomarán las medidas necesarias en función de las características del circuito, del fluido de trabajo y de los materiales de las tuberías.

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 accesorios, o que no estén protegidos contra la oxidación por su fabricante, se les aplicará dos capas de pintura antioxidante a base de resinas sintéticas acrílicas multipigmentadas por minio de plomo, cromado de zinc y óxido de hierro. Las dos manos de pintura se dan una fuera de obra y otra ya con el tubo instalado.

Accesorios:

- *Compensadores de dilatación:*

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

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

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

- *Juntas:*

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

- *Lubricante de roscas:*

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

- *Derivaciones:*

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

- *Codos en bombas:*

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

- *Sombretes:*

Necesario 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:*

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

- *Purgadores de aire:*

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

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

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

- *Vaciados:*

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

- *Conexiones a equipos:*

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

3.3.2 Válvulas

Generalidades

Las válvulas llevarán 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 clapeta o de muelle (disco partido).

A los efectos de esta guía no se permitirá la utilización de válvulas de compuerta.

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

- *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 clapeta:*

Cuerpo y tapa de bronce o latón. Asiento y clapeta de bronce. Conexiones rosca hembra.

- *Válvulas de retención de muelle:*

Cuerpo y tapa de bronce o latón. Asiento y clapeta 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 deberá protegerse adecuadamente frente a los agentes atmosféricos de forma que se evite su deterioro.

Como protección del material aislante se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio. En el caso de que el aislamiento esté basado en espuma elastomérica se podrán usar pinturas plásticas impermeables cuya exposición prolongada al sol no afecte a sus propiedades fundamentales.

En el caso de acumuladores e intercambiadores de calor situados a la intemperie, podrán usarse forros de telas plásticas como protección del material aislante.

3.3.4 Vasos de expansión

Los vasos de expansión serán siempre cerrados.

El vaso de expansión llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Marcado CE, si procede.
- Nombre y señas de identificación del fabricante
- Marca y modelo
- Año y número de fabricación.
- Volumen total (en litros)
- Presión máxima de trabajo (en bar)
- Temperatura máxima de trabajo (en °C)

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

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

Los vasos de expansión instalados a la intemperie deberán estar expresamente diseñados para ello.

3.3.5 Bombas

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

- Fabricante
- Marca
- Modelo
- Características eléctricas

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

3.3.6 Captadores

Generalidades

El captador llevará una etiqueta visible y duradera, que además de cumplir los requisitos establecidos en el CTE, disponga de los datos establecidos en la norma UNE 12975-1:

- 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
- Fabricado en.....

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 transmisividad 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 sólo por materiales metálicos.

La instalación de sistemas integrados en cubierta se debe 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 deberán proceder de los resultados del ensayo realizado conforme a 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.

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 $\pm 5\%$ 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.

En caso de rehabilitación o ampliación de instalaciones, el captador debería ser del mismo modelo y características que los existentes y la instalación resultante debería cumplir con los requisitos indicados.

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 deben 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 deben protegerse mediante galvanizado por inmersión en caliente, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes.

La realización de taladros en la estructura se deberá llevar a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería y piezas auxiliares deberían estar protegidas por galvanizado o zincado, o bien serán de acero inoxidable.

3.3.7 Sistema eléctrico y de control

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

El usuario estará protegido contra posibles contactos directos e indirectos.

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

El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control estará, como mínimo, entre 10 °C y 50 °C.

El tiempo mínimo entre fallos especificados por el fabricante del sistema de control diferencial no será inferior a 7000 horas.

Los sensores de temperaturas soportarán las máximas temperaturas previstas en el lugar en que se ubiquen. Deberán soportar sin alteraciones de más de 1 °C, para agua caliente sanitaria, 100 °C.

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

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos. No se permite el uso permanente de termómetros o sondas de contacto.

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

3.3.8 Aparatos de medida

Medida de temperatura

Las medidas de temperatura se realizarán mediante sensores de temperatura.

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

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

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

Medida de caudal

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

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

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

Medida de energía

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

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

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

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

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

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

Medida de presión

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

El equipamiento mínimo de apartados de medición será el siguiente:

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

3.3.9 Acumuladores

Generalidades

El acumulador llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en la que aparecerán, entre otros, los siguientes datos:

- Marcado CE, si procede.
- Nombre y señas de identificación del fabricante
- Marca y modelo
- Año y número de fabricación.
- Volumen (en litros)
- Presión máxima de trabajo (en bar)
- Temperatura máxima de trabajo (en °C)

Los acumuladores que se utilizarán en las instalaciones de energía solar según el tipo de aplicación son los siguientes:

- Acumuladores de agua caliente sanitaria
- Acumuladores de inercia

Los acumuladores de las instalaciones de energía solar pueden disponer de uno o más intercambiadores de calor incorporados. En estos casos se denominarán interacumuladores.

3.3.10 Intercambiadores de calor

Intercambiadores externos

El intercambiador llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita 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 electrosoldadas.

El material de las placas será acero inoxidable o cobre.

Intercambiadores incorporados

Los datos del intercambiador aparecerán en la placa de identificación del interacumulador. Se indicarán, además de los datos del acumulador, los siguientes:

- Área de intercambio térmico (en m²)
- Presión máxima de trabajo del circuito primario (en bar)

Se recomienda añadir la temperatura máxima de trabajo del circuito primario (en °C)

Se podrán utilizar intercambiadores de serpentín, de doble envolvente o de tipo vaila.

El material de fabricación será acero inoxidable o cobre.

3.4 Provisión de material

Los componentes instalados deberán de 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 el acopio de 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 embalados deban quedarse temporalmente a la intemperie, se colocarán con un ángulo mínimo de 20° y máximo de 80°.

3.5 Condiciones de montaje

3.5.1 Generalidades

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

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

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

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

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

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

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidas durante el transporte, el almacenamiento y el montaje.

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

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

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

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

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

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

3.5.2 Montaje de estructura soporte y captadores

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

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

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

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

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

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

3.5.3 Montaje del interacumulador

Se tendrá en cuenta la accesibilidad a éste, para operaciones de sustitución o reparación.

3.5.4 Montaje de bomba

Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser fácilmente desmontado. El acoplamiento de una bomba en línea con la tubería podrá ser de tipo roscado hasta el diámetro DN32.

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

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

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

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

3.5.5 Montaje de tuberías y accesorios

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

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

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

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

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

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

Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos, como cuadros o motores. No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

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

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

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

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

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

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

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

3.5.6 Montaje de aislamiento

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

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

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

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

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

3.6 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 período 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.

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 debería quedar expresamente aprobado su montaje antes de quedar ocultos.

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

- Pruebas a equipos:

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

- Pruebas de estanqueidad de redes hidráulicas:

Todas las redes de circulación de fluidos portadores 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 con la norma 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 llevarán hasta la temperatura de estancamiento de los elementos de seguridad habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática. Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se comprobará visualmente que no hayan tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión haya funcionado correctamente.

3.6.3 Pruebas finales

La instalación deberá ser ajustada los valores del proyecto dentro de los márgenes admisibles de tolerancia. Se realizará de acuerdo con la norma UNE 100.010 (parte 1, 2 y 3).

- *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 de 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 atraviesa.

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

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

- *Control automático:*

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

3.6.4 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 por parte de la propiedad, con lo que se da por finalizado el montaje de la instalación.

El acto de recepción provisional quedará formalizado por un acta donde figuren 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 incluyan 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 la 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 de los resultados de las pruebas parciales y finales.
 - Un manual de instrucciones de funcionamiento de los equipos principales de la instalación.
- *Recepción definitiva:*

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

3.7 Mantenimiento

3.7.1 Generalidades

Se realizará un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo) por un período de tiempo al menos igual que el de la garantía.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión cada seis meses para instalaciones con superficies superiores a 20 m².

Las medidas a tomar en el caso de que algún mes del año el aporte solar sobrepase el 110% de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100% son las siguientes:

- Vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, habrá de ser repuesto por un fluido de características similares, debiendo incluirse este trabajo en su caso entre las labores del contrato de mantenimiento.
- Tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario.
- Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes o redimensionar la instalación con una disminución del número de captadores.

En el caso de optarse por las soluciones expuestas en los puntos anteriores, deberán programarse y detallarse dentro del contrato de mantenimiento las visitas a realizar para el vaciado parcial/tapado parcial del campo de captadores y reposición de las condiciones iniciales. Estas visitas se programarán de forma que se realicen una antes y otra después de cada período de sobreproducción energética. También se incluirá dentro del contrato de mantenimiento un programa de seguimiento de la instalación que prevendrá los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos producidos en los citados períodos y en cualquier otro período del año.

3.7.2 Programa de mantenimiento

Objeto

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

Criterios generales

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:

- a) Vigilancia
- b) Mantenimiento preventivo
- c) Mantenimiento correctivo

a) Plan de vigilancia

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Será llevado a cabo, normalmente, por el usuario, que, asesorado por el instalador, observará el correcto comportamiento y estado de los elementos, y tendrá un alcance similar al descrito en la tabla 41.

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

Tabla 41: Plan de vigilancia. Fuente IDAE

b) Plan de mantenimiento preventivo

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

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión cada seis meses de la instalación para aquellas instalaciones con una superficie de captación superior a $20 m^2$, como es el caso.

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

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

En las tablas 42, 43, 44, 45, 46, 47 se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria, la periodicidad mínima establecida (en meses) y descripciones en relación con las prevenciones a observar.

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

IV: Inspección visual

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

Tabla 42: Sistema de captación. Fuente IDAE

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

Tabla 43: Sistema de acumulación. Fuente IDAE

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

CF: Control de funcionamiento.

Tabla 44: Sistema de intercambio. Fuente IDAE

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

CF: Control de funcionamiento.

IV: Inspección visual.

Tabla 45: Circuito hidráulico. Fuente IDAE

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

CF: Control de funcionamiento.

Tabla 46: Sistema eléctrico y de control. Fuente IDAE

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

Tabla 47: Sistema de energía auxiliar. Fuente IDAE

c) Mantenimiento correctivo

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

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

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

3.8 Garantías

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

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

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

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

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran

resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

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

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

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

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación, lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá el aviso en un plazo de:

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

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que dicha demora sea inferior a 15 días naturales.

4 PRESUPUESTO Y MEDICIONES

4.1 Sistema de captación

Ref.	Concepto	Unidad	Medición	Precio Unitario (€/ud)	Total (€)
1.1	Captador Solar T25US (Ref.: 301A02T25) TERMICOL o similar: Captador solar plano de aluminio de meandro. - A. útil=2,4 m ² - n0=0,8 - a1=3,93 W/m ² K - a2=0,026 W/m ² K - Qensayo=72 L/hm ² - Capacidad=1,27 litros. - Peso=39 kg - Alto selectivo. - Absortividad: 95%, Emisividad:5% - Perfiles de aluminio extrusionado y anodizado. - Aislamiento: Lana de vidrio.	ud	24	550,00 €	13.200,00 €
1.2	Estructura soporte (451VU24) TERMICOL o similar: Estructura soporte de acero galvanizado para 4 captadores.	ud	6	441,00 €	2.646,00 €
1.3	Racores de conexión 3/4" (Ref.: 709TC1818) TERMICOL o similar	ud	36	5,00 €	180,00 €
1.4	Conexión Bateria de Captadores Batcap (Ref.: 215BATCAPO) TERMICOL o similar: Contiene: Tapón compresión tubo cobre 16; reducción 3/4"; racor macho 3/4"; cruz 3/4"; válvula de esfera 3/4"; purgador automático 3/4"; Válvula de seguridad 6 bar.	ud	6	120,00 €	720,00 €
1.5	Fluido caloportador 25 litros (Ref.:707CGF0025) TERMICOL o similar	ud	1	180,00 €	180,00 €
				TOTAL	16.926,00 €

4.2 Sistema de interacumulación

Ref.	Concepto	Unidad	Medición	Precio Unitario (€/ud)	Total (€)
2.1	Interacumulador solar MVV 5000 SB LAPESA o similar: Depósito vitrificado con serpentines. - Volumen=5000 L - Peso=1100 kg - D=1910 mm - A. intercambiador=8,4 m ²	ud	1	12.237,00 €	12.237,00 €
				TOTAL	12.237,00 €

4.3 Sistema hidráulico primario

Ref.	Concepto	Unidad	Medición	Precio Unitario (€/ud)	Total (€)
3.1	Bomba de circulación STRATOS-Z 25/1-8 WILO o similar - Q _{max} =8,8 m ³ /h - H _{max} =8 m - Índice de eficiencia energética (IEE): 0,20 - Consumo de potencia (mín.): 9,0 W - Entrada de corriente P1 max.: 125,0 W - Regulación de velocidad: Convertidor de frecuencia - Alimentación: 230V 50 Hz - Velocidad mínima: 1400 rpm - Velocidad máxima: 3700 rpm	ud	1	1.700,00 €	1.700,00 €
3.2	Vaso de expansión 35 litros (Ref.: 706SOL035) TERMICOL o similar	ud	1	208,00 €	208,00 €
3.3	Set de conexión vaso de expansión (Ref.: 704SETCGB) TERMICOL o similar	ud	1	47,00 €	47,00 €
3.4	Tubería de cobre de 3/4" SALVADOR ESCODA o similar	ml	139,73	5,24 €	732,19 €
3.5	Tubería de cobre de 1" SALVADOR ESCODA o similar	ml	64,87	7,04 €	456,68 €
3.6	Tubería de cobre de 1-1/4" SALVADOR ESCODA o similar	ml	74,03	9,17 €	678,86 €

3.7	Codo de cobre de 3/4" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	5	1,61 €	8,05 €
3.8	Codo de cobre de 1" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	1	2,57 €	2,57 €
3.9	Codo de cobre de 1-1/4" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	1	11,75 €	11,75 €
3.10	Unión/Bifurcación T de cobre de 3/4" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	1	2,93 €	2,93 €
3.11	Unión/Bifurcación T de cobre de 1" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	1	5,33 €	5,33 €
3.12	Válvula de corte 3/4" SALVADOR ESCODA o similar	ud	12	9,15 €	109,80 €
3.13	Válvula de corte 1-1/4" SALVADOR ESCODA o similar	ud	11	20,08 €	220,88 €
3.14	Valvula de retención 1-1/4" SALVADOR ESCODA o similar	ud	3	13,30 €	39,90 €
3.15	Válvula de seguridad 1-1/4" Tarado 8 bar SALVADOR ESCODA o similar	ud	1	94,24 €	94,24 €
3.16	Filtro de asiento inclinado 1-1/4" SALVADOR ESCODA o similar	ud	1	18,67 €	18,67 €
3.17	Aislamiento de 40 mm para tubería 3/4" SALVADOR ESCODA o similar	ml	139,73	13,39 €	1.870,98 €
3.18	Aislamiento de 40 mm para tubería 1" SALVADOR ESCODA o similar	ml	64,87	14,72 €	954,89 €
3.19	Aislamiento de 40 mm para tubería 1-1/4" SALVADOR ESCODA o similar	ml	6,32	18,60 €	117,55 €
3.20	Aislamiento de 32 mm para tubería 1-1/4" (Ref.: AL 04 196) SALVADOR ESCODA o similar	ml	67,71	9,29 €	629,03 €
				TOTAL	7.909,29 €

4.4 Sistema hidráulico secundario

Ref.	Concepto	Unidad	Medición	Precio Unitario (€/ud)	Total (€)
4.1	Bomba de circulación STRATOS MAXO-Z 65/0,5-12 PN 10 WILO o similar: - Qmax=52 m ³ /h - Hmax=16 m - Índice de eficiencia energética (IEE): 0,17 - Consumo de potencia (mín.): 15,0 W - Entrada de corriente P1 max.: 1450,0 W - Regulación de velocidad: Convertidor de frecuencia - Alimentación: 230V 50 Hz - Velocidad mínima: 400 rpm - Velocidad máxima: 3200 rpm	ud	1	4.000,00 €	4.000,00 €
4.2	Vaso de expansión 35 litros (Ref.: 706SOL035) TERMICOL o similar	ud	1	208,00 €	208,00 €
4.3	Set de conexión vaso de expansión (Ref.: 704SETCGB) TERMICOL o similar	ud	1	47,00 €	47,00 €
4.4	Tubería de cobre de 1" SALVADOR ESCODA o similar	ml	76,88	7,04 €	541,24 €
4.5	Tubería de cobre de 1-1/4" SALVADOR ESCODA o similar	ml	138,51	9,17 €	1.270,14 €
4.6	Tubería de cobre de 1-1/2" SALVADOR ESCODA o similar	ml	252,04	12,18 €	3.069,85 €
4.7	Tubería de cobre de 2" SALVADOR ESCODA o similar	ml	53,81	18,79 €	1.011,09 €
4.8	Tubería de cobre de 2-1/2" SALVADOR ESCODA o similar	ml	75,97	35,42 €	2.690,86 €
4.9	Codo de cobre de 1" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	7	2,57 €	17,99 €
4.10	Codo de cobre de 1-1/4" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	10	11,75 €	117,50 €
4.11	Codo de cobre de 1-1/2" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	2	16,74 €	33,48 €
4.12	Codo de cobre de 2" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	1	20,32 €	20,32 €
4.13	Codo de cobre de 2-1/2" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	1	31,47 €	31,47 €

4.14	Unión/Bifurcación T de cobre de 1" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	9	5,33 €	47,97 €
4.15	Unión/Bifurcación T de cobre de 1-1/4" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	7	17,66 €	123,62 €
4.16	Unión/Bifurcación T de cobre de 1-1/2" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	3	20,47 €	61,41 €
4.17	Unión/Bifurcación T de cobre de 2" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	1	28,52 €	28,52 €
4.18	Unión/Bifurcación T de cobre de 2-1/2" SALVADOR ESCODA o similar Bolsa de 10 unidades	ud	1	31,84 €	31,84 €
4.19	Válvula de corte 1" SALVADOR ESCODA o similar	ud	88	13,86 €	1.219,68 €
4.20	Válvula de corte 2-1/2" SALVADOR ESCODA o similar	ud	8	32,16 €	257,28 €
4.21	Válvula de seguridad 2-1/2" SALVADOR ESCODA o similar	ud	1	123,17 €	123,17 €
4.22	Valvula de retención 2-1/2" SALVADOR ESCODA o similar	ud	3	29,19 €	87,57 €
4.23	Aislamiento de 32 mm para tubería 1" SALVADOR ESCODA o similar	ml	76,88	8,61 €	661,94 €
4.24	Aislamiento de 32 mm para tubería 1-1/4" SALVADOR ESCODA o similar	ml	138,51	9,29 €	1.286,76 €
4.25	Aislamiento de 40 mm para tubería 1-1/2" SALVADOR ESCODA o similar	ml	252,04	12,31 €	3.102,61 €
4.26	Aislamiento de 40 mm para tubería 2" SALVADOR ESCODA o similar	ml	53,81	18,83 €	1.013,24 €
4.27	Aislamiento de 40 mm para tubería 2-1/2" SALVADOR ESCODA o similar	ml	75,97	33,17 €	2.519,92 €
				TOTAL	23.624,46 €

4.5 Sistema de intercambiadores

Ref.	Concepto	Unidad	Medición	Precio Unitario (€/ud)	Total (€)
5.1	Intercambiador de placas compacto modelo LPIC-02 LAPESA o similar: - Temperatura máxima: 135 °C - Presión máxima: 16 bar - Líquido/Líquido - Número de placas: 20 - Caudal máximo: 2000 L/h (50°C) - Potencia: 90 kW - Conexión 3/4"	ud	44	226,00 €	9.944,00 €
				TOTAL	9.944,00 €

4.6 Sistema de control y regulación

Ref.	Concepto	Unidad	Medición	Precio Unitario (€/ud)	Total (€)
6.1	Centralita para control CENTRALI-18 TERMICOL o similar Termicol XTDC con 5 sondas (6 relé mecánico, 2 conexiones PWM, 8 entradas PT1000)	ud	1	870,00 €	870,00 €
6.2	Termómetro (Ref.: AC 71 542) SALVADOR ESCODA o similar: - Termómetro de esfera de 80 mm - Medida de Tª: 0°C - 100°C - Vaina de 50 o 100 mm	ud	2	24,70 €	49,40 €
6.3	Manómetro (Ref.: IM 31 305) SALVADOR ESCODA o similar: - Manómetro de esfera de 63 mm con glicerina - Presión: 0-25 bar	ud	4	5,00 €	20,00 €
				TOTAL	939,40 €

4.7 Total

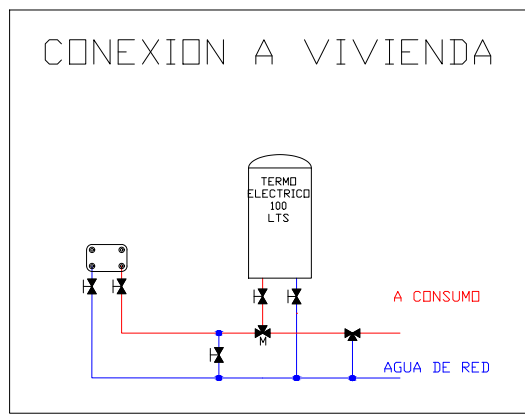
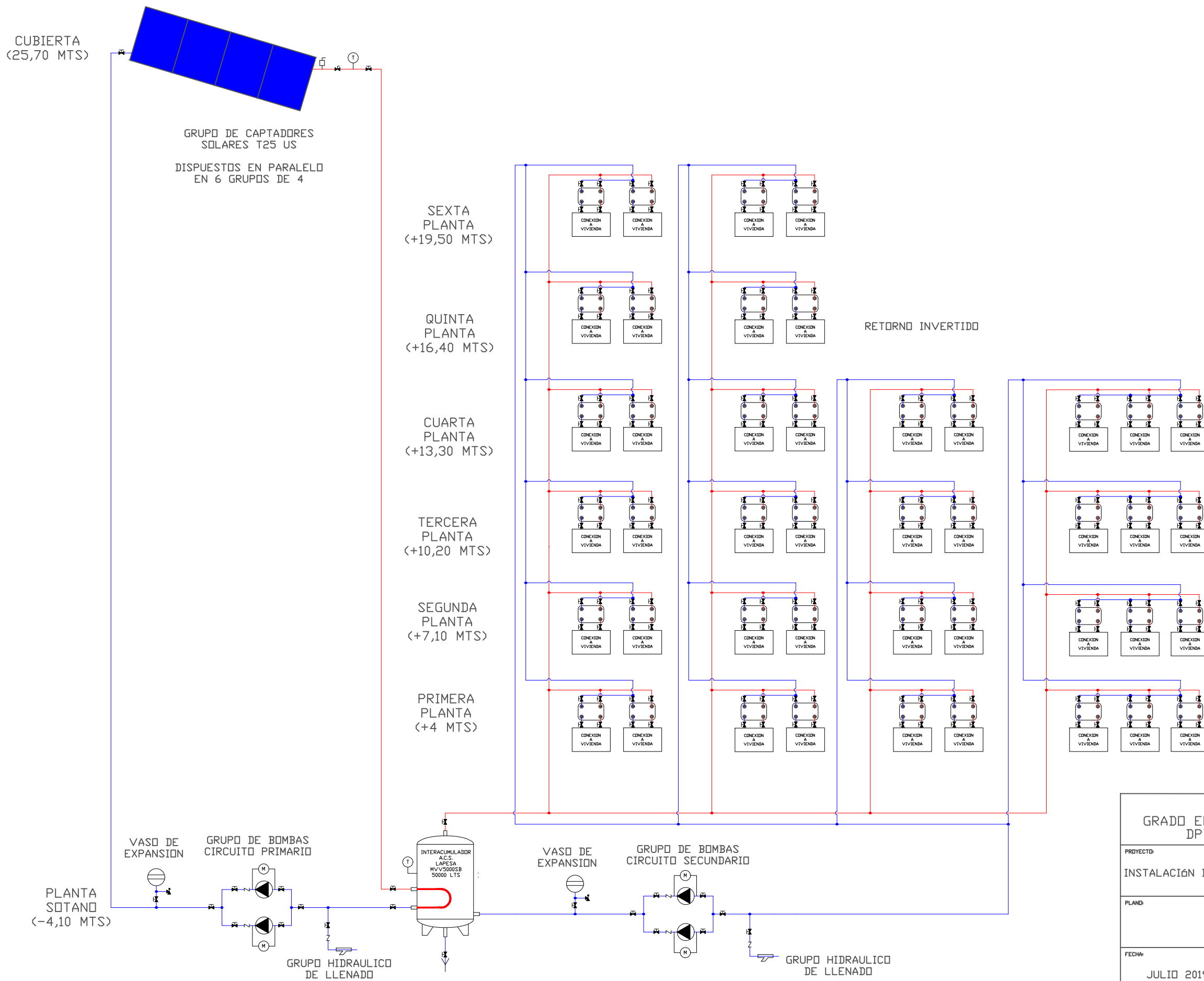
1. Sistema de captación	16.926,00 €
2. Sistema de interacumulación	12.237,00 €
3. Sistema hidráulico Primario	7.909,29 €
4. Sistema hidráulico Secundario	23.624,46 €
5. Sistema de intercambiadores	9.944,00 €
6. Sistema de control y regulación	939,40 €
<hr/>	
TOTAL (Sin IVA)	71.580,15 €
<hr/>	
IVA (21%)	15.031,83 €
<hr/>	
TOTAL INSTALACIÓN	86.611,99 €

El coste de la instalación por metro cuadrado de captación resulta de: 1.443,53 €/m².

5 PLANOS



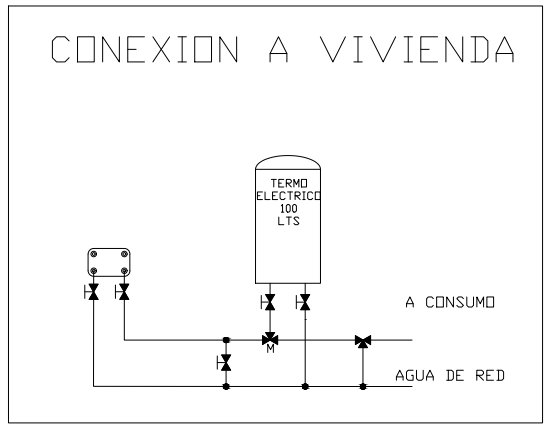
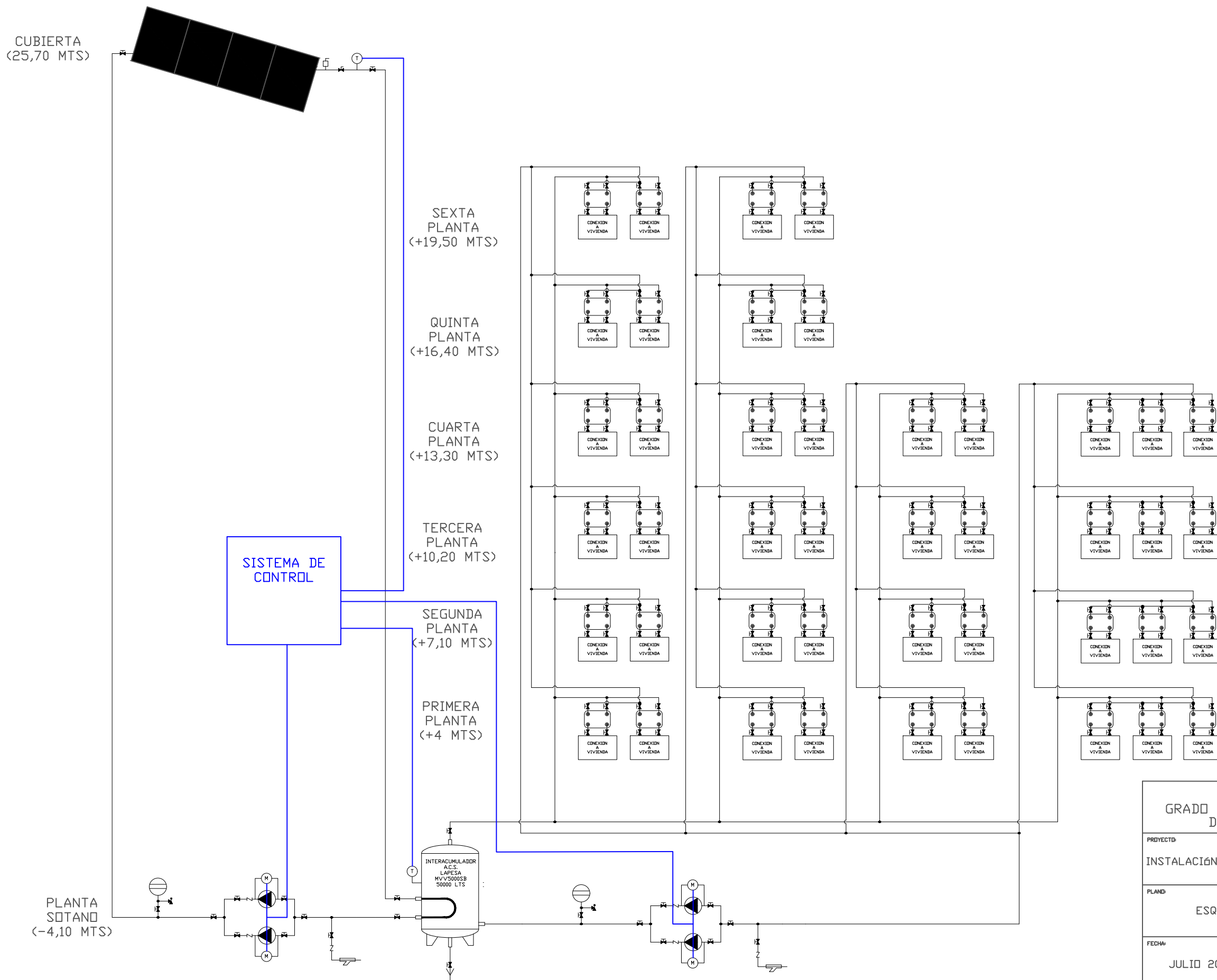
TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERÍA ENERGÉTICA E.T.S.I. SEVILLA			
PROYECTO: INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS			
PLANO: SITUACION			PLANO NÚMERO: 1
FECHA: JULIO 2019	AUTOR: OSCAR POZO HERNANDEZ	ESCALA: -	



	AGUA CALIENTE
	AGUA FRIA

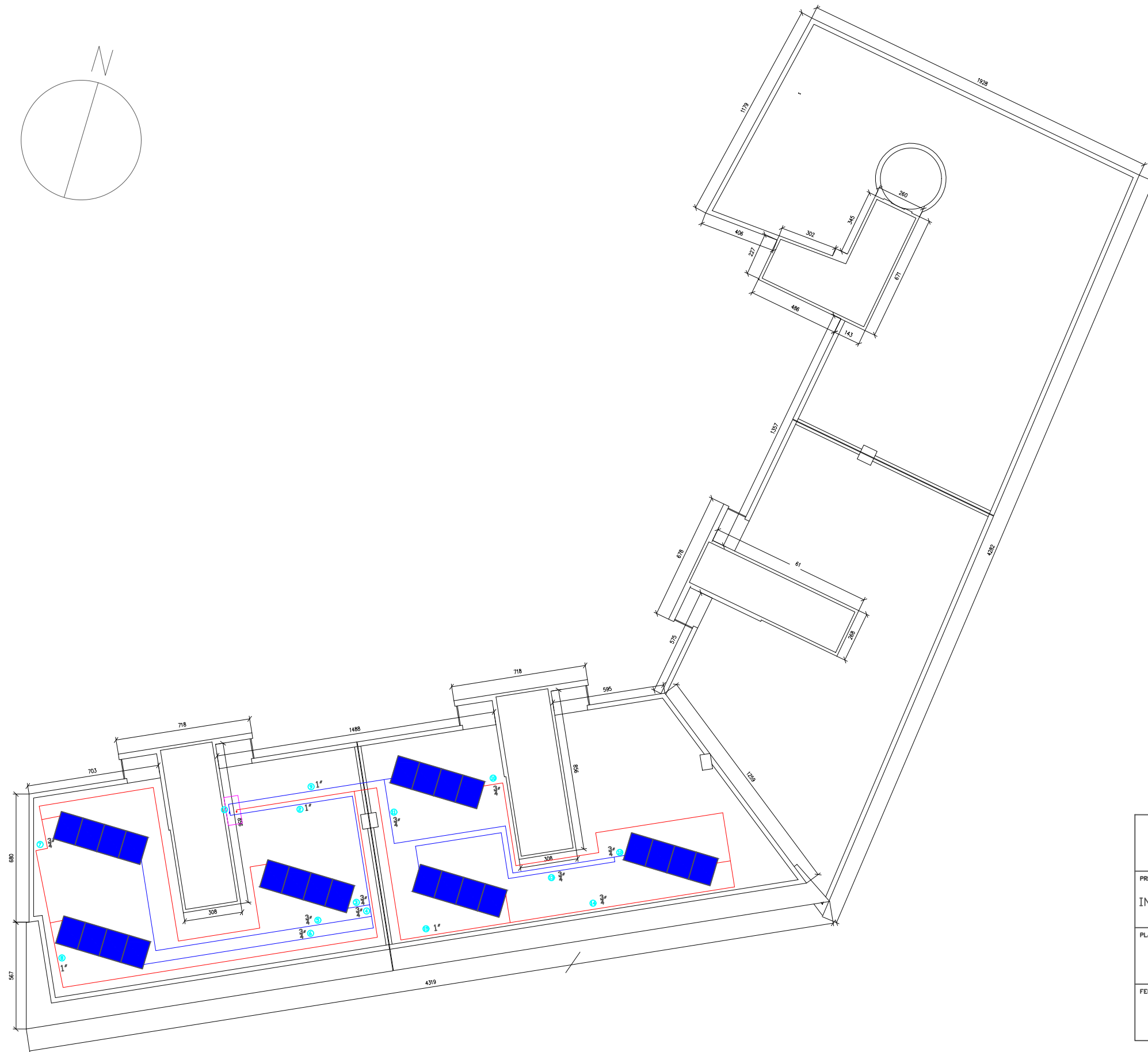
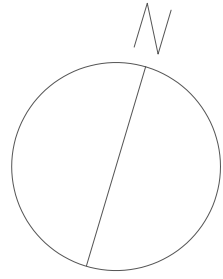
	VALVULA DE CORTE
	VALVULA DE SEGURIDAD
	TERMOMETRO
	MANOMETRO
	VALVULA DE RETENCION
	PURGADOR DE AIRE
	VALVULA DE VACIADO
	VIA DE DESAGUE
	FILTRO DE ASIENTO INCLINADO
	BOMBA
	INTERCAMBIADOR
	VALVULA MEZCLADORA TERMOESTATICA
	VALVULA DE 3 VIAS

TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERÍA ENERGÉTICA E.T.S.I. SEVILLA		
PROYECTO: INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		
PLANO:	ESQUEMA DE PRINCIPIO	PLANO NÚMERO: 2
FECHA: JULIO 2019	AUTOR: OSCAR POZO HERNANDEZ	ESCALA: -

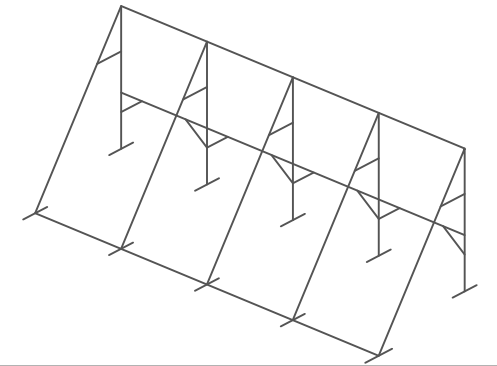


SISTEMA DE CONTROL	
	SISTEMA DE CONTROL
	VALVULA DE CORTE
	VALVULA DE SEGURIDAD
	TERMOMETRO
	MANOMETRO
	VALVULA DE RETENCION
	PURGADOR DE AIRE
	VALVULA DE VACIADO
	VIA DE DESAGUE
	FILTRO DE ASIENTO INCLINADO
	BOMBA
	INTERCAMBIADOR
	VALVULA MEZCLADORA TERMOESTATICA
	VALVULA DE 3 VIAS

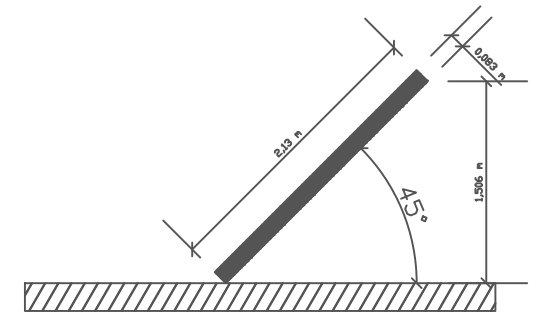
TRABAJO FIN DE GRADO		
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES		
DPTO. INGENIERÍA ENERGÉTICA E.T.S.I. SEVILLA		
PROYECTO: INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		
PLANO:	ESQUEMA DE PRINCIPIO DEL SISTEMA DE CONTROL	PLANO NÚMERO: 3
FECHA:	JULIO 2019	AUTOR: OSCAR POZO HERNANDEZ
		ESCALA: -



ESTRUCTURA CAPTADORES



INCLINACION CAPTADORES



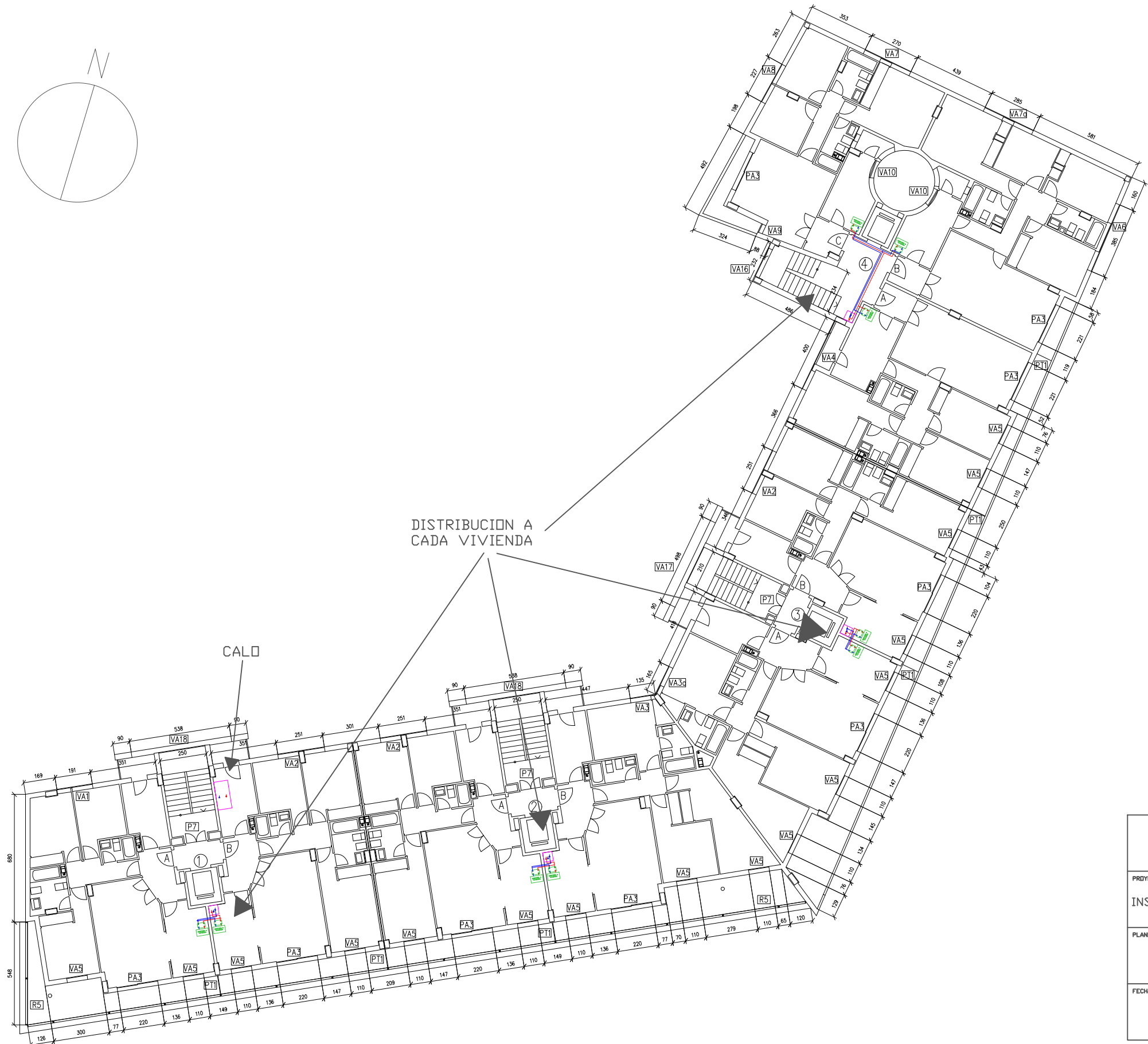
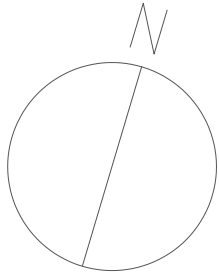
	AGUA FRIA
	AGUA CALIENTE
	CALD
	ELEMENTOS DE LA INSTALACION
	CAPTADOR SOLAR





TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
DPTO. INGENIERÍA ENERGÉTICA E.T.S.I. SEVILLA

PROYECTO:
INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE
SANITARIA EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS

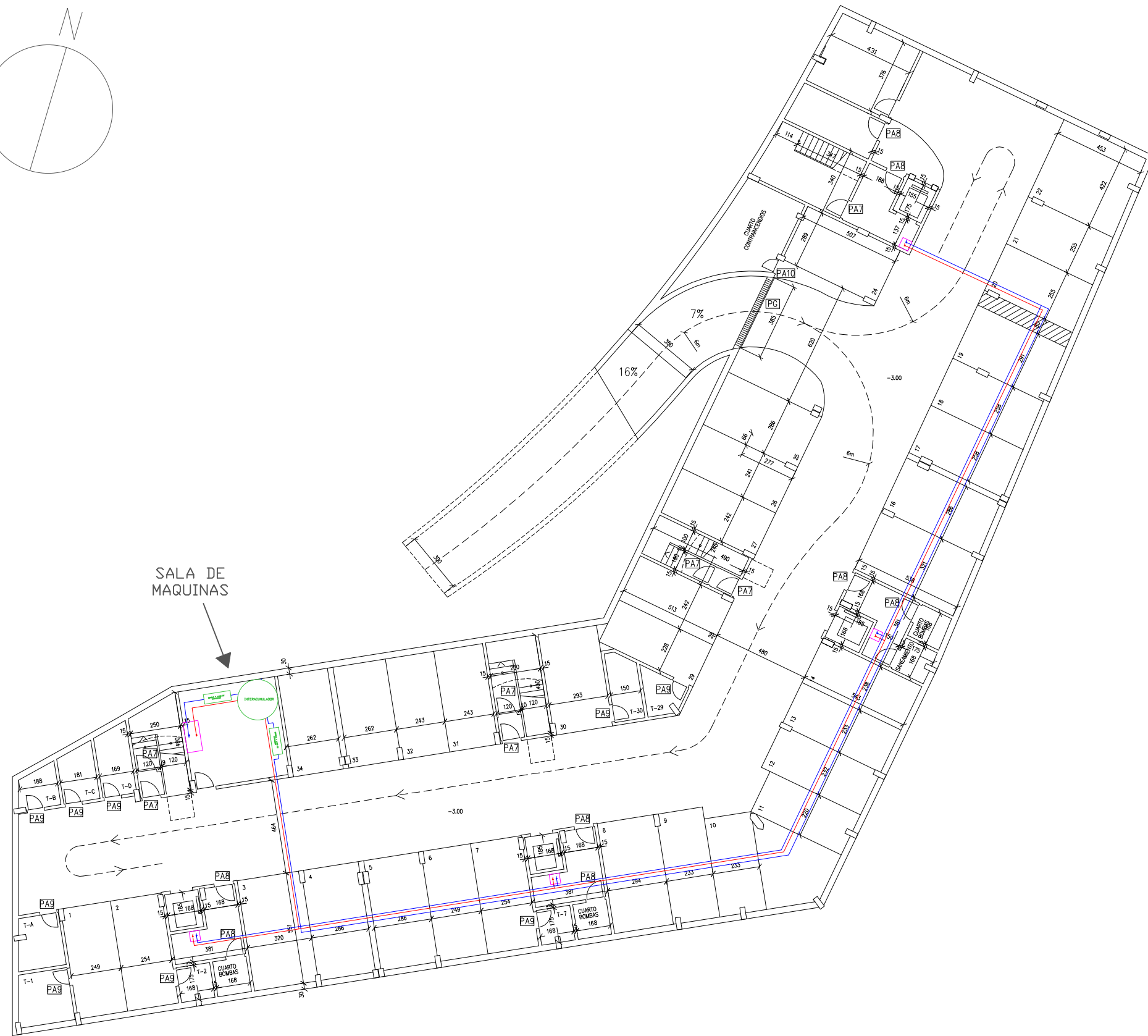
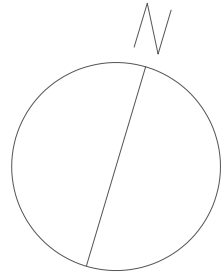
PLANO:	PLANTA CUBIERTA	PLANO NUMERO:	4
--------	-----------------	---------------	---

FECHA:	JULIO 2019	AUTOR:	OSCAR POZO HERNANDEZ	ESCALA:	1:250
--------	------------	--------	----------------------	---------	-------







	AGUA FRIA
	AGUA CALIENTE
	CALD
	ELEMENTOS DE LA INSTALACION

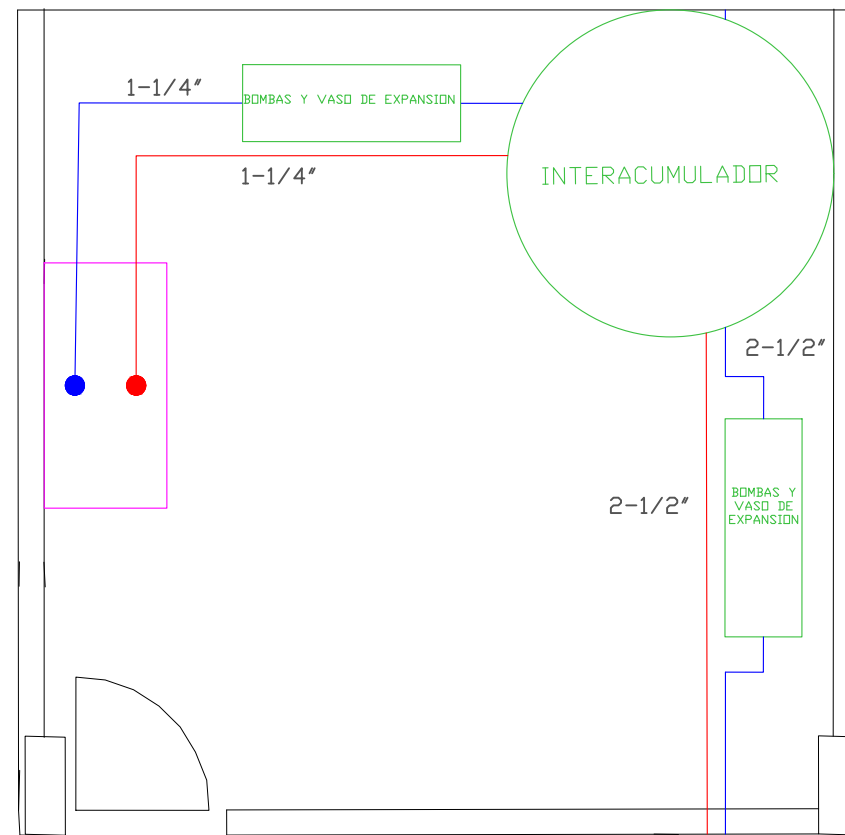
TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERÍA ENERGÉTICA E.T.S.I. SEVILLA		
PROYECTO: INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		
PLANO: PLANTA TIPO	PLANO NUMERO: 5	
FECHA: JULIO 2019	AUTOR: OSCAR POZO HERNANDEZ	ESCALA: 1:250







SALA DE MAQUINAS

	AGUA FRIA
	AGUA CALIENTE
	CALD
	ELEMENTOS DE LA INSTALACION

TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERÍA ENERGÉTICA E.T.S.I. SEVILLA		
PROYECTO: INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		
PLANO: PLANTA SÓTANO	PLANO NÚMERO: 6	
FECHA: JULIO 2019	AUTOR: OSCAR POZO HERNANDEZ	ESCALA: 1:250



	AGUA FRIA
	AGUA CALIENTE
	CALDO
	ELEMENTOS DE LA INSTALACION

TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES DPTO. INGENIERÍA ENERGÉTICA E.T.S.I. SEVILLA		
PROYECTO: INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS		
PLANO: SALA DE MAQUINAS	PLANO NUMERO: 7	
FECHA: JULIO 2019	AUTOR: OSCAR POZO HERNANDEZ	ESCALA: 1:50