

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de la Energía

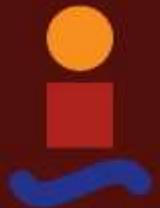
Diseño de una instalación solar para la producción de agua caliente en un bloque de viviendas.

Autor: José Antonio Sánchez Parralejo

Tutor: Jose Julio Guerra Macho

Departamento Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de la Energía

Diseño de una instalación solar para la producción de agua caliente en un bloque de viviendas.

Autor:

José Antonio Sánchez Parralejo

Tutor:

Jose Julio Guerra Macho

Catedrático de Universidad

Departamento de Ingeniería Energética

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020

Proyecto Fin de Carrera: Diseño de una instalación solar para la producción de agua caliente en un bloque de viviendas.

Autor: José Antonio Sánchez Parralejo

Tutor: Jose 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, 2020

El Secretario del Tribunal

A mi familia, por apoyarme en cada una de las decisiones que he determinado

A mi hermana María Isabel, por hacerme el camino más fácil desde el primer momento.

A mis amigos, mi familia sevillana, por cada uno de los momentos vividos, haciendo inolvidable esta etapa.

Resumen

Este proyecto realiza el diseño de una instalación solar de baja temperatura para el abastecimiento de agua caliente sanitaria (ACS) de una urbanización de cuatro bloques de viviendas situada en la localidad de San Fernando, Cádiz.

En el diseño, se realizarán los cálculos necesarios para el dimensionamiento y la selección de todos los equipos que forman la instalación para que funcione correctamente.

Abstract

This Project designs a low-temperature solar installation for the provide of sanitary hot wáter of an urbanization of four apartament blocks, located in San Fernando, Cádiz.

Regarding the design, the necessary calculations for the dimensions are included, as well as the selection of all the equipament required for installation, to it will work correctly.

Índice de contenidos

Resumen	IX
Abstract	XI
Índice de contenidos	XIII
Índice de Tablas	XVII
Índice de Figuras	XIX
Índice de gráficas	XXI
1 MEMORIA DESCRIPTIVA	1
1.1. Objeto del proyecto	3
1.2. Antecedentes	3
1.2.1. Energía Solar Térmica en España	3
1.2.2. Energía Solar en Andalucía	3
1.2.3. Parques de viviendas en Andalucía	4
1.3. Principio de funcionamiento de la instalación	6
1.3.1. Descripción de los sistemas	7
1.4. Método de cálculo	9
1.5. Descripción del edificio	13
1.6. Esquema de principio	14
1.6.1. Elementos principales de la instalación	17
1.7. Características técnicas de los equipos	18
1.8. Normativa	25
1.8.1. Código Técnico de la edificación (CTE), 2019	25
1.8.2. Normas UNE	26
1.8.3. Reglamento de Instalaciones Térmicas en la edificación (RITE)	26
1.9. Bibliografía	27
2 MEMORIA DE CÁLCULO	29
2.1. Introducción	31
2.2. Datos de partida	31
2.2.1. Parámetros generales del edificio	31
2.2.2. Parámetros climatológicos	31
2.2.3. Radiación sobre superficie inclinada	31
2.3. Cálculo de la demanda	35
2.3.1. Cálculo de la demanda de ACS	35
2.3.2. Cálculo de la demanda energética	36
2.4. Cálculo de la superficie de captación y volumen de acumulación	39
2.4.1. Edificio Tipo I	39
2.4.2. Edificio Tipo II	41
2.5. Distancia entre captadores	43
2.6. Pérdidas por orientación e inclinación	44
2.7. Dimensionado del equipo de intercambio	44
2.7.1. Edificio Tipo I	45
2.7.2. Edificio Tipo II	45

2.8. <i>Cálculos sobre la red de tuberías</i>	46
2.8.1. Fluido del circuito primario	46
2.8.2. Caudal del circuito primario	48
2.8.3. Pérdida de carga de los captadores	48
2.8.4. Dimensionado de la red de tuberías	49
2.9. <i>Dimensionado del grupo de bombeo</i>	53
2.9.1. Edificio Tipo I	53
2.9.2. Edificio Tipo II	54
2.10. <i>Dimensionado del vaso de expansión</i>	55
2.10.1. Edificio Tipo I	56
2.10.2. Edificio Tipo II	57
2.11. <i>Cálculo de los aislamientos</i>	57
2.11.1. Aislamiento en tuberías	57
2.11.2. Aislamiento en depósitos de acumulación	58
2.12. <i>Selección de accesorios</i>	59
3 ANEXOS	61
4 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	68
4.1. <i>Objeto</i>	70
4.2. <i>Normativa aplicable</i>	70
4.3. <i>Condiciones de materiales y equipos</i>	70
4.3.1. Captadores	70
4.3.2. Acumuladores	71
4.3.3. Intercambiadores	72
4.3.4. Bombas	73
4.3.5. Tuberías	74
4.3.6. Vasos de expansión	74
4.3.7. Aislamiento	75
4.3.8. Válvulas	75
4.3.9. Accesorios	76
4.3.10. Aparatos de medida	78
4.3.11. Sistema eléctrico y de control	79
4.4. <i>Provisión del material</i>	80
4.5. <i>Condiciones de montaje</i>	80
4.6. <i>Pruebas, puesta en marcha y recepción</i>	80
4.6.1. General	80
4.6.2. Pruebas parciales	81
4.6.3. Pruebas finales	81
4.6.4. Ajustes y equilibrado	81
4.6.5. Recepción	82
4.7. <i>Mantenimiento</i>	83
4.7.1. Vigilancia	83
4.7.2. Mantenimiento preventivo	84
4.7.3. Mantenimiento correctivo	85
5 MEDICIONES Y PRESUPUESTO	88
5.1. <i>Presupuesto Edificio Tipo I</i>	90
5.1.1. Sistema de captación	90
5.1.2. Sistema de acumulación	90
5.1.3. Sistema de intercambio	91
5.1.4. Sistema hidráulico	91
5.1.5. Sistema de control	93
5.1.6. Caseta metálica	93

5.1.7. Presupuesto total Edificio Tipo I	94
5.2. <i>Presupuesto Edificio Tipo II</i>	95
5.2.1. Sistema de captación	95
5.2.2. Sistema de acumulación	95
5.2.3. Sistema de intercambio	96
5.2.4. Sistema hidráulico	96
5.2.5. Sistema de control	97
5.2.6. Caseta metálica	98
5.2.7. Presupuesto Edificio Tipo II	98
5.3. <i>Presupuesto total</i>	99
6 PLANOS	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características técnicas del Captador Solar TERMICOL P21.	18
Tabla 2. Caída de presión del Captador Solar TERMICOL P21.	19
Tabla 3. Características técnicas de los intercambiadores.	21
Tabla 4. Características técnicas de la bomba WILO TOP Z 40/7.	22
Tabla 5. Características técnicas de la bomba WILO TOP Z 30/7.	23
Tabla 6. Datos de la ubicación.	31
Tabla 7. Datos climatológicos de San Fernando.	31
Tabla 8. Declinación y ángulo horario.	32
Tabla 9. Índice de claridad medio.	33
Tabla 10. Radiación global horizontal directa y difusa.	33
Tabla 11. Radiación global sobre superficie inclinada.	34
Tabla 12. Temperatura media del agua de red en Sevilla.	37
Tabla 13. Demanda energética mensual del Edificio Tipo I.	37
Tabla 14. Demanda energética mensual del Edificio Tipo II.	38
Tabla 15. Datos del Captador solar Termicol P21.	39
Tabla 16. Límites de las pérdidas por orientación e inclinación y sombras.	44
Tabla 17. Condiciones de operación del intercambiador DP/LA14 de 40 placas.	45
Tabla 18. Condiciones de operación del intercambiador DP/LA14 de 20 placas	46
Tabla 19. Porcentaje de propilenglicol en función de su temperatura de congelación.	46
Tabla 20. Caída de presión del Captador Solar TERMICOL P21.	49
Tabla 21. Caudal límite en función del diámetro.	49
Tabla 22. Longitud equivalente de los accesorios.	50
Tabla 23. Pérdida de carga total de por tramos del Edificio Tipo I.	51
Tabla 24. Circuitos y desequilibrios del Edificio Tipo I.	51
Tabla 25. Pérdida de carga total del Edificio Tipo II.	52
Tabla 26. Circuitos y desequilibrios del Edificio Tipo II.	53
Tabla 27. Condiciones de operación de la bomba Wilo-Top-Z 40/7.	54
Tabla 28. Condiciones de operación de la bomba Wilo-Top-Z 30/7.	55
Tabla 29. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios.	58
Tabla 30. Espesores mínimos en función del diámetro del Edificio Tipo I.	58
Tabla 31. Espesores mínimos en función del diámetro del Edificio Tipo II.	58
Tabla 32. Plan de vigilancia.	83
Tabla 33. Plan de mantenimiento del sistema de captación.	84
Tabla 34. Mantenimiento del sistema de acumulación.	84
Tabla 35. Mantenimiento del sistema de intercambio.	85

Tabla 36. Mantenimiento del sistema de distribución.	85
Tabla 37. Mantenimiento del sistema de control.	85
Tabla 38. Mantenimiento del sistema auxiliar.	85
Tabla 39. Presupuesto total de la instalación para el bloque de edificios.	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de energía solar térmica generada por región en España en 2018.	3
Figura 2. Situación de la energía solar en Andalucía a 31 de diciembre de 2019.	4
Figura 3. Objetivos de la Estrategia Energética 2020.	5
Figura 4. Esquema general de un sistema de energía solar para ACS.	6
Figura 5. Captador Solar Plano.	8
Figura 6. Pestaña "Localización" de CHEQ4.	10
Figura 7. Pestaña "Configuración" de CHEQ4.	10
Figura 8. Pestaña "Demanda" de CHEQ4.	11
Figura 9. Pestaña "Solar/Apoyo" de CHEQ4.	11
Figura 10. Pestaña "Otros parámetros" de CHEQ4.	12
Figura 11. Pestaña "Resultados" de CHEQ4.	12
Figura 12. Ubicación de la urbanización.	13
Figura 13. Urbanización.	13
Figura 14. Numeración de los bloques de la urbanización.	14
Figura 15. Esquema de principio del Edificio Tipo I.	15
Figura 16. Esquema de principio del Edificio Tipo II.	16
Figura 17. Dimensiones del Captador Solar TERMICOL P21.	19
Figura 18. Estructura para cubierta plana del Captador Solar TERMICOL P21.	20
Figura 19. Perfiles, apoyos y uniones de las baterías de captadores.	20
Figura 20. Características Técnicas de los depósitos MXV2500RB y MXV2000RB.	20
Figura 21. Cotas acumulador solar LAPESA.	21
Figura 22. Bomba WILO TOP Z.	21
Figura 23. Dimensiones de la bomba WILO TOP Z 40/7.	22
Figura 24. Dimensiones de la bomba WILO TOP Z 30/7.	23
Figura 25. Vaso de expansión modelo 2 SMF.	24
Figura 26. Características técnicas del vaso de expansión 2 SMF.	24
Figura 27. Sistema de Control LTDC-V3 .	25
Figura 28. Demanda de referencia a 60°C.	35
Figura 29. Separación mínima entre captadores.	43
Figura 30. Esquema de identificación de los tramos de la instalación I.	50
Figura 31. Esquema de identificación de los tramos de la instalación II.	52

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Grafica 1. Radiación global sobre superficie horizontal e inclinada.	35
Grafica 2. Demanda energética mensual del Edificio Tipo I.	38
Grafica 3. Demanda energética mensual del Edificio Tipo II.	39
Grafica 4. CS en función del número de captadores del Edificio Tipo I.	40
Grafica 5. CS en función de V/A del Edificio Tipo I.	40
Grafica 6. CS en función del número de captadores en serie del Edificio Tipo I.	41
Grafica 7. CS en función del número de captadores del Edificio Tipo II.	42
Grafica 8. CS en función de V/A del Edificio Tipo II.	42
Grafica 9. CS en función del número de captadores en serie del Edificio Tipo II.	43
Grafica 10. Densidad de una disolución de propilenglicol, en función de la temperatura.	47
Grafica 11. Calor específico de una disolución de propilenglicol, en función de la temperatura.	48
Grafica 12. Selección de la bomba Wilo-Top-Z para el Edificio Tipo I.	54
Grafica 13. Selección de la bomba Wilo-Top-Z para el Edificio Tipo II.	55
Grafica 14. Desglose del presupuesto por sistemas del Edificio Tipo I.	94
Grafica 15. Desglose del presupuesto por sistemas del Edificio Tipo II.	99

1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. Objeto del proyecto

El objetivo de este proyecto es el diseño y dimensionado de una instalación de energía solar térmica de baja temperatura para la producción de ACS de una urbanización situada en la localidad de San Fernando, Cádiz. Previamente se realizará un estudio sobre las condiciones climatológicas del emplazamiento y sobre la demanda de ACS del edificio, necesario para la obtención de la demanda mínima que exige el Código Técnico de la Edificación (CTE).

1.2. Antecedentes

1.2.1. Energía Solar Térmica en España

La siguiente estadística (*Figura 1*) muestra la distribución porcentual de la energía solar térmica generada en España en 2018, por comunidades autónomas. En este año, Andalucía lideró la generación de energía solar térmica, con casi un 44%, sobre la energía total producida en España. Le sigue de Extremadura, con un 36.9% de la producción.

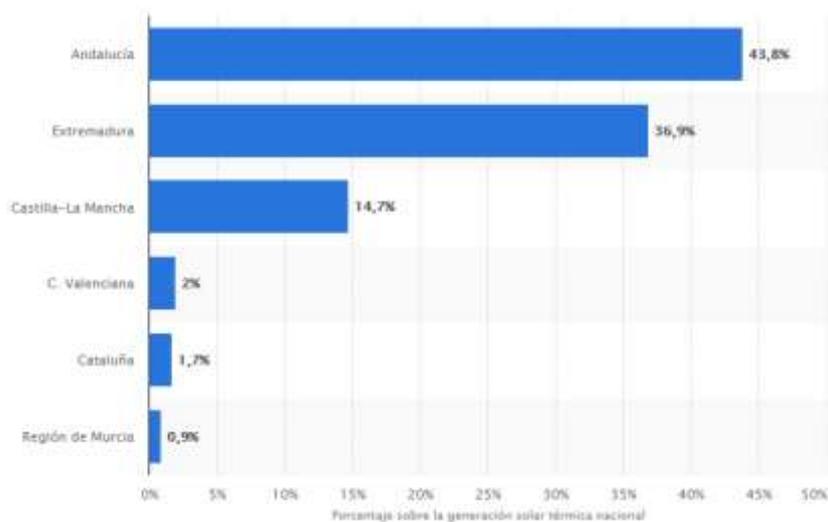


Figura 1. Porcentaje de energía solar térmica generada por región en España en 2018.

1.2.2. Energía Solar en Andalucía

Andalucía cuenta con un elevado número de horas de irradiación solar, por lo que tiene un potencial de aprovechamiento muy elevado.

Esta región ha sido pionera en la obtención de calor y electricidad a partir de la energía solar. Desde hace décadas el sol se ha convertido en uno de los recursos utilizados en los hogares andaluces para la obtención de agua caliente y climatización mediante equipos de energía solar térmica. Al mismo tiempo, los equipos fotovoltaicos de pequeña potencia conseguían abastecer las necesidades de suministro eléctrico de puntos remotos de la geografía andaluza rural sin posibilidad de red eléctrica. Con el paso de los años, los tejados de viviendas y naves industriales se han ido cubriendo de módulos fotovoltaicos que generan energía eléctrica renovable para ser consumida a través de nuestra infraestructura eléctrica.

La aplicación más extendida en el caso de las instalaciones de energía solar térmica de baja temperatura es el calentamiento de agua para uso doméstico. No obstante, cada vez son más frecuentes otros usos como el calentamiento del agua de piscinas, la calefacción y la climatización, principalmente, y ahora también para los procesos industriales usando tecnología desarrollada en Andalucía.

También la tecnología fotovoltaica ha experimentado un gran impulso con la implantación de plantas generadoras conectadas a la red, sobre suelo y en cubiertas de mediana y pequeña potencia, que han contribuido al modelo de generación distribuida en nuestra región.

Ha sido en Andalucía donde se han puesto en marcha los primeros proyectos de energía termosolar de Europa y hace años ya fue promotora de esta y otras tecnologías solares con la puesta en marcha de la Plataforma Solar de Almería. Hoy esta región dispone de una amplia muestra de tecnologías termosolares experimentales y en explotación.

	Termosolar (MW)	E.S. Térmica (m ²)	Fotovoltaica (MWp)
ALMERÍA		84.396	212,43
CADIZ	100,0	177.660	125,94
CORDOBA	299,8	50.552	249,11
GRANADA	149,7	49.858	102,17
HUELVA		87.564	124,85
JAEN		27.972	105,07
MALAGA		214.232	57,82
SEVILLA	447,9	389.758	830,85
ANDALUCIA	997,4	1.081.992	1.808,24

Figura 2. Situación de la energía solar en Andalucía a 31 de diciembre de 2019.

1.2.3. Parques de viviendas en Andalucía

Estrategia Energética 2020 en Andalucía

A través de ella, la Comunidad Autónoma asume el compromiso de afrontar el reto de la transformación de su sistema energético haciéndolo más eficiente, diversificado, descarbonizado y estable, basado en la eficiencia energética y el uso de las energías renovables.

La Estrategia Energética de Andalucía propone cinco objetivos a 2020, que permitirán a Andalucía ocupar una situación de referencia energética entre las regiones europeas: reducir un 25% el consumo tendencial de energía primaria, aportar con energías renovables el 25% del

consumo final bruto de energía, descarbonizar en un 30% el consumo de energía respecto al valor de 2007, autoconsumir el 5% de la energía eléctrica generada con fuentes renovables y mejorar un 15% la calidad del suministro energético.



Figura 3. Objetivos de la Estrategia Energética 2020.

Recoge cinco Programas de Actuación: Energía Inteligente, Mejora de la Competitividad, Mejora de las Infraestructuras y Calidad de los Servicios Energéticos, Cultura Energética y Gestión Energética en las Administraciones Públicas de Andalucía. Su ejecución se está realizando mediante Planes de Acción, actuando en todos los sectores de la sociedad andaluza.

En el primer Plan de Acción, el Plan de Acción 2016-2017, se han llevado a cabo 119 acciones, el 94% del total. Entre ellas, destacan las medidas orientadas a fomentar la generación de energía eléctrica en régimen de autoconsumo, la rehabilitación del parque público residencial, la mejora de la eficiencia energética y un mayor uso de las energías renovables en las viviendas andaluzas.

Mediante el programa Energía Inteligente (EI) se pretende favorecer la mejora de la eficiencia energética, mediante el ahorro de energía y el uso de fuentes renovables. A la vez se pretende configurar un sistema más distribuido y cercano a la demanda, apostando por el autoconsumo.

El Plan de Acción 2016-2017 recoge 16 acciones que desarrollan 7 actuaciones del Programa Energía Inteligente, de las cuales tres de ellas tratan sobre la rehabilitación energética de edificios y viviendas. Estas son las EI_4_2, EI_4_3 y EI_4_4.

- La acción EI_4_2 tiene por título el Impulso a la rehabilitación energética innovadora baja en carbono en el parque de edificios. Su objetivo es fomentar la rehabilitación energética de edificios, con especial atención a los colectivos vulnerables afectados por pobreza energética, y consolidar un mercado de empresas vinculadas al sector de la construcción sostenible, potenciando la innovación y la capacitación de los/as trabajadores/as.
- La acción EI_4_3 tiene por título la Línea de incentivos para la rehabilitación energética del parque público residencial. Su objetivo es fomentar actuaciones de mejora para luchar contra la pobreza energética, a través de la rehabilitación energética de viviendas sociales mediante una orden de incentivos a entidades públicas titulares de viviendas sociales; con el fin de dar el servicio energético mínimo necesario para asegurar la salud y el confort de las personas de forma eficiente.
- La acción EI_4_4 tiene por título la Rehabilitación energética del parque público residencial de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Su objetivo es fomentar

actuaciones de mejora para luchar contra la pobreza energética, a través de la rehabilitación de viviendas sociales, con el fin de dar el servicio energético mínimo necesario para asegurar la salud y el confort de las personas de forma eficiente, mediante actuaciones directas de la Agencia de la Vivienda y Rehabilitación de Andalucía.

En general, estos proyectos dicen que en Andalucía destaca el numeroso parque de viviendas titularidad de las administraciones públicas; especialmente el gestionado por la Agencia de la Vivienda y Rehabilitación de Andalucía (AVRA): 84.343 viviendas públicas que actualmente la Junta de Andalucía tiene repartidas por medio millar de municipios del territorio andaluz. Éstas se sitúan en un porcentaje muy elevado, en ámbitos urbanos desfavorecidos en los que se concentra una población caracterizada por su vulnerabilidad social; y en inmuebles, especialmente de tipología residencial plurifamiliar, de notable antigüedad, que requieren en buena medida de actuaciones de mejora de su eficiencia energética.

Así, se realizarán con cargo a la presente acción actuaciones de reforma que favorezcan el ahorro energético, la mejora de la eficiencia energética, el aprovechamiento de las energías renovables y la reducción de emisiones de dióxido de carbono, en los edificios existentes de titularidad pública, de AVRA, destinados al uso como vivienda para familias con bajos ingresos o personas con necesidades especiales. Las intervenciones afectarán por lo general a los elementos comunes de los inmuebles: la envolvente de los edificios, las instalaciones generales, al aprovechamiento de fuentes renovables... incluyéndose en algunos casos actuaciones de carácter dotacional, reurbanización, etc. Se priorizarán los inmuebles incluidos en áreas o ámbitos delimitados acogidos a los Planes Andaluces y Estatales de Vivienda.

El objetivo de mejora que se espera conseguir con las intervenciones se alcanzará con la reducción de al menos una letra en la Escala de Calificación de Eficiencia Energética de edificios destinados a viviendas; considerándose para ello necesaria una reducción de aproximadamente un 40% del consumo energético de los inmuebles. El objetivo de mejora también contempla una reducción anual de gases de efecto invernadero, esperándose obtener unos 2,04 tCO₂ de ahorro por vivienda y año, y se pretende alcanzar resultados en relación con el cambio de comportamiento de la ciudadanía para lograr un mejor uso de la energía.

1.3. Principio de funcionamiento de la instalación

La finalidad de una instalación solar térmica es la de almacenar energía térmica. Esta se obtiene a partir de captadores solares, que reciben la radiación procedente del sol y la transforman en energía térmica cediéndosela a un fluido caloportador, que después se transferirá a otro fluido, o incluso él mismo, para ser almacenada.

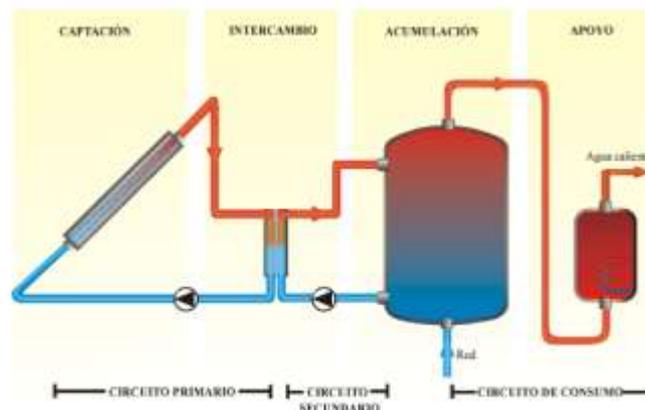


Figura 4. Esquema general de un sistema de energía solar para ACS.

Los sistemas que componen este tipo de instalaciones son:

- Sistema de captación. Está compuesto por los captadores solares y el fluido caloportador. En este sistema se transfiere la energía que recogen los captadores al fluido caloportador. Recibe el nombre de circuito primario.
- Sistema de intercambio. Este sistema transfiere el calor entre el circuito primario y el secundario, de manera que se transfiere el calor entre el fluido caloportador y el agua que se desea calentar. Este proceso se puede realizar dentro del acumulador, que recibe el nombre de interacumulador, o fuera, con un intercambiador independiente.
- Sistema de acumulación. Se trata de un depósito aislado que se encarga de acumular el agua calentada mediante el sistema de intercambio, para su uso cuando el usuario lo requiera.
- Sistema auxiliar. Es un sistema de apoyo que se utiliza para calentar el agua en el momento en el que la demanda sea mayor y no haya suficiente agua caliente en los acumuladores, o no se llegue a la temperatura deseada. Puede utilizarse para este sistema una caldera o un termo eléctrico.
- Sistema hidráulico. Está formado por las bombas de la instalación, haciendo que los fluidos circulen por toda la instalación.
- Sistema de control y regulación. Encargado de garantizar un correcto funcionamiento de la instalación. Está formado por manómetros, que actúan sobre el funcionamiento de las bombas, y por termostatos, que se encargan de evitar que el circuito primario se congele o se sobrecaliente, además de los acumuladores. Estos también se encargan de activar el sistema auxiliar cuando sea necesario.

1.3.1. Descripción de los sistemas

1) Sistema de captación

El captador Solar Plano (*Figura 5*) es un intercambiador de calor que transforma la energía procedente del Sol en energía térmica, haciendo que se aumente la temperatura del fluido caloportador que pasa por su interior.

Su principio está regido por los siguientes principios básicos:

- El aporte solar no es “controlable”.
- La demanda y el aporte 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.

Los captadores solares planos funcionan aprovechando el efecto invernadero. El vidrio actúa como filtro para ciertas longitudes de onda de la luz solar: deja pasar fundamentalmente la luz visible, y es menos transparente con las ondas infrarrojas de menor nivel de energía.

El sol incide sobre el vidrio del colector, que es transparente a la longitud de onda de la radiación visible, dejando pasar la mayor parte de la energía. Ésta calienta entonces la placa colectora que, a su vez, se convierte en emisora de radiación en onda larga (infrarrojos). Pero como el vidrio es

muy opaco para esas longitudes de onda, entra más energía de la que sale, y el recinto de la caja se calienta por encima de la temperatura exterior.

La placa absorbidora tiene unos conductos por los que circula un fluido caloportador que se calienta, y transporta esa energía térmica a donde sea necesario.

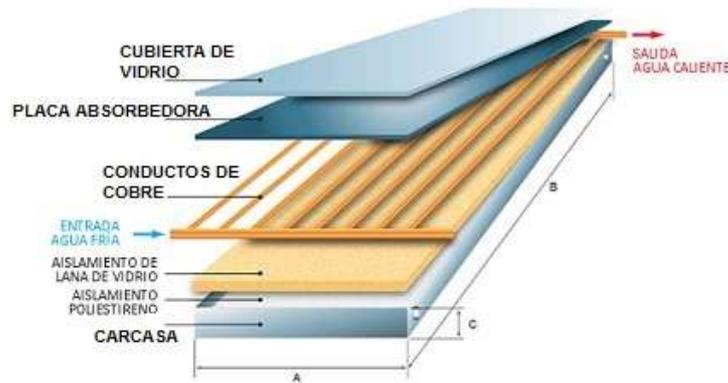


Figura 5. Captador Solar Plano.

2) Sistema de acumulación

Un acumulador es un tanque o depósito de agua reforzado por un aislante térmico que permite almacenar agua caliente para suministrarla a una instalación de ACS o de calefacción. Este almacena el agua que se calienta mediante los captadores para su posterior uso cuando exista demanda.

Su función es independizar el circuito de captación solar del circuito de consumo, por lo que en una instalación de energía solar térmica es necesario instalarlo, ya que la demanda no tiene por que producirse cuando exista radiación solar.

Requisitos del depósito de acumulación:

- Calor específico elevado del medio de acumulación.
- Pérdidas térmicas bajas (superficie exterior reducida y buen nivel de aislamiento).
- Buena estratificación de temperaturas en el acumulador.
- Vida útil al menos equivalente al del captador solar.
- Bajo coste y disponibilidad del medio de acumulación.
- Buenas propiedades medioambientales y de higiene del medio de acumulación y del acumulador.
- Capacidad de soportar las temperaturas y presiones de trabajo.

3) Sistema auxiliar

Sistema que se encarga de producir la energía térmica necesaria para el consumo de ACS cuando la energía captada no es suficiente para satisfacer la demanda del edificio. Este tipos de sistemas pueden ser con energías convencionales o eléctricos.

4) Sistema de intercambio

El intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos fluidos a través de una superficie de intercambio. El primer fluido se encuentra en el circuito primario y puede ser una mezcla de anticongelante y agua o solo agua, y el segundo fluido en el secundario, el cual es agua, que es la que recoge el calor y lo almacena en los acumuladores.

5) Sistema hidráulico

Este sistema está compuesto por varios elementos:

- Bombas. Elementos encargados de mover el fluido por los circuitos hidráulicos de la instalación. Son accionadas mediante motores eléctricos y son de velocidad variable para poder actuar en diferentes rangos de operación.
- Tuberías. Elementos encargados de transportar el fluido por todos los circuitos. Pueden ser de cobre o acero inoxidable y tienen distintos diámetros, ya que los caudales a lo largo de la instalación son diferentes.
- Válvulas. Elementos encargados de regular y controlar el fluido.
- Vasos de expansión. Tiene como fin absorber las variaciones de volumen de un fluido contenido en un circuito cerrado al variar su temperatura, manteniendo la presión entre límites preestablecidos e impidiendo, al mismo tiempo, pérdidas y reposiciones de la masa de fluido.

6) Sistema de control

Este sistema tiene como objetivo asegurar un correcto funcionamiento de la instalación. La instalación tiene que tener dispositivos de medición de la temperatura y la presión para poder actuar sobre los sistemas en función de los datos obtenidos.

Se emplean sensores de temperatura para que no se alcancen temperaturas superiores a las máximas y para controlar las mínimas, de manera que cuando esto ocurra se paren o se active el grupo de bombeo.

1.4. Método de cálculo

Para el cálculo del número de captadores y el volumen de acumulación de la instalación se emplea la herramienta informática CHEQ4. Esta permite validar el cumplimiento de la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria que establece la sección HE4 del Código Técnico de la Edificación.

No se trata de una herramienta de diseño. CHEQ4 es herramienta diseñada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA) y la Asociación Solar de la Industria Térmica (ASIT) para verificar el cumplimiento de la contribución solar mínima de diseño de instalaciones solares térmicas, además de poder comprobar que estén bien dimensionadas.

El programa consta de 6 ventanas, las cuales tienen los diferentes datos a introducir para obtener dicha verificación. A continuación se detallan todos ellos:

- Localización

En esta ventana se introduce el municipio donde se desea realizar la instalación. Una vez

introducido el software muestra los datos climáticos de la localidad, tal y como muestra la *Figura 6*.



Figura 6. Pestaña "Localización" de CHEQ4.

- Configuración

Aquí se selecciona la configuración de la instalación en función del tipo de instalación que deseemos.



Figura 7. Pestaña "Configuración" de CHEQ4.

- Demanda

Una vez definida la localización y la configuración de la instalación, se debe especificar la demanda total de ACS del edificio, dividido en consumo único o múltiple en función de la configuración elegida.

-Consumo único: se tiene que seleccionar el tipo de aplicación y el número de elementos de dicha aplicación.

-Consumo múltiple: se debe especificar el número de viviendas y dormitorios. Se considera un consumo en viviendas multifamiliares de 28 l/día·persona (a 60°C).



Figura 8. Pestaña "Demanda" de CHEQ4.

- Solar/apoyo

A continuación se selecciona el modelo de los captadores y se define las características del campo: número de captadores, captadores en serie, pérdidas por sombras, orientación e inclinación.

También se especifican los parámetros del circuito primario: caudal, anticongelante (%), longitud diámetro de la tubería, y espesor y tipo de aislante.

Además, se selecciona el tipo de sistema de apoyo.

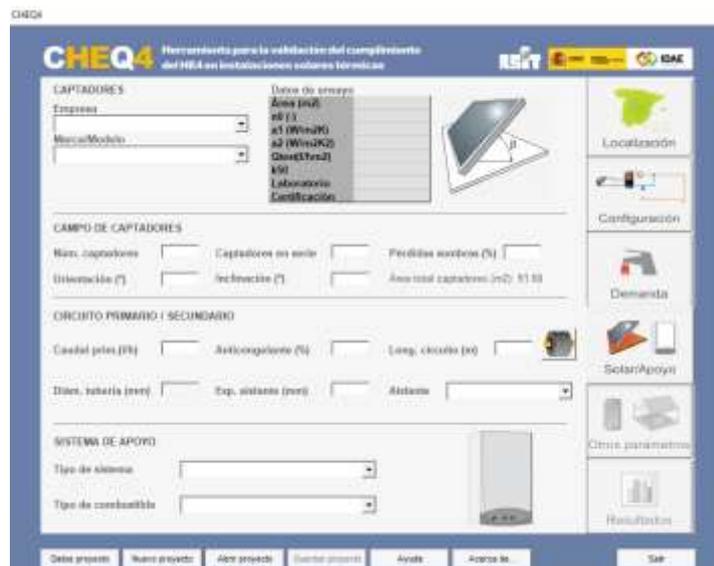


Figura 9. Pestaña "Solar/Apoyo" de CHEQ4.

- Otros parámetros

En esta ventana se introducen los últimos parámetros de la instalación, como el volumen de acumulación y las características de los circuitos de distribución.



Figura 10. Pestaña "Otros parámetros" de CHEQ4.

- Resultados

Finalmente, se muestran los resultados de la instalación, entre los que se encuentran la fracción solar, la demanda neta y bruta, el aporte solar, el consumo de energía primaria auxiliar y la reducción de CO₂.

Esta ventana muestra si la instalación cumple con los requerimientos de contribución solar mínima que exige el CTE HE 4, obteniendo también, su certificado correspondiente.



Figura 11. Pestaña "Resultados" de CHEQ4.

1.5. Descripción del edificio

Este proyecto va a realizar el estudio de una urbanización en San Fernando, Cádiz.

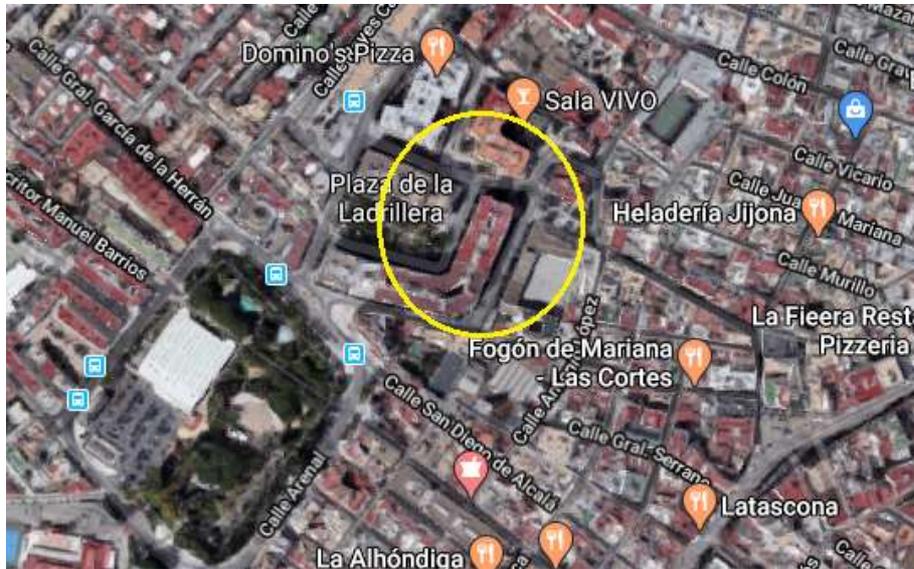


Figura 12. Ubicación de la urbanización.

Esta urbanización consta de 4 edificios, iguales dos a dos, tal y como se ve en la *Figura 13*. Se trata de una urbanización de 3570 m², que consta de 5 plantas, incluido el parking y la planta de locales.



Figura 13. Urbanización.

En este proyecto se va a realizar la instalación de toda la urbanización, por lo que se van a definir los dos tipos de edificios:

- Edificio Tipo I: Consta de dos tipos de viviendas: 8 viviendas de tres dormitorios y 2 viviendas de un dormitorio, por cada planta. Teniendo un total de 24 viviendas de tres dormitorios y 6 viviendas de un dormitorio.
- Edificio Tipo II: Consta de un tipo de vivienda, 4 viviendas de tres dormitorios por planta. Teniendo un total de 12 viviendas de este tipo.

Correspondiendo el edificio 1 y 3 al grupo Edificio Tipo I, y el edificio 2 y 4 al grupo Edificio Tipo II, definiéndose en la siguiente figura (*Figura 14*) a que bloque corresponde cada tipo de edificio.



Figura 14. Numeración de los bloques de la urbanización.

Actualmente, el sistema de producción de ACS utilizado en las viviendas de la urbanización son termos eléctricos independientes, ubicados en cada una de las viviendas. Estos se van a utilizar como sistema de apoyo para que en caso de que no haya suficiente ACS en los acumuladores, las viviendas no se queden sin agua caliente.

Los termos eléctricos existentes son de la marca COINTRA. Cada tipo de vivienda tiene un modelo diferente.

- Edificio Tipo I: en este hay dos tipos de viviendas, pequeñas y grandes. Los modelos de los termos son el Tnc Plus 50S, de 48 litros y una potencia de 1500W para las viviendas pequeñas, y el modelo Tnc Plus 80, de 80 litros y con una potencia de 1500W para las viviendas grandes.
- Edificio Tipo II: en este solo hay un tipo de vivienda. El modelo es el Tnc Plus 80, de 80 litros y con una potencia de 1500W.

1.6. Esquema de principio

El esquema de principio muestra la configuración y distribución de los sistemas que componen una instalación solar térmica de baja temperatura. Como hay dos tipos de instalaciones, hay dos esquemas de principio (*Figura 15* y *Figura 16*).

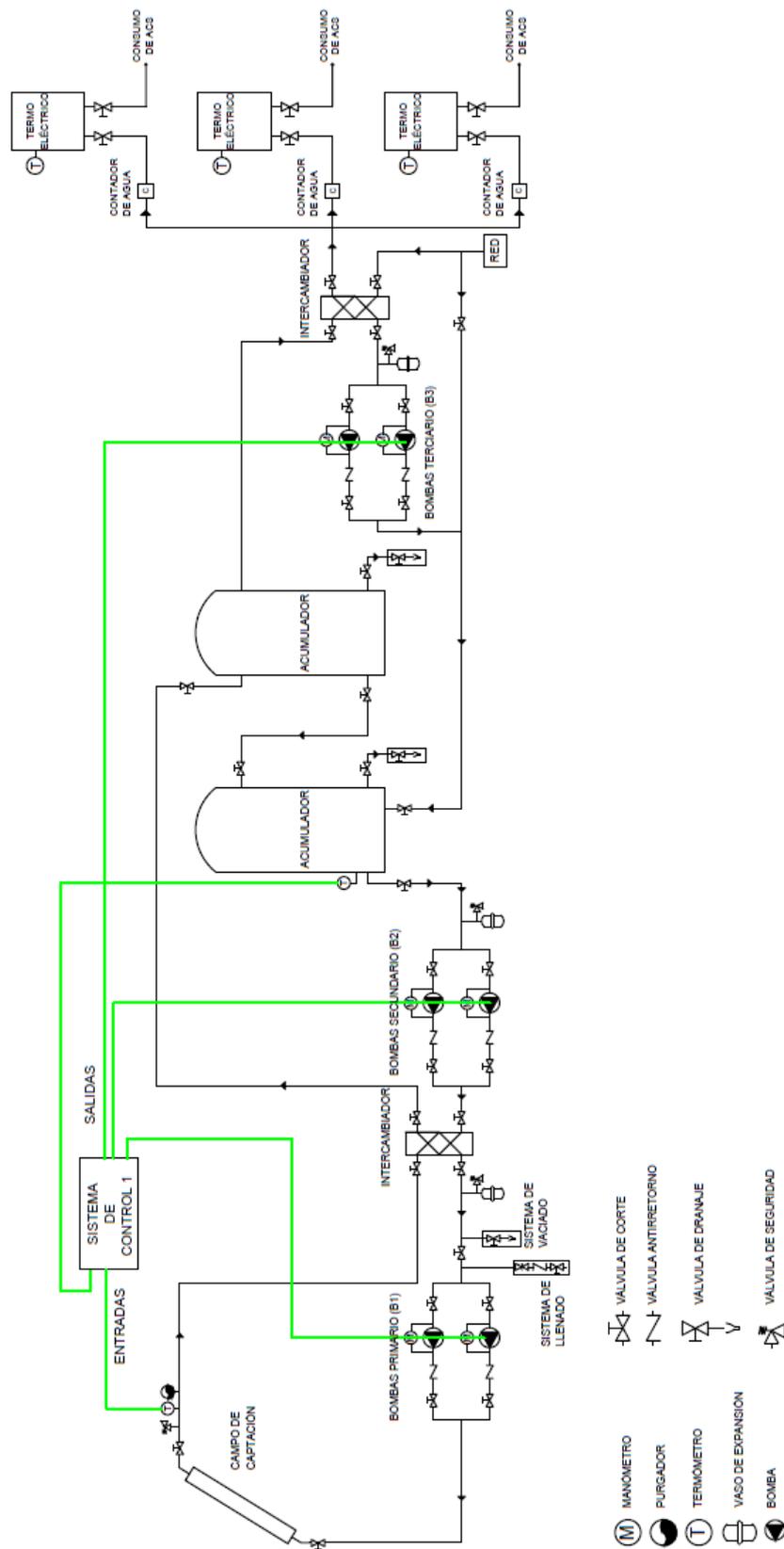


Figura 15. Esquema de principio del Edificio Tipo I.

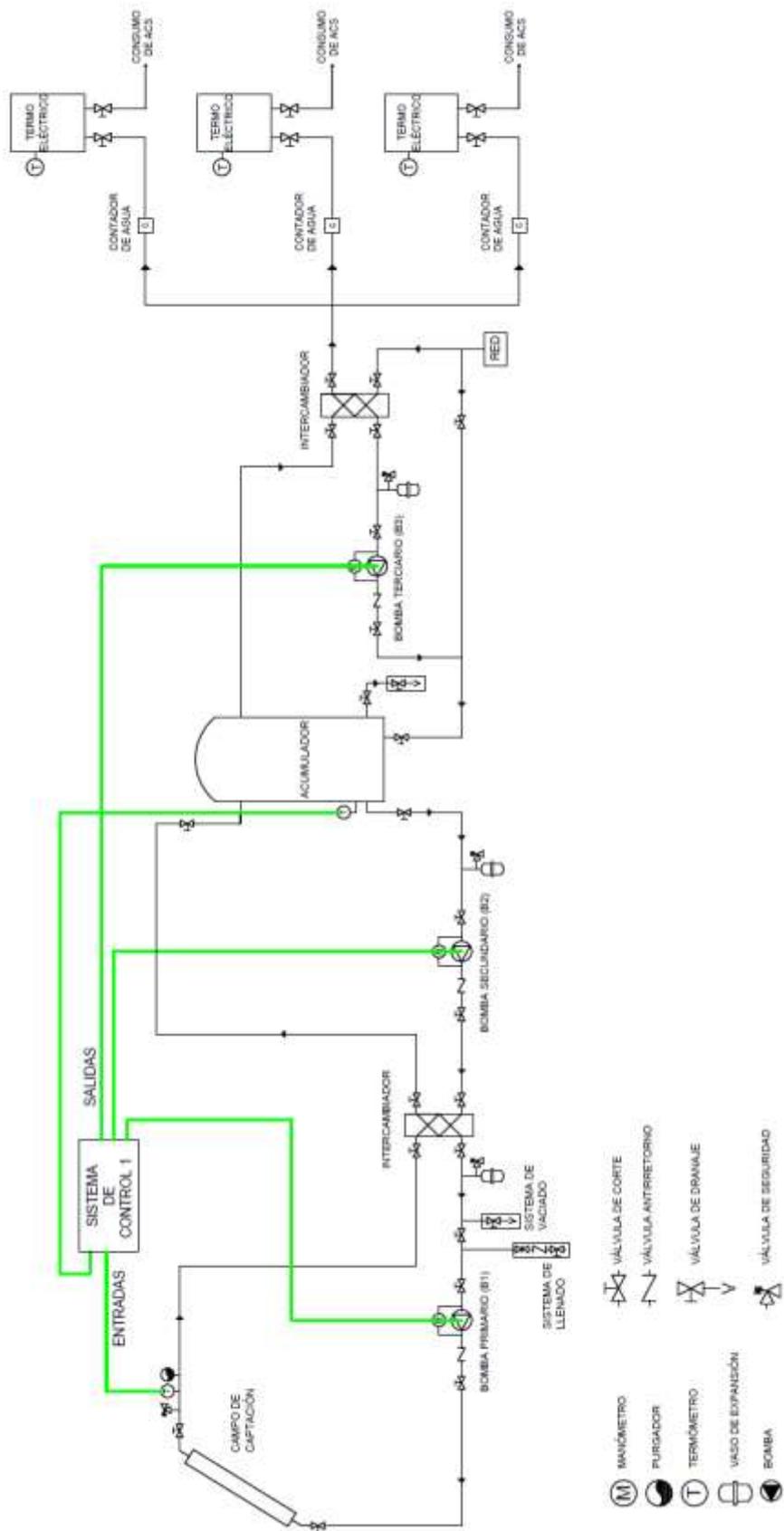


Figura 16. Esquema de principio del Edificio Tipo II.

1.6.1. Elementos principales de la instalación

La urbanización consta de dos tipos de edificio, por lo que se van a definir los elementos para cada uno de ellos.

1.6.1.1. Captadores solares

- Edificio Tipo I: consta de 40 captadores, todos ellos colocados en paralelo, separados en 8 baterías de 5 captadores. El área de captación total es de 91.60 m².
- Edificio Tipo II: consta de 16 captadores, todos ellos colocados en paralelo, separados en 4 baterías de 4 captadores. El área de captación total es de 36.64 m².

En los dos tipos de edificio, la orientación de los captadores es Sur, con una inclinación de 40°. Las pérdidas por sombras son nulas, ya que los edificios de alrededor no crean sombras en las cubiertas de los edificios de nuestra instalación, y además, los captadores se han instalado de tal forma, que las pérdidas por sombras entre ellos son nulas también.

1.6.1.2. Sistema de intercambio

- Edificio Tipo I: consta de dos intercambiadores de calor, uno en el que conecta el circuito primario y secundario y otro que conecta el circuito terciario con el circuito de consume. Ambos tienen una potencia de 56 kW.
- Edificio Tipo II: consta de dos intercambiadores de calor, uno en el que conecta el circuito primario y secundario y otro que conecta el circuito terciario con el circuito de consume. Ambos tienen una potencia de 31 kW.

1.6.1.3. Acumuladores

- Edificio Tipo I: consta dos acumuladores de 2500 litros cada uno de ellos, colocados en serie invertida.
- Edificio Tipo II: consta de un acumulador de 2000 litros.

1.6.1.4. Grupo de bombeo

- Edificio Tipo I: consta de 3 circuitos de bombeo, cada uno de ellos con dos bombas en paralelo. Las bombas tienen una potencia de 180W.
- Edificio Tipo II: consta de 3 circuitos de bombeo, cada uno de ellos con una sola. Las bombas tienen una potencia de 90W.

1.6.1.5. Vasos de expansion

- Edificio Tipo I: consta de 3 vasos de expansión, cada uno de ellos de 2 litros de capacidad.
- Edificio Tipo II: consta de 3 vasos de expansión, cada uno de ellos de 2 litros de capacidad.

1.6.1.6. Sistema auxiliar

El sistema auxiliar de toda la instalación es un termo eléctrico, que ya existía en la instalación antes de poner la instalación de ACS mediante captadores solares.

1.6.1.7. Sistema de control

El sistema de control tiene dos entradas, que proceden de dos sondas de temperatura, una a la salida del campo de captadores y otra en la zona inferior del depósito de acumulación, próximo a la salida al intercambiador del primario, para actuar con respecto a su diferencia de temperaturas.

En funcionamiento consiste en que si la diferencia de temperaturas es menor de 2°C, las bombas del primario (B1) y del secundario (B2) no funcionen, mientras que si la diferencia es mayor de 7°C, las bombas están funcionando.

La bomba del terciario (B3) funciona dentro de un rango horario, que se puede cambiar desde la centralita de regulación.

1.7. Características técnicas de los equipos

1) Captadores solares

Los dos tipos de edificios tienen el mismo captador solar. El modelo elegido es el modelo TERMICOL P21, de la empresa TERMICOL. Sus características técnicas se encuentran en la *Tabla 1*.

Área total (m²)	2.29
Área de apertura (m²)	2.01
Largo (mm)	2095
Ancho (mm)	1092
Profundidad (mm)	100
Peso en vacío (kg)	38
Fluido caloportador	Propilenglicol
Capacidad del fluido (litros)	1.15
Caudal óptimo (l/h m²)	40
Presión máxima de trabajo, absoluta (bar)	8
Cubierta	Vidrio solar templado 3.2 mm
Factor óptico, referido a T_m	0.685
Coefficiente de pérdidas k₁ (W/Km²), referido a T_m	3.15
Coefficiente de pérdidas k₂ (W/K²m²), referido a T_m.	0.006

Tabla 1. Características técnicas del Captador Solar TERMICOL P21.

Su curva de caída de presión se encuentra en la *Tabla 2* y las dimensiones en la *Figura 17*.

Caída de presión					
Caudal (l/h)	36	84	132	186	234
Pérdida presión (Pa)	45	126	231	376	531
Caudal (Pa)	$\Delta H = 0.005 Q^2 + 1.073 Q$				

Tabla 2. Caída de presión del Captador Solar TERMICOL P21.

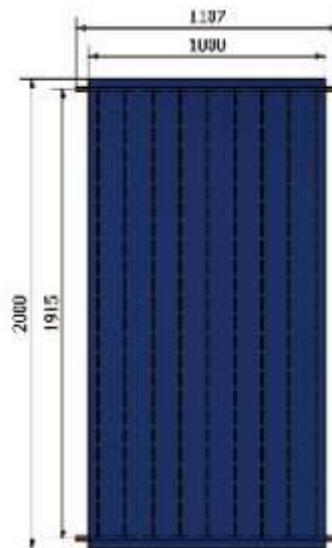


Figura 17. Dimensiones del Captador Solar TERMICOL P21.

La estructura soporte para los captadores elegida es de TERMICOL, ya que los captadores también son de la misma empresa y tienen estructuras específicas para cada modelo. Como el modelo de captador elegido es el P21 de aluminio, ya que es zona costera. La estructura se selecciona para terraza plana y para dicho modelo (*Figura 18*).

Se elige la estructura de aluminio, que consta de las siguientes características:

- Aluminio extrusionado de alta resistencia a la corrosión.
- Aptas para zonas con ambientes marinos.
- Perfiles de sujeción premontados con diferentes opciones de fijación al tejado (*Figura 19*).
- Resistentes y de poco peso.
- Fácil instalación.

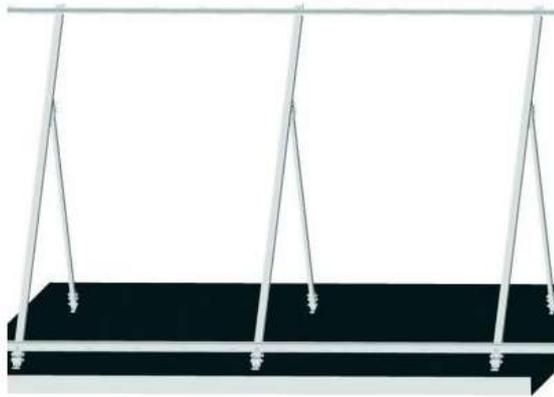


Figura 18. Estructura para cubierta plana del Captador Solar TERMICOL P21.



Figura 19. Perfiles, apoyos y uniones de las baterías de captadores.

2) Acumuladores

Los dos tipos de acumuladores son del mismo fabricante, LAPESA, y los modelos elegidos son, para el de 2500 litros, MVV2500RB, y para el de 2000 litros, MVV2000RB. Ambos modelos son de acero vitrificado s/DIN 4753. Sus características se encuentran en la siguientes siguientes figuras (*Figura 20 y 21*)

Características técnicas /Conexiones /Dimensiones	MW1500RB	MVV2000RB	MVV2500RB	MVV3000RB	MVV3500RB	MVV4000RB	MVV5000RB	
Capacidad de A.C.S	l	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000
Temperatura máx. en continuo depósito de A.C.S	°C	90	90	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S. (*)	bar	8	8	8	8	8	8	8
Peso en vacío aprox.	Kg	400	460	635	705	755	915	1030
Cota A: diámetro exterior	mm	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910
Cota B: longitud total	mm	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710
Cota C:	mm	160	160	195	195	195	190	190
Cota D:	mm	670	670	800	800	800	865	865
Cota E:	mm	685	685	805	805	805	875	875
Cota F:	mm	330	780	300	590	875	465	870
Cota G:	mm	1115	1560	1250	1540	1755	1450	1805
kw: entrada agua fría	*GAS/M	2	2	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
ww: salida agua caliente	*GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
z: recirculación	*GAS/M	1-1/2	1-1/2	2	2	2	2	2
R: conexión resistencia	*GAS/M	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
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
nº de conexiones de protección catódica	und.	2	2	2	3	3	3	3

Figura 20. Características Técnicas de los depósitos MXV2500RB y MXV2000RB.

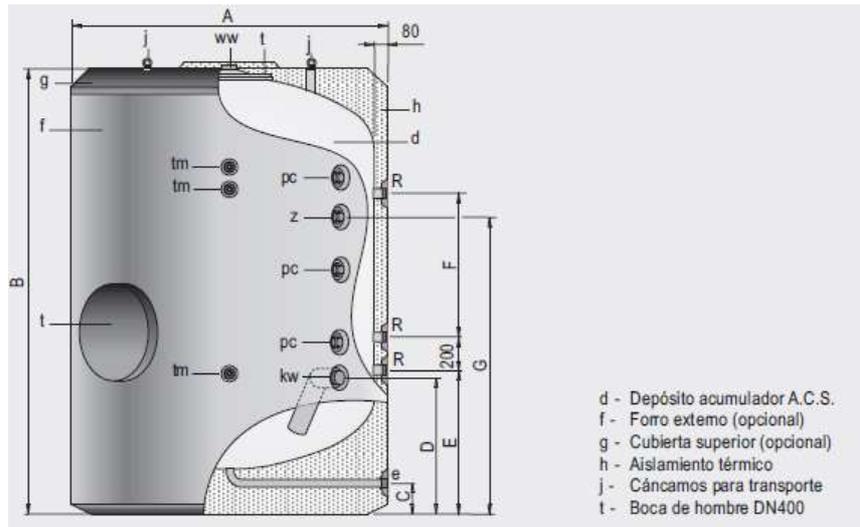


Figura 21. Cotas acumulador solar LAPESA.

3) Intercambiadores

Los dos tipos de intercambiadores son del mismo fabricante, MECALIA, uno de 20 placas con 31 kW de potencia, y otro de 40 placas con 56 kW de potencia. Sus características se encuentran en la *Tabla 3*.

Modelo/ Model	Nº de placas/ Nº of plates	Dimensiones/ Dimensions (mm)					Potencia/Power		Caudal / Flow(L/h)		Pérdida de carga/ Loss of load (m c.a.)		Peso/ Weight (kg)	
		A	B	C	D	F	G	kW	kcal/h	Primario/ Primary	Secundario/ Secondary	Primario/ Primary		Secundario/ Secondary
DP/LA14	10							16	13.780	939	393	2,22	0,44	1
DP/LA14	20							31	26.660	1.819	762	2,35	0,46	2
DP/LA14	30	201	164	80	42	9+2,3 X np*	3/4"	45	38.700	2.641	1.106	2,62	0,51	2
DP/LA14	40							56	48.160	3.286	1.377	2,80	0,54	2
DP/LA14	50							62	53.320	3.638	1.524	2,74	0,52	3
DP/LB31	40	286	232	117	68	9+2,4 X np*	1"	76	65.360	4.460	1.868	2,58	0,53	7
DP/LB31	60							105	90.300	6.161	2.581	2,67	0,53	9

* np= Nº de placas/ Nº of plates

Tabla 3. Características técnicas de los intercambiadores.

4) Bombas

Las bombas del circuito primario de ambas instalaciones se han elegido del fabricante WILO. El modelo elegido es WILO TOP Z (*Figura 22*).



Figura 22. Bomba WILO TOP Z.

Para la instalación del Edificio Tipo I se ha seleccionado el modelo WILO TOP Z 40/7, que tiene un caudal máximo de 16.2 m³/h y una pérdida de carga máxima de 6 mca. Sus características técnicas se encuentran en las *Figura 23* y *Tabla 4*.

Datos hidráulicos		Datos del motor	
Presión máxima de trabajo P_N	10 bar	Alimentación eléctrica	1-230 V, 50 Hz
Altura máxima de impulsión H_{Qmin}	6.0	Potencia nominal P_2	180.0 W
Caudal máximo Q_{max}	16.2	Intensidad nominal I_N	1.62 A
Temperatura mínima del fluido T_{min}	-20 °C	Velocidad máxima n_{max}	2700 rpm
Temperatura de fluido máx. en aplicaciones HVAC T_{max}	110 °C	Consumo de potencia (mín.) $P_{1 min}$	175.0 W
Temperatura de fluido mín. en aplicaciones de agua potable T_{min}	0	Consumo de potencia $P_{1 max}$	340.0 W
Temperatura de fluido máx. en aplicaciones de agua potable T_{max}	80	Emisión de interferencias	EN 61000-6-3
Temperatura de fluido máx. en aplicaciones de agua potable en el funcionamiento breve de 2 h T_{max}	110 °C	Resistencia a interferencias	EN 61000-6-2
Temperatura ambiente mínima T_{min}	0 °C	Tipo de protección del motor	IPX4D
Temperatura ambiente máxima T_{max}	40 °C	Clase de aislamiento	H
Dureza total máx. admisible en sistemas de recirculación de ACS	3,57 mmol/l (20 °dH) (3,21 mmol/l (18 °dH) para 20/4 + 25/6)	Prensaestopas	2 x PG13.5
		Protección de motor	Protección de motor externa WSK
Materiales		Dimensiones de instalación	
Carcasa de la bomba	EN-GJL-250	Conexión de tubería del lado de aspiración DN_s	DN 40
Rodete	PPE-GF30	Conexión de tubería del lado de impulsión DN_d	DN 40
Eje	1.4122	Longitud entre roscas l_0	250 mm
Material del cojinete	Carbón, impregnado de resina		
Información de pedidos			
Marca	Wilo		
Denominación del producto	TOP-Z 40/7		
Número EAN	4016322685425		
Referencia	2046631		
Peso neto aproximado m	12 kg		
Peso bruto aproximado m	12.4 kg		
Longitud con embalaje	350 mm		
Altura con embalaje	260 mm		
Ancho sin embalaje	225 mm		
Propiedades del embalaje	Embalaje de transporte		
Tipo de embalaje	Caja de cartón		
Cantidad mínima de pedido	1		

Tabla 4. Características técnicas de la bomba WILO TOP Z 40/7.

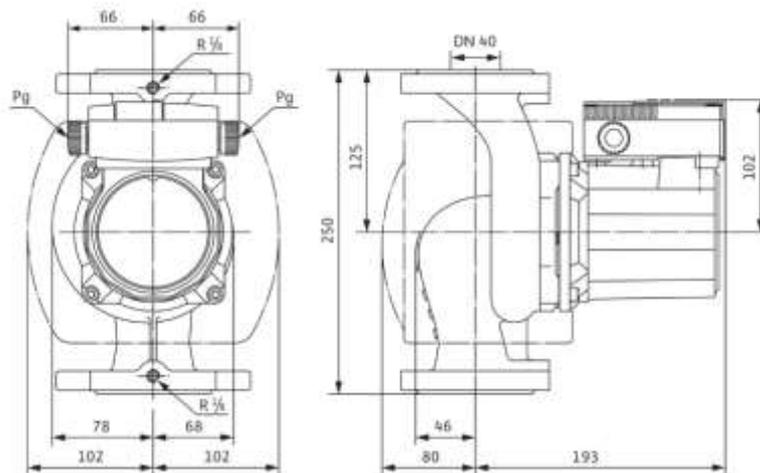


Figura 23. Dimensiones de la bomba WILO TOP Z 40/7.

Para la instalación del Edificio Tipo II se ha seleccionado el modelo WILO TOP Z 30/7, que

tiene un caudal máximo de 7.1 m³/h y una pérdida de carga máxima de 5.5 mca. Sus características técnicas se encuentran en las *Figura 24* y *Tabla 5*.

Datos hidráulicos		Datos del motor	
Presión máxima de trabajo P_N	10 bar	Alimentación eléctrica	1-230 V, 50 Hz
Altura máxima de impulsión H_{Qmin}	5.5	Potencia nominal P_2	90.0 W
Caudal máximo Q_{max}	7.1	Intensidad nominal I_N	0.90 A
Temperatura mínima del fluido T	-20 °C	Velocidad máxima n_{max}	2700 rpm
Temperatura de fluido máx. en aplicaciones HVAC T_{max}	110 °C	Consumo de potencia (mín.) P_{1min}	70.0 W
Temperatura de fluido mín. en aplicaciones de agua potable T_{min}	0	Consumo de potencia P_{1max}	185.0 W
Temperatura de fluido máx. en aplicaciones de agua potable T_{max}	80	Emisión de interferencias	EN 61000-6-3
Temperatura de fluido máx. en aplicaciones de agua potable en el funcionamiento breve de 2 h T_{max}	110 °C	Resistencia a interferencias	EN 61000-6-2
Temperatura ambiente mínima T	0 °C	Tipo de protección del motor	IPX4D
Temperatura ambiente máxima T	40 °C	Clase de aislamiento	H
Dureza total máx. admisible en sistemas de recirculación de ACS	3,57 mmol/l (20 °dH) (3,21 mmol/l (18 °dH) para 20/4 + 25/6)	Prensaestopas	1 x PG13.5
		Protección de motor	Protección interna contra sobrecalentamiento WSK
Materiales		Dimensiones de instalación	
Rodete	PPE-GF30	Conexión de tubería del lado de aspiración DNs	G 2
Eje	1.4122	Conexión de tubería del lado de impulsión DNd	G 2
Material del cojinete	Carbón, impregnado de resina	Longitud entre roscas $l0$	180 mm
Información de pedidos			
Marca	Wilo		
Denominación del producto	TOP-Z 30/7		
Número EAN	4016322709633		
Referencia	2048340		
Peso neto aproximado m	6 kg		
Peso bruto aproximado m	6.0 kg		
Longitud con embalaje	270 mm		
Altura con embalaje	215 mm		
Ancho sin embalaje	178 mm		
Propiedades del embalaje	Embalaje de transporte		
Tipo de embalaje	Caja de cartón		
Cantidad mínima de pedido	1		

Tabla 5. Características técnicas de la bomba WILO TOP Z 30/7.

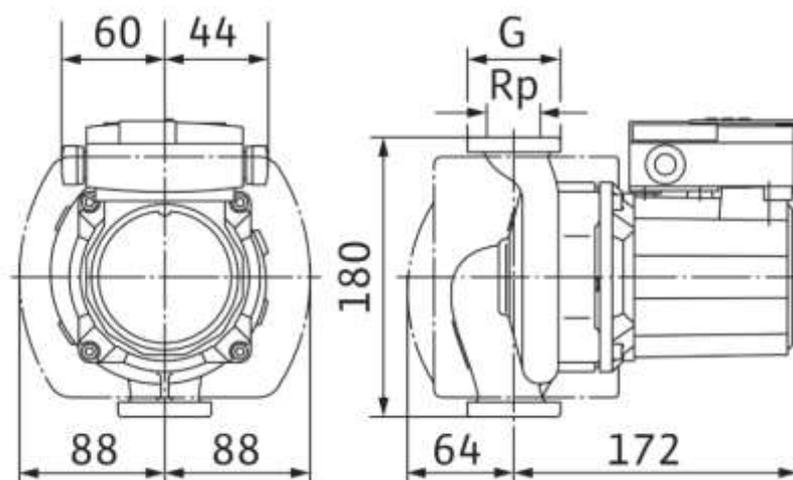


Figura 24. Dimensiones de la bomba WILO TOP Z 30/7.

5) Vaso de expansion

El modelo elegido para ambos tipos de edificios es el modelo 2 SMF (Figura 25), que tiene un volumen de acumulación de 2 litros. Sus características se encuentran en la Figura 26.



Figura 25. Vaso de expansión modelo 2 SMF.



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

Figura 26. Características técnicas del vaso de expansión 2 SMF.

6) Sistema de control

El Sistema de control elegido para ambos tipos de edificios es el LTDC-V3 (Figura 27), del fabricante TERMICOL. Este posee las siguientes características:

- 6 Entradas para sensores PT1000 de temperatura.
- 2 Entradas VFS / RPS Directsensor para medir caudal.
- 2 Salidas relé 230VAC (on/off).

- 2 Salida PWM (control velocidad para bombas de alta eficacia).
- 42 Variantes hidráulicas.



Figura 27. Sistema de Control LTDC-V3 .

1.8. Normativa

1.8.1. Código Técnico de la edificación (CTE), 2019

Este documento consta de varias secciones, la que aplica en este caso es la HE4: Contribución mínima de energía removable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria.

- 1) **Ámbito de aplicación.**
 - a) Edificios de nueva construcción con una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a 100 l/d.
 - b) Edificios existentes con una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a 100 l/d, en los que se reforme íntegramente, bien el edificio en sí, o bien la instalación de generación térmica, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo.
 - c) Ampliaciones o intervenciones, no cubiertas en el punto anterior, en edificios existentes con una demanda inicial de ACS superior a 5.000 l/día, que supongan un incremento superior al 50% de la demanda inicial;
 - d) climatizaciones de: piscinas cubiertas nuevas, piscinas cubiertas existentes en las que se renueve la instalación de generación térmica o piscinas descubiertas existentes que pasen a ser cubiertas.
- 2) **Cuantificación de la exigencia.** Contribución Solar mínima para ACS y/o climatización de piscina.

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

- 3) **Justificación de la exigencia**

Para justificar que un edificio cumple las exigencias de este DB, los documentos de proyecto incluirán la siguiente información sobre el edificio o parte del edificio evaluada:

- a) La demanda mensual de agua caliente sanitaria (ACS) y de climatización de piscina, incluyendo las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación.
- b) La contribución renovable aportada para satisfacer las necesidades de energía para ACS y climatización de piscina.
- c) La contribución de la energía residual aportada, en su caso, para el ACS;
- d) Comprobación de que la contribución renovable para las necesidades de ACS utilizada cubre la contribución obligatoria.

1.8.2. Normas UNE

- 1) UNE 100155. Diseño y cálculo de sistemas de expansion.

Utilizada para el dimensionado del vaso de expansion.

- 2) UNE 94002: Instalaciones solares térmicas para producción de ACS. Cálculo de la demanda de energía térmica.

Describe el cálculo de la demanda de energía térmica para instalaciones solares térmicas para la producción de ACS tabulando los valores a emplear de consumo de agua caliente, temperatura de referencia y de agua fría de cada provincia.

- 3) UNE 94003: Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.

Recoge los datos climáticos de referencia de irradiación global diaria mensual sobre superficie horizontal y de temperatura ambiente para el dimensionado de instalaciones térmicas.

1.8.3. Reglamento de Instalaciones Térmicas en la edificación (RITE)

Con respecto al diseño y dimensionado de la instalación (IT 1.2.) se tienen en cuenta las siguientes normas:

- 1) IT 1. Diseño y dimensionado.

-IT 1.2.4.2.1. Aislamiento térmico de redes de tuberías

Posee los cálculos de los espesores mínimos del aislante de las tuberías, accesorios y equipos de la instalación.

- IT 1.2.4.6. Aprovechamiento de energías renovables y residuales.

Dentro de esta instrucción técnica se tiene en cuenta la IT 1.2.4.6.1: Contribución de calor renovable o residual para la producción térmica del edificio.

- 2) IT 2. Montaje.

-IT 2.3.3. Sistemas de distribución de agua

Posee las exigencias de la empresa instaladora. Esta realizará y documentará el procedimiento de ajuste y equilibrado de los sistemas de distribución de agua.

-IT 2.3.4. Control automático

Utilizada para establecer el Sistema de control automático de la instalación.

- 3) IT 3. Mantenimiento y uso.

-IT 3.3. Programa de mantenimiento preventivo

-IT 3.4.3. Instalaciones de energía solar térmica

Parte de la norma del programa de gestión energética encargada de las instalaciones de energía solar térmica.

4) IT 4. Inspección

-IT 4.2.1. Inspecciones de los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria.

1.9. Bibliografía

- [1] N. L. Redondo, "https://www.energynews.es/," 25 2 2020. [Online]. Available: <https://www.energynews.es/andalucia-primera-region-de-espana-en-aprovechamiento-solar-en-todas-las-tecnologias/>.
- [2] B. Sevilla, "es.statista.com," 4 9 2019. [Online]. Available: <https://es.statista.com/estadisticas/1004386/porcentaje-de-energia-solar-termica-generada-por-region-en-espana/>.
- [3] A. A. d. l. Energía, "https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/," [Online]. Available: <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/es/informacion-energetica/energias-renovables/energia-solar>.
- [4] A. A. d. l. Energía, "https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/," [Online]. Available: <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/es/transicion-energetica/estrategia-energetica>.
- [5] A. A. d. l. Energía, "https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/," [Online]. Available: https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/documentos/plan_de_accion_2016-2017.pdf.
- [6] "Mecalia," [Online]. Available: <https://www.mecalia.com/>.
- [7] "Ibaiondo," [Online]. Available: <https://ibaiondo.com/>.
- [8] "Termicol," [Online]. Available: <https://termicol.es/>.
- [9] "Lapesa," [Online]. Available: <http://lapesa.es/es>.
- [10] "Salvador Escoda," [Online]. Available: <https://www.salvadorescoda.com/>.
- [11] "Wilo," [Online]. Available: <https://wilo.com/es/es/>.
- [12] J. J. G. Macho, "Apuntes Energía Solar en la Edificación," 2019/2020.
- [13] J. F. C. Toro, "Excel Pérdida de cargas," 2020.
- [14] "Código Técnico," 20 12 2019. [Online]. Available: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>.
- [15] "IDAE," 2013. [Online]. Available: <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/reglamento-de-instalaciones-termicas-de-los-edificios>.
- [16] AENOR, "Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión.," 11 12 2004. [Online]. Available: <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/une/?c=N0032318>.

[17] AENOR, "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica," 22 6 2005. [Online]. Available: <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/une/?c=N0033909>.

2 MEMORIA DE CÁLCULO

2.1. Introducción

En este apartado quedan reflejados los cálculos necesarios para el dimensionado de la instalación de energía solar térmica de baja temperatura para la producción de ACS para un bloque de viviendas en San Fernando, Cádiz.

2.2. Datos de partida

2.2.1. Parámetros generales del edificio

Los datos geográficos y climáticos del edificio se recogen en la siguiente tabla (*Tabla 6*):

Localidad	San Fernando
Altura sobre el nivel del mar	21
Latitud	36°28'33.24" N
Longitud	6°11'53.41" O
Zona climática	V

Tabla 6. Datos de la ubicación.

2.2.2. Parámetros climatológicos

Mediante el software CHEQ4 obtenemos los datos de radiación, temperatura del agua de red y temperatura ambiente de la localidad de San Fernando (*Tabla 7*), los cuales podemos encontrarlos también en el CTE.

	Rad (MJ/m2)	T Red (°)	T Amb (°)
Enero	10	11.9	12.7
Febrero	13.4	11.9	13.4
Marzo	18.1	12.9	14.6
Abril	22.9	13.9	16.1
Mayo	26.2	15.9	18.6
Junio	28.4	17.9	21.4
Julio	28.7	18.9	23.9
Agosto	25.6	19.9	24.4
Septiembre	20.9	18.9	23.4
Octubre	14.9	16.9	20
Noviembre	10.7	13.9	16
Diciembre	8.6	11.9	13.2

Tabla 7. Datos climatológicos de San Fernando.

2.2.3. Radiación sobre superficie inclinada

Para comprobar que un captador inclinado recibe una radiación más repartida a lo largo del año en vez de solo en los meses de verano, se va a calcular la radiación sobre superficie horizontal y sobre superficie inclinada.

Primero se calcula sobre superficie horizontal, para ello se calcula la declinación solar (δ) (Tabla 8), que es el ángulo que forma la línea que une el centro de la Tierra y el centro del Sol con el plano del ecuador celeste.

$$\delta = 23.45 \cdot \sin\left(\frac{360}{365} \cdot (284 + n)\right),$$

siendo n el día del año.

A continuación se calcula el ángulo horario de salida y puesta de sol (ω_s) (Tabla 4) :

$$\cos \omega_s = -\tan \delta \cdot \tan \phi$$

Con ϕ = latitud del emplazamiento.

Mes	Día del año (n)	δ (°)	ω_s (°)
Enero	17	-20.92	73.62
Febrero	47	-12.95	80.23
Marzo	75	-2.42	88.21
Abril	105	9.41	97.02
Mayo	135	18.79	104.54
Junio	162	23.09	108.33
Julio	198	21.28	106.70
Agosto	228	13.45	100.16
Septiembre	258	2.22	91.64
Octubre	288	-9.6	82.83
Noviembre	318	-18.91	75.36
Diciembre	344	-23.05	71.70

Tabla 8. Declinación y ángulo horario.

Ahora se calcula la radiación solar extraterrestre en una superficie horizontal (H_0) (Tabla 9):

$$H_0 = \frac{24 \cdot 3600}{\pi} \cdot G_{CS} \cdot \left(1 + 0.033 \cos \frac{360 \cdot n}{365}\right) \cdot \left(\frac{\pi \cdot \omega_s}{180} \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \sin \omega_s\right)$$

siendo G_{CS} la constante solar = $1367 \frac{W}{m^2}$.

Además se define y calcula el índice de claridad (K_T) (Tabla 5), que es la relación entre la radiación global horizontal y la radiación solar extraterrestre en superficie horizontal.

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

Mes	H (MJ/m ² *dia)	H0 (MJ/m ² *dia)	Kt
Enero	10	17.40	0.575
Febrero	13.4	22.55	0.594
Marzo	18.1	29.02	0.624
Abril	22.9	35.52	0.645
Mayo	26.2	39.92	0.656
Junio	28.4	41.64	0.682
Julio	28.7	40.75	0.704
Agosto	25.6	37.15	0.689
Septiembre	20.9	31.32	0.667
Octubre	14.9	23.75	0.627
Noviembre	10.7	18.59	0.576
Diciembre	8.6	15.97	0.538

Tabla 9. Índice de claridad medio.

A continuación se tiene que descomponer la radiación global diaria media horizontal en sus componentes directa (H_D) y difusa (H_d) (Tabla 10).

$$H = H_D + H_d$$

Para $\omega_s \leq 81.4^\circ$ (invierno) y $0.3 \leq K_T \leq 0.8$

$$\frac{H_d}{H} = 1.391 - 3.56 \cdot K_T + 4.189 \cdot K_T^2 - 2.137 \cdot K_T^3$$

Para $\omega_s > 81.4^\circ$ (invierno) y $0.3 \leq K_T \leq 0.8$

$$\frac{H_d}{H} = 1.311 - 3.022 \cdot K_T + 3.427 \cdot K_T^2 - 1.821 \cdot K_T^3$$

Mes	H (MJ/m ² *dia)	Hd (MJ/m ² *dia)	HD (MJ/m ² *dia)
Enero	10	3.23	6.77
Febrero	13.4	4.11	9.29
Marzo	18.1	5.75	12.35
Abril	22.9	6.85	16.05
Mayo	26.2	7.57	18.63
Junio	28.4	7.56	20.84
Julio	28.7	7.07	21.63
Agosto	25.6	6.66	18.94
Septiembre	20.9	5.84	15.06
Octubre	14.9	4.68	10.22
Noviembre	10.7	3.45	7.25
Diciembre	8.6	3.05	5.55

Tabla 10. Radiación global horizontal directa y difusa.

Para calcular la radiación global diaria media mensual sobre la superficie inclinada primero se calcula el ángulo horario sobre superficie inclinada (ω'_s) (Tabla 11):

$$\omega'_s = \min \{ \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) ; \cos^{-1}(-\tan(\phi - \beta) \tan \delta) \}$$

A continuación se calcula el factor R_D (Tabla 11):

$$R_D = \frac{\cos(\phi - \beta) \cos \beta \sin \omega'_s + \frac{\pi \cdot \omega'_s}{180} \sin(\phi - \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{\pi \cdot \omega_s}{180} \sin \phi \sin \delta}$$

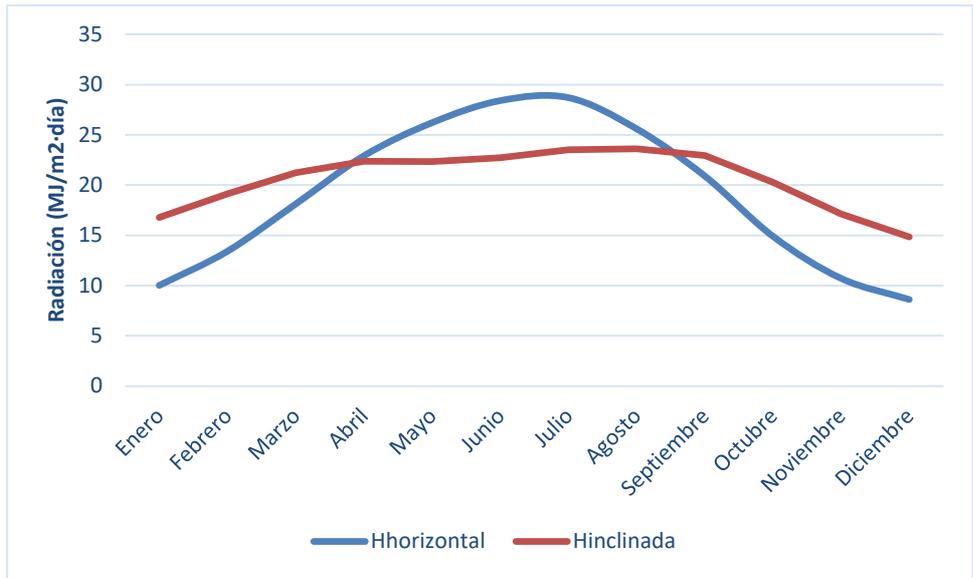
Por último se calcula la radiación global sobre superficie inclinada ($H_{T,i}$) (Tabla 11):

$$H_{T,i} = R_D H_D + \frac{1 + \cos \beta}{2} \cdot H_d + \frac{1 - \cos \beta}{2} \cdot \rho_{suelo} \cdot H$$

Mes	ω'_s (°)	R_D	$H_{T,i}$ (MJ/m2*día)
Enero	73.62	2.06	16.78
Febrero	80.23	1.67	19.13
Marzo	88.21	1.31	21.23
Abril	89.41	1.02	22.37
Mayo	88.78	0.84	22.35
Junio	88.47	0.77	22.72
Julio	88.60	0.80	23.53
Agosto	89.14	0.94	23.63
Septiembre	89.86	1.18	22.96
Octubre	82.83	1.58	20.29
Noviembre	75.36	1.94	17.15
Diciembre	71.70	2.19	14.84

Tabla 11. Radiación global sobre superficie inclinada.

A continuación se representan en una gráfica (Gráfica 1) la radiación inclinada superpuesta a la radiación horizontal. En ella se puede comprobar que es mejor poner una superficie inclinada, ya que la radiación para cada mes es más constante, mientras que si la superficie es horizontal los meses con más radiación son los meses de verano, mientras que en invierno es menor.



Grafica 1. Radiación global sobre superficie horizontal e inclinada.

2.3. Cálculo de la demanda

2.3.1. Cálculo de la demanda de ACS

Para el cálculo de la demanda de ACS se utiliza el DBE HE 4, donde se encuentra la siguiente tabla, que define la demanda por persona en función del tipo de edificio (*Figura 28*).

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C⁽¹⁾

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

Figura 28. Demanda de referencia a 60°C.

Se trata de una urbanización de viviendas, por lo que el consumo diario por persona es de 28 l/día.

Para saber la demanda total se tiene que saber el número total de ocupantes del edificio. Nuestra urbanización cuenta con dos tipos de edificios, y por lo tanto, dos valores de ocupantes.

2.3.1.1. Demanda de ACS Edificio Tipo I

El edificio tipo I tiene un total de 105 personas, por lo tanto, su consumo es:

$$D_{ACS} = 28 \frac{l}{\text{día} \cdot \text{persona}} \cdot 105 \text{ personas} = 2940 \frac{l}{\text{día}}$$

2.3.1.2. Demanda de ACS Edificio Tipo II

El edificio tipo II tiene un total de 48 personas, por lo tanto, su consumo es:

$$D_{ACS} = 28 \frac{l}{\text{día} \cdot \text{persona}} \cdot 48 \text{ personas} = 1344 \frac{l}{\text{día}}$$

2.3.2. Cálculo de la demanda energética

Para calcular de demanda energética se utiliza la siguiente expresión:

$$D_{ENERGÍA} = D_{ACS,TOTAL} \cdot c_p \cdot \rho_a \cdot (T_{ACS} - T_{RED}) \cdot n$$

Donde:

$D_{ENERGÍA}$: Demanda energética ($\frac{J}{\text{mes}}$)

$D_{ACS,TOTAL}$: Consumo diario de ACS ($\frac{\text{litros}}{\text{día}}$)

c_p : calor específico del agua = $4190 \frac{J}{\text{kg} \cdot K}$

ρ_a : densidad del agua = $1 \frac{\text{kg}}{\text{litros}}$

T_{ACS} : Temperatura de ACS de referencia = 60°C

T_{RED} : Temperatura de agua fría de red, fijada en función de la localidad (*Tabla 12*)

n : número de días del mes

Mes	Tred (°)
Enero	11.9
Febrero	11.9
Marzo	12.9
Abril	13.9
Mayo	15.9
Junio	17.9
Julio	18.9
Agosto	19.9
Septiembre	18.9
Octubre	16.9
Noviembre	13.9
Diciembre	11.9

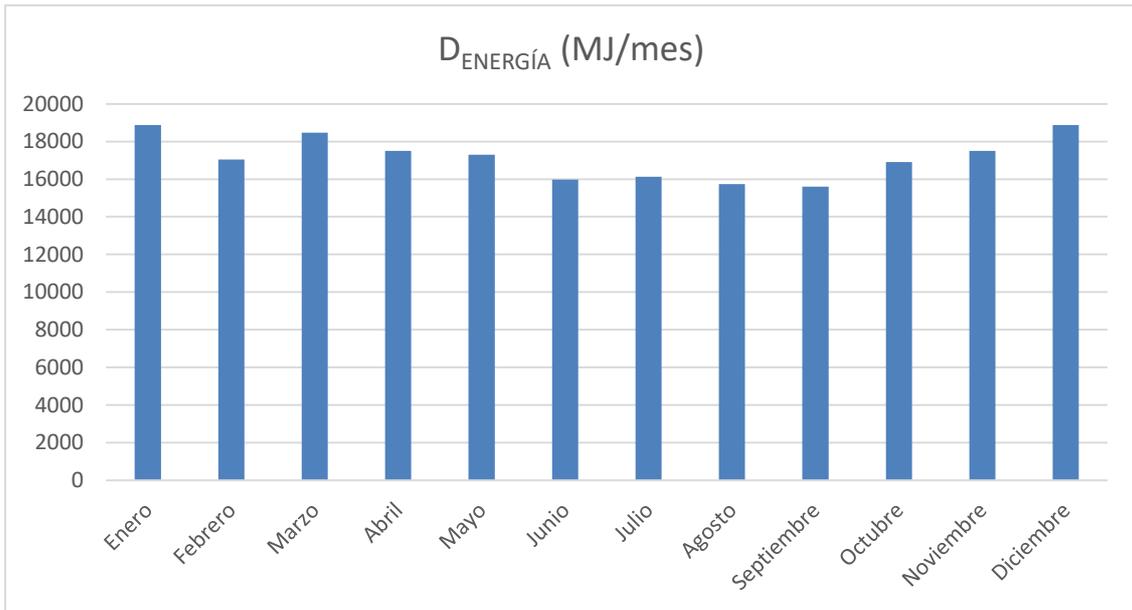
Tabla 12. Temperatura media del agua de red en Sevilla.

Con la demanda energética, cada tipo de edificio tiene una, al igual que con la demanda de ACS.

2.3.2.1. Demanda energética Edificio tipo I

Mes	Demanda (MJ/mes)
Enero	18870.53
Febrero	17044.35
Marzo	18478.21
Abril	17502.47
Mayo	17301.25
Junio	15983.82
Julio	16124.30
Agosto	15731.98
Septiembre	15604.16
Octubre	16908.93
Noviembre	17502.47
Diciembre	18870.53

Tabla 13. Demanda energética mensual del Edificio Tipo I.

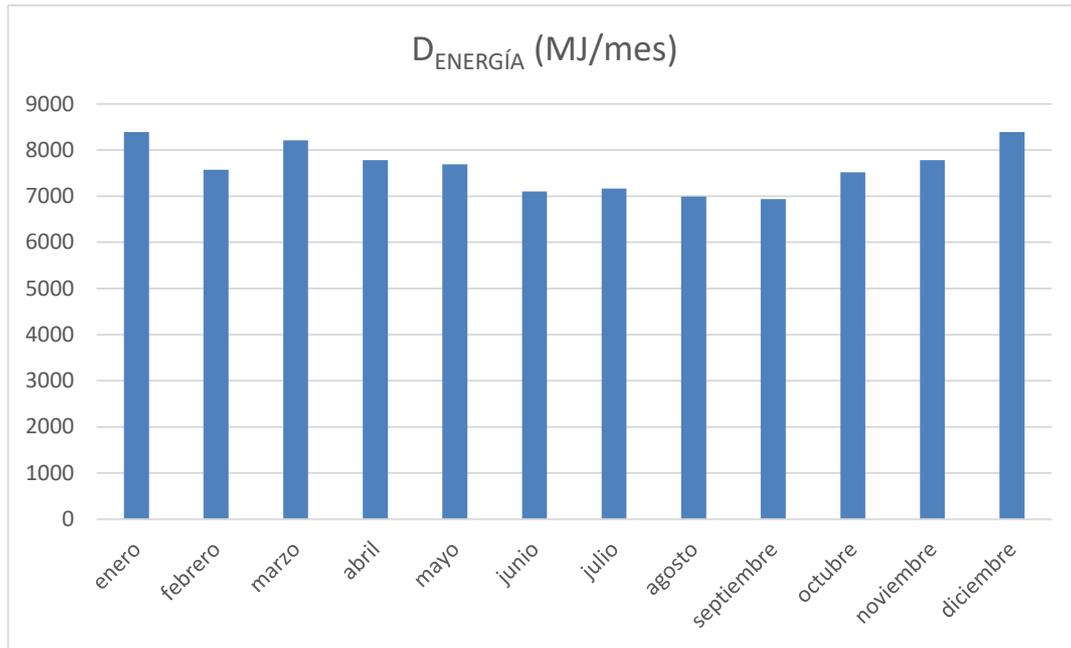


Grafica 2. Demanda energética mensual del Edificio Tipo I.

2.3.2.2. Demanda energética Edificio tipo II

Mes	Demanda (MJ/mes)
Enero	8386.90
Febrero	7575.27
Marzo	8212.54
Abril	7778.88
Mayo	7689.45
Junio	7103.92
Julio	7166.35
Agosto	6991.99
Septiembre	6935.18
Octubre	7515.08
Noviembre	7778.88
Diciembre	8386.90

Tabla 14. Demanda energética mensual del Edificio Tipo II.



Grafica 3. Demanda energética mensual del Edificio Tipo II.

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

En este apartado se procede a calcular el número de captadores solares y su disposición para que la fracción solar cumpla con el CTE.

La fracción solar mínima se encuentra detallada en el CTE HE 4, en función de la zona climática y la demanda de ACS, que como en este caso no es muy elevada, la fracción solar mínima es 60%.

Como la urbanización consta de dos tipos de edificios, se tienen que realizar los cálculos para ambos, todos ellos en el software CHEQ4.

El captador solar elegido para ambos es el modelo TERMICOL P21 de TERMICOL, cuyos datos se encuentran en la siguiente tabla (*Tabla 15*):

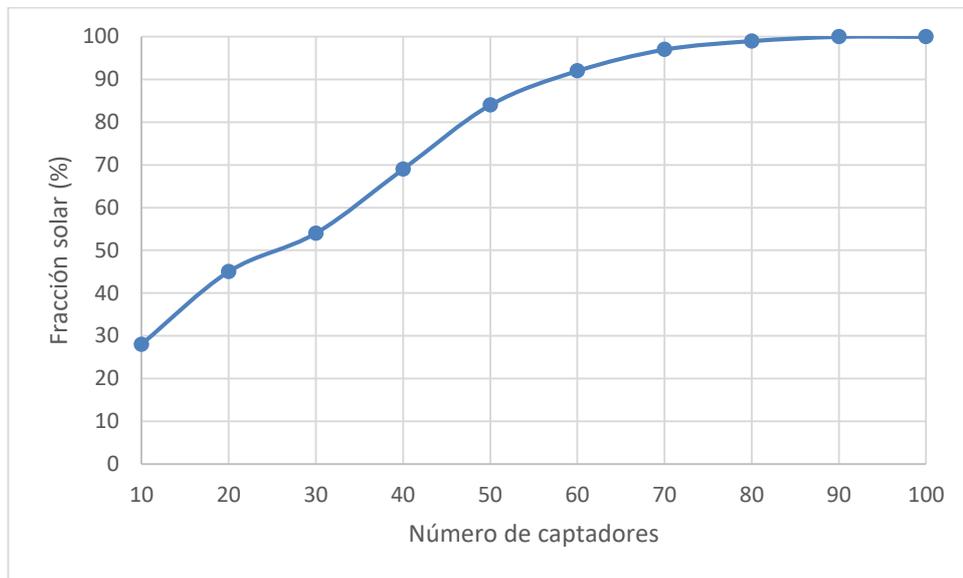
Área	2.29 m ²
Factor óptico	0.685
$F_R(\tau\alpha)$	3.15 W/m ² K
$F_R U_L$	0.006 W/m ² K ²
Orientación	0º
Inclinación	40º

Tabla 15. Datos del Captador solar Termicol P21.

2.4.1. Edificio Tipo I

Lo primero que se pretende calcular es el número total de captadores y su área de captación, para

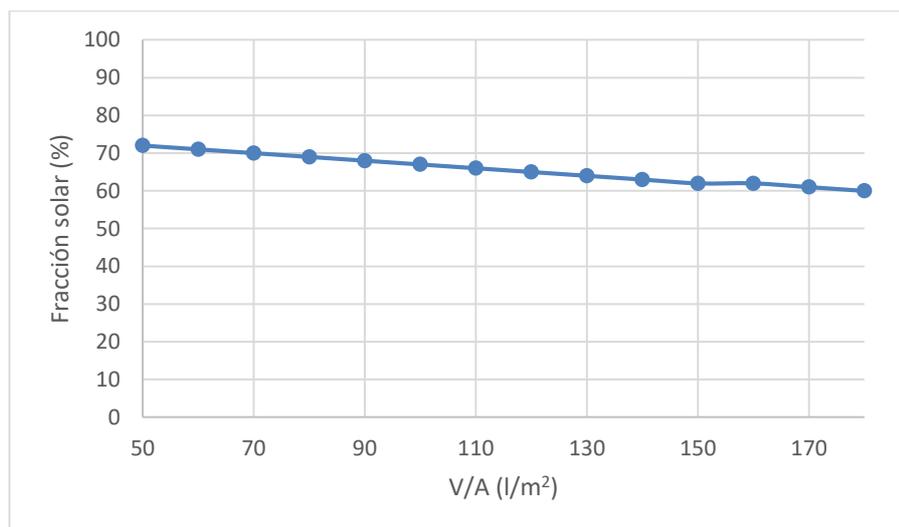
ello se mantiene constante el número de captadores en serie ($N_s=1$) y la relación $V/A = 75 \text{ l/m}^2$.



Gráfica 4. CS en función del número de captadores del Edificio Tipo I.

De la *Gráfica 4* se obtiene que el número de captadores mínimos para que la fracción solar cumpla con el CTE son 34. Por lo tanto, elegimos 40 captadores, que tendrán un área de captación de 91.6 m^2 .

A continuación se calcula el volumen de acumulación. Para ello se varía la relación V/A de 50 a 180 (para cumplir con el CTE), y además, se toma como número de captadores el elegido antes (40) y se mantiene constante el número de captadores en serie ($N_s=1$).

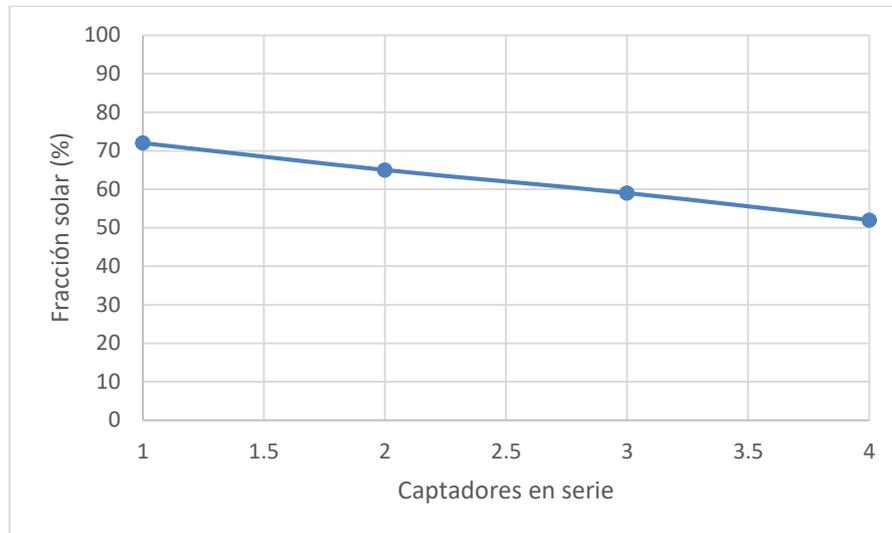


Gráfica 5. CS en función de V/A del Edificio Tipo I.

Aunque la *Gráfica 5* no siga la tendencia normal de dicha gráfica, la variación entre la fracción solar cuando se varía la relación V/A es muy pequeña, por lo tanto, se da por válida.

Observándola se ve que con el mínimo que se exige el reglamento, que es 50l/m^2 , la fracción solar sigue siendo mayor a 60, por lo tanto, se toma ese valor, cuyo volumen de acumulación es 4580 l.

Finalmente se calcula el número de captadores en serie, para ello, se fijan los valores del número total de captadores y del volumen de acumulación, obteniendo la siguiente gráfica (*Gráfica 6*):



Gráfica 6. CS en función del número de captadores en serie del Edificio Tipo I.

En la gráfica anterior se puede apreciar que para cumplir el reglamento se pueden poner hasta 3 captadores en serie, por lo tanto, se eligen 2 captadores en serie.

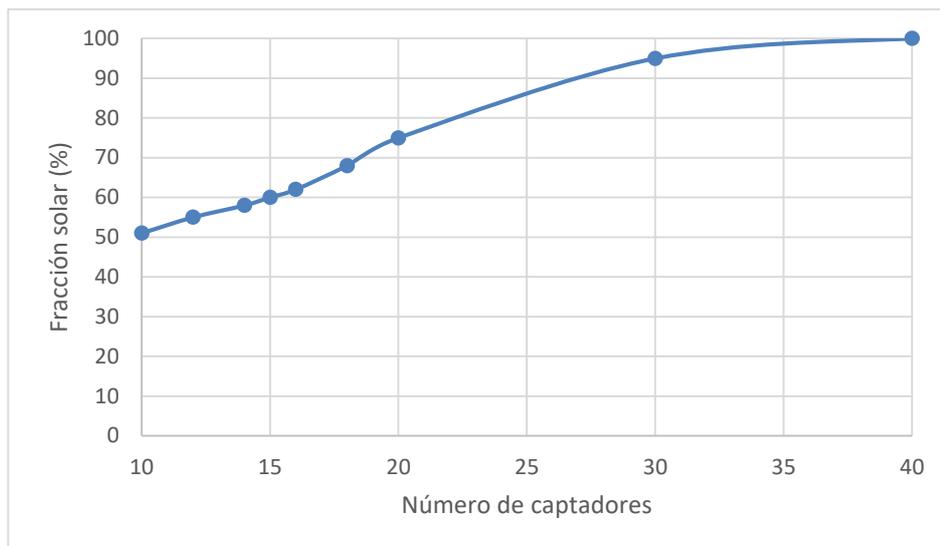
Por lo tanto, la solución elegida es:

- Número total de captadores: 40
- $V/A = 50\text{ l/m}^2$
- Área captación = 91.6 m^2
- Volumen = 4580 litros
- Número de captadores en serie: 1
- Fracción solar: 65%

2.4.2. Edificio Tipo II

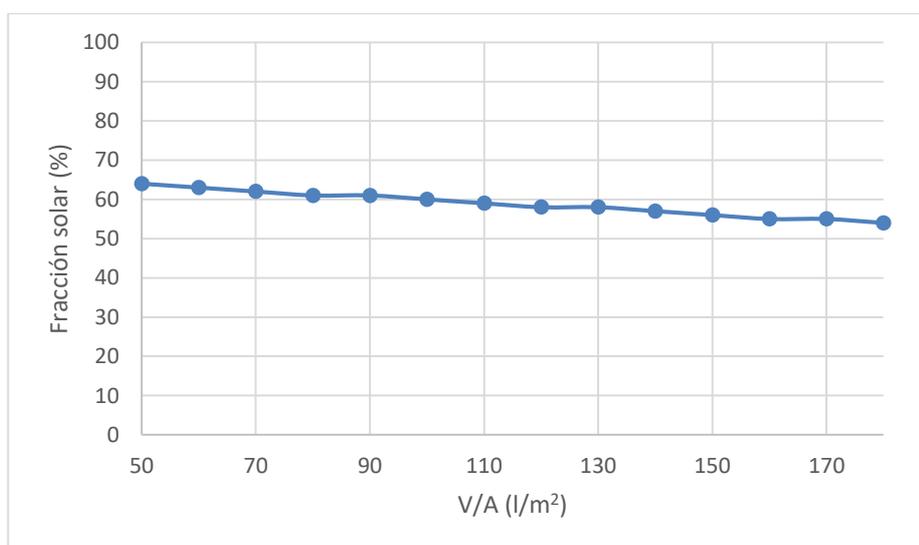
Los procedimientos son los mismos que los realizados para el edificio tipo 1.

Inicialmente se obtiene el número total de captadores y el área de captación, para ello se utiliza la gráfica siguiente (*Gráfica 7*). De ella se obtiene que el número total de captadores es 16 y el área de captación es 36.64 m^2 .



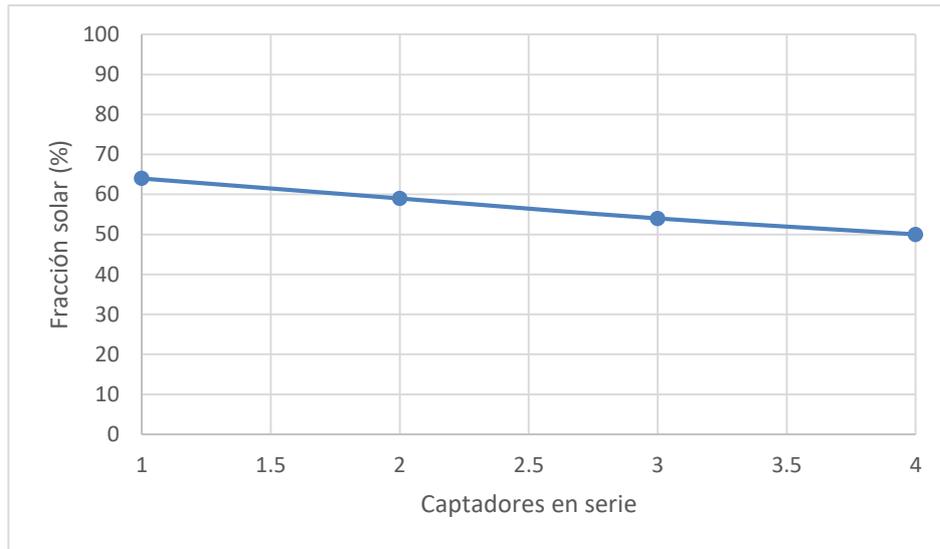
Gráfica 7. CS en función del número de captadores del Edificio Tipo II.

A continuación, tomando 16 como número total de captadores, se obtiene la siguiente gráfica (Gráfica 8). Se puede ver como la relación V/A mínima exigida por el reglamento cumple con la fracción solar mínima, por lo tanto, se cogen 50 l/m² y se tiene un volumen de acumulación de 1832 l.



Gráfica 8. CS en función de V/A del Edificio Tipo II.

Finalmente, con la Gráfica 9, se puede observar como el número de captadores en serie que cumple con el CTE es 1.



Grafica 9. CS en función del número de captadores en serie del Edificio Tipo II.

Por lo tanto, la solución elegida es:

- Número total de captadores: 16
- $V/A = 50 \text{ l/m}^2$
- Área de captación = 36.64 m^2
- Volumen = 1832 litros
- Número de captadores en serie: 1
- Fracción solar: 64%

2.5. Distancia entre captadores

Para los captadores solares no produzcan pérdidas por sombras, debe haber una distancia mínima entre ellos. Esta distancia mínima se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

Siendo d la distancia entre una fila de captadores y un obstáculo de altura h (Figura 29).

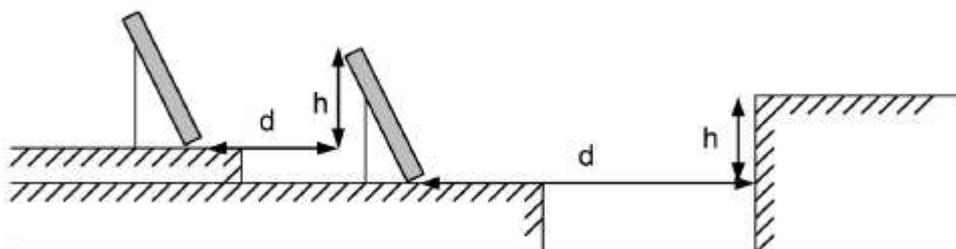


Figura 29. Separación mínima entre captadores.

En el caso de esta instalación el obstáculo tiene una altura de 1.05m y como la latitud es

36.4759°, se obtiene una distancia mínima de 2.3m.

2.6. Pérdidas por orientación e inclinación

Con respecto a la orientación, como la urbanización se encuentra en el hemisferio Norte, la mejor es la orientación Sur, ya que además, va a ser la que más radiación reciba durante todo el año.

La latitud de San Fernando es de 36.4759°, por lo que se ha elegido una inclinación de los captadores de 40°, un poco mayor, ya que la demanda va a ser preferente en invierno. Para saber si esta inclinación es correcta se tienen que calcular los límites de inclinación.

Los límites se calculan con respecto a una latitud de referencia, 41°, que tiene como inclinación máxima 60° y mínima 7°.

$$\beta_{max} = \beta_{max}(41^\circ) - (41^\circ - \emptyset)$$

$$\beta_{min} = \beta_{min}(41^\circ) - (41^\circ - \emptyset)$$

Siendo:

β_{max} : Inclinación máxima del captador

β_{min} : Inclinación mínima del captador

\emptyset : Latitud de la localidad = 36.4015°

Obteniendo que la inclinación debe estar comprendida entre $2.40 < \beta < 55.40$, por lo tanto, la inclinación elegida se encuentra dentro de los límites.

Con respecto a las pérdidas, el CTE establece que estas sean inferiores a los límites de la *Tabla 16*.

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

Tabla 16. Límites de las pérdidas por orientación e inclinación y sombras.

Para comprobar dichas pérdidas se utiliza la siguiente ecuación:

$$Pérdidas (\%) = 100 \cdot \left[1.2 \cdot 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3.5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right]$$

Siendo:

β_{opt} : Inclinación óptima, igual a la latitud del lugar

α : Ángulo de azimut. Orientación Sur: $\alpha = 0$

Se obtiene que las pérdidas son menores del 10%, por lo tanto, la contribución solar mínima no se ve afectada.

2.7. Dimensionado del equipo de intercambio

Para el dimensionado del intercambiador el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE impone

que un intercambiador independiente debe cumplir la siguiente condición:

$$P_{intercambiador} \geq 500 \cdot A_{captación} \text{ (I)}$$

Siendo:

$A_{captación}$ de cada instalación

$$P_{intercambiador} = G_{primario} \cdot c_{p,fluido} \cdot \Delta T \text{ (II)}$$

Además impone que el intercambiador independiente debe ser de placas de acero inoxidable o cobre y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

2.7.1. Edificio Tipo I

El área de captación es de 91.6 m², por lo que:

$$P_{intercambiador,I} \geq 45.8 \text{ kW}$$

Relacionando las dos ecuaciones de la potencia del intercambiador (ecuaciones I y II) hallamos el valor mínimo del salto de temperatura:

$$45.8 \text{ kW} \leq \frac{3664 \cdot 1.017 \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right) \cdot 4.0964 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}\right) \cdot \Delta T}{3600}$$

$$\Delta T \geq 10.8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El intercambiador seleccionado para la instalación de este tipo de edificio, que cumple con las condiciones anteriores, es el modelo DP/LA14 de número de placas 40, del fabricante MECALIA. Este modelo tiene una diferencia de temperaturas de 15°C en el circuito primario y una superficie de intercambio de 201x80 mm. En la *Tabla 17* se encuentran sus condiciones de operación.

Potencia (kW)	Caudal primario (l/h)	Pérdida de carga primario (mca/kPa)	Caudal secundario (l/h)	Pérdida de carga secundario (mca/kPa)
56	3286	2.8 / 27.44	1377	0.54 / 5.292

Tabla 17. Condiciones de operación del intercambiador DP/LA14 de 40 placas.

2.7.2. Edificio Tipo II

El área de captación es de 36.64 m², por lo que:

$$P_{intercambiador,II} \geq 18.32 \text{ kW}$$

Relacionando las dos ecuaciones de la potencia del intercambiador (ecuaciones I y II) hayamos el valor mínimo del salto de temperatura:

$$18.32 \text{ kW} \leq \frac{1465.6 \cdot 1.017}{3600} \left(\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right) \cdot 4.0964 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \right) \cdot \Delta T$$

$$\Delta T \geq 10.8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El intercambiador seleccionado para la instalación de este tipo de edificio, que cumple con las condiciones anteriores, es el modelo DP/LA14 de número de placas 20, del fabricante MECALIA. Este modelo tiene una diferencia de temperaturas de 15°C en el circuito primario y una superficie de intercambio de 201x80 mm. En la *Tabla 18* se encuentran sus condiciones de operación.

Potencia (kW)	Caudal primario (l/h)	Pérdida de carga primario (mca/kPa)	Caudal secundario (l/h)	Pérdida de carga secundario (mca/kPa)
31	1819	2.35 / 23.03	762	0.46 / 4.508

Tabla 18. Condiciones de operación del intercambiador DP/LA14 de 20 placas

2.8. Cálculos sobre la red de tuberías

2.8.1. Fluido del circuito primario

Para seleccionar el fluido de trabajo el CTE especifica que dependerá del fabricante de los captadores. Los captadores solares elegidos utilizan como fluido caloportador Propilenglicol.

El Propilenglicol es anticongelante, cuya función es evitar que se congele el circuito primario de la instalación. Para saber el porcentaje de este en la composición se utiliza la *Tabla 19*, que muestra el porcentaje del fluido con respecto a su temperatura de congelación.

La temperatura mínima histórica registrada en San Fernando es de -1°C, el día 11 de febrero de 1956. Así, la temperatura de diseño es de -6°C.

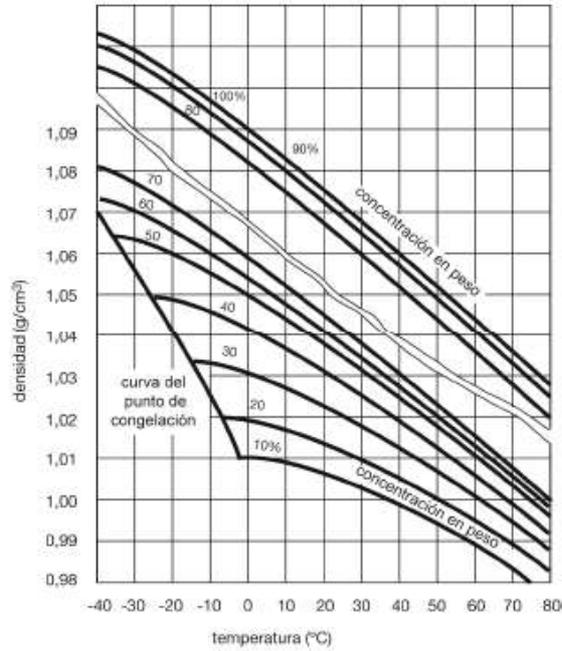
% Propilenglicol	Hasta °C
0%	0
10%	-3
20%	-8
30%	-14
40%	-22
50%	-34
60%	-48
100%	-59

Tabla 19. Porcentaje de propilenglicol en función de su temperatura de congelación.

Mediante los datos de la tabla anterior e interpolando, se obtiene que el porcentaje de propilenglicol en agua para -6°C es de un 16%.

La mezcla es, por tanto, un 84% de agua y un 16% de propilenglicol.

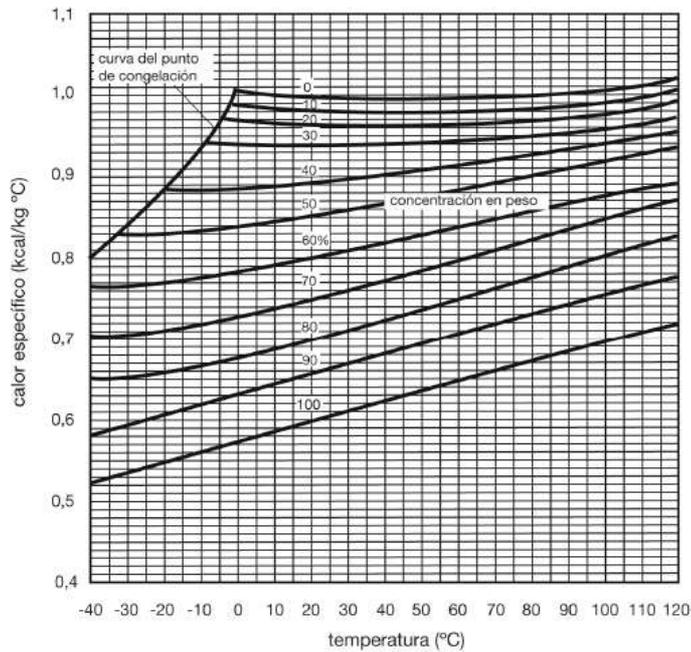
Para calcular la densidad del fluido primario se ha utilizado la curva del propilenglicol que relaciona la temperatura con la densidad (*Gráfica 10*).



Gráfica 10. Densidad de una disolución de propilenglicol, en función de la temperatura.

Mediante la anterior gráfica teniendo una concentración del 16% y en la curva de congelación, se obtiene que la densidad del fluido es 1.017 g/cm³, que es igual a 1.017 kg/litros.

Para calcular el c_p del fluido primario se ha utilizado la curva del propilenglicol que relaciona la temperatura con el calor específico.



Grafica 11. Calor específico de una disolución de propilenglicol, en función de la temperatura.

Mediante la *Gráfica 11*, teniendo una concentración del 16% y en la curva de congelación, se obtiene que el calor específico del fluido es 0.98 kcal/kg·°C, que es igual a 4.0964 KJ/kg·°C.

El volumen total de la instalación, que se calculará en los siguientes apartados, es de 178.046 litros para el Edificio Tipo I y de 39.6 litros para el Edificio Tipo II, por lo que el volumen de propilenglicol será, para cada tipo de edificio, de 28.48 litros y 6.34 litros, respectivamente.

2.8.2. Caudal del circuito primario

Entre las características de los captadores se encuentra:

$$G_{ensayo} = 40 \frac{l}{h m^2}$$
$$A_{captador} = 2.29 m^2$$

2.8.2.1. Edificio Tipo I

El caudal del circuito primario se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_{primario} = G_{ensayo} \cdot A_{captador} \cdot \frac{N_{captadores}}{N_{serie}} = 3664 \frac{l}{h}$$

Siendo:

$$N_{captadores} = 40$$

$$N_{serie} = 1$$

2.8.2.2. Edificio Tipo II

El caudal se calcula del mismo modo, solo cambia el número de captadores:

$$N_{captadores} = 16$$

$$N_{serie} = 1$$

$$Q_{primario} = 1465.6 \frac{l}{h}$$

2.8.3. Pérdida de carga de los captadores

En la ficha técnica del captador solar TERMICOL P21 se encuentra la ecuación de Caída de Presión (*Tabla 20*), de la que, a partir del caudal se obtiene la pérdida de carga de cada captador.

Caída de presión					
Caudal (l/h)	36	84	132	186	234
Pérdida presión (Pa)	45	126	231	376	531
Caudal (Pa)	$\Delta H = 0.005 Q^2 + 1.073 Q$				

Tabla 20. Caída de presión del Captador Solar TERMICOL P21.

$$Q_{\text{captador}} = G_{\text{ensayo}} \cdot A_{\text{captador}} = 40 \frac{l}{h m^2} \cdot 2.29 m^2 = 91.6 \frac{l}{h}$$

Por lo tanto, la pérdida de carga de cada captador es 140.24 Pa, o 0.14024 kPa.

2.8.4. Dimensionado de la red de tuberías

Para el dimensionado de los diámetros de las tuberías se tienen que tener en cuenta las recomendaciones que aparecen en el pliego de condiciones técnicas proporcionadas por el IDAE:

- La velocidad de las tuberías no deberá sobrepasar los 1.2 m/s.
- Las pérdidas de carga, al ser una mezcla de agua y anticongelante, no pueden superar los 40 mm.c.a/m por un factor corrector de 1.3, por lo tanto:

$$\Delta P \leq 1.3 \cdot 40 = 52 \frac{mm. c. a.}{m} = 509.6 \frac{Pa}{m}$$

- Los diámetros tienen que estar normalizados (DN).

Para la elección de los diámetros y el cálculo de las pérdidas de carga de la red de tuberías se utiliza una función Excel del profesor Juan Francisco Coronel Toro, profesor del departamento de Termotecnia de la ETSI.

Esta función Excel pide como parámetros de entrada el caudal, la longitud y el diámetro de las tuberías, además de la longitud equivalente de los accesorios y la pérdida de carga de los equipos.

Primero de todo se tienen que definir los tramos de las instalaciones, incluidos en el apartado de planos del proyecto. Una vez que se tienen se define el caudal que pasa por cada uno de ellos.

Con respecto a la elección del diámetro normalizados de las tuberías, se utiliza la *Tabla 21*, que se selecciona en función del caudal límite, teniendo en cuenta cuál es el caudal de cada tramo.

D (")	D(mm)	V_392Pa (l/h)	V_3m/s (l/h)	Caudal Lim
3/4	19.05	709	3078	709
1	25.4	1555	5472	1555
1-1/4	31.75	2850	8551	2850
1-1/2	38.1	4667	12313	4667

Tabla 21. Caudal límite en función del diámetro.

Una vez que se tienen los diámetros y longitudes se introduce en la función Excel y se obtiene la pérdida de carga de cada tramo.

A continuación se obtiene la pérdida de carga de los accesorios. Para ello se obtiene la longitud equivalente de los accesorios de cada tramo. Para hacerla se utiliza la *Tabla 22*, sumando los accesorios de cada tramo en función de su diámetro.

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

Tabla 22. Longitud equivalente de los accesorios.

Finalmente se añaden la pérdidas de carga de los equipos, que en este caso es la de los captadores y la del intercambiador de calor, y se suman todas las pérdidas de carga para tener la total de cada tramo.

2.8.4.1. Edificio Tipo I

En la siguiente tabla (*Tabla 23*) se encuentra la pérdida de carga total de cada tramo de este tipo de edificio. La distinción de tramos se encuentra en el *Figura 30*.

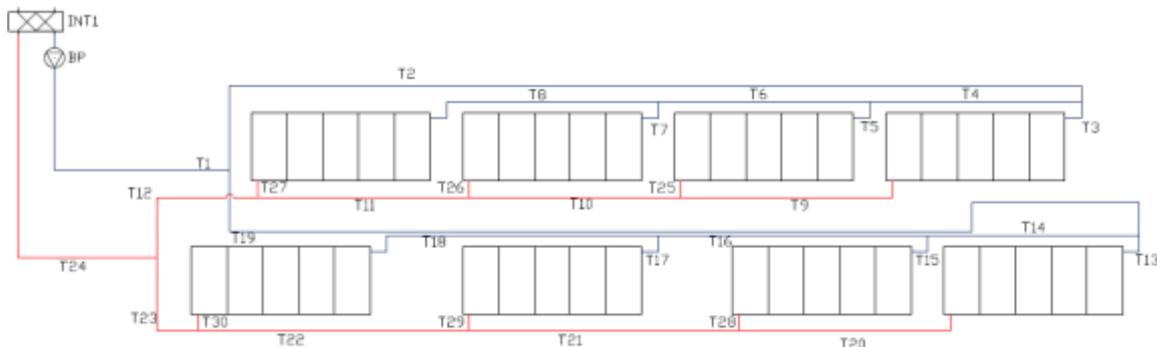


Figura 30. Esquema de identificación de los tramos de la instalación I.

Con respecto a las pérdidas de carga de los equipos, la pérdida de carga del intercambiador se encuentra en el apartado anterior (2.7) y se le suma únicamente al tramo 1, y las pérdidas de carga de los captadores se le suman a los tramos 9, 25, 26, 27, 20, 28, 29, 30.

Tramo	Longitud (m)	Q(l/h)	Diámetro (")	Dp _t (Pa/m)	Dp _t (kPa)	L accesorio (m)	Dp _{acc} (kPa)	Dp _{ut} (kPa)	Dp _{tot} (kPa)
1	7.00	3664	1.5	255.81	1.79	5.29	1.35	27.44	30.58
2	29.10	1832	1.25	180.83	5.26	1.71	0.31	0.00	5.57
3	1.00	458	0.75	185.02	0.19	1.8	0.33	0.00	0.52
4	6.46	1374	1	315.92	2.04	0.92	0.29	0.00	2.33
5	1.00	458	0.75	185.02	0.19	2.29	0.42	0.00	0.61
6	6.46	916	1	156.45	1.01	0.92	0.14	0.00	1.15
7	1.00	458	0.75	185.02	0.19	2.29	0.42	0.00	0.61
8	7.46	458	0.75	185.02	1.38	2.09	0.39	0.00	1.77
9	6.96	458	0.75	185.02	1.29	1.8	0.33	0.70	2.32
10	6.46	916	1	156.45	1.01	0.24	0.04	0.00	1.05
11	6.46	1374	1	315.92	2.04	0.24	0.08	0.00	2.12
12	5.43	1832	1.25	180.83	0.98	0.83	0.15	0.00	1.13
13	1.00	458	0.75	185.02	0.19	1.71	0.32	0.00	0.50
14	6.46	1374	1	315.92	2.04	1.8	0.57	0.00	2.61
15	1.00	458	0.75	185.02	0.19	0.92	0.17	0.00	0.36
16	8.23	916	1	156.45	1.29	2.29	0.36	0.00	1.65
17	1.00	458	0.75	185.02	0.19	0.92	0.17	0.00	0.36
18	9.29	458	0.75	185.02	1.72	2.29	0.42	0.00	2.14
19	31.56	1832	1.25	180.83	5.71	3.13	0.57	0.00	6.27
20	6.96	458	0.75	185.02	1.29	1.8	0.33	0.70	2.32
21	8.23	916	1	156.45	1.29	0.24	0.04	0.00	1.32
22	8.29	1374	1	315.92	2.62	0.24	0.08	0.00	2.69
23	4.01	1832	1.25	180.83	0.72	0.83	0.15	0.00	0.87
24	10.32	3664	1.5	255.81	2.64	5.29	1.35	0.00	3.99
25	0.5	458	0.75	185.02	0.09	0.66	0.12	0.70	0.92
26	0.5	458	0.75	185.02	0.09	0.66	0.12	0.70	0.92
27	0.5	458	0.75	185.02	0.09	0.66	0.12	0.70	0.92
28	0.5	458	0.75	185.02	0.09	0.66	0.12	0.70	0.92
29	0.5	458	0.75	185.02	0.09	0.66	0.12	0.70	0.92
30	0.5	458	0.75	185.02	0.09	0.66	0.12	0.70	0.92

Tabla 23. Pérdida de carga total de por tramos del Edificio Tipo I.

Por último se calcula el desequilibrio de la instalación. Para ello se definen los circuitos posibles en la instalación y se calcula su pérdida de carga.

Circuito	Tramos	Equipos	Dp _{circuito} (kPa)	Desequilibrio
1	1,2,4,6,8,27,12	Intercambiador y batería de 5 captadores	43.46	2.50
2	1,2,4,6,7,28,11,12	Intercambiador y batería de 5 captadores	44.42	1.54
3	1,2,4,5,25,10,11,12	Intercambiador y batería de 5 captadores	44.31	1.64
4	1,2,3,9,10,11,12	Intercambiador y batería de 5 captadores	43.29	2.66
5	1,19,14,16,18,30,23	Intercambiador y batería de 5 captadores	45.04	0.91
6	1,19,14,16,17,29,22,23	Intercambiador y batería de 5 captadores	45.95	0.00
7	1,19,14,15,28,21,22,23	Intercambiador y batería de 5 captadores	45.63	0.32
8	1,19,13,20,21,22,23	Intercambiador y batería de 5 captadores	44.57	1.38

Tabla 24. Circuitos y desequilibrios del Edificio Tipo I.

En la *Tabla 24* se puede observar como el desequilibrio en los distintos circuitos es del mismo orden. El desequilibrio de la instalación se calcula con respecto a la trayectoria con mayor pérdida de carga, que en este caso es 45.95 kPa, siendo el desequilibrio máximo del sistema de 2.66, por lo que el sistema está bien equilibrado.

2.8.4.2. Edificio Tipo II

La pérdida de carga de la instalación de este tipo de edificio es la siguiente (*Tabla 25*). La distinción de los tramos se encuentra en la *Figura 31*.

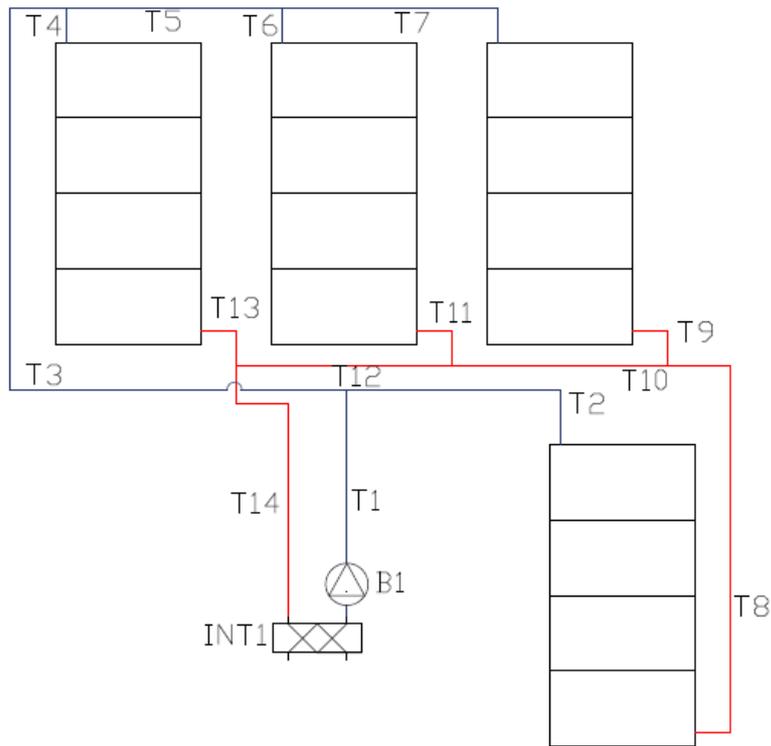


Figura 31. Esquema de identificación de los tramos de la instalación II.

Con respecto a las pérdidas de carga de los equipos, la pérdida de carga del intercambiador se encuentra en el apartado anterior (2.7) y se le suma únicamente al tramo 1, y las pérdidas de carga de los captadores se le suman a los tramos 8, 9, 11, 13.

Tramo	Longitud (m)	Q(l/h)	Diámetro (")	Dp _t (Pa/m)	Dp _t (kPa)	L accesorio (m)	Dp _{acc} (kPa)	Dp _{ut} (kPa)	Dp _{tot} (kPa)
1	1.70	1465.6	1	353.52	0.60	0.92	0.33	23.03	23.96
2	3.86	366.4	0.75	126.51	0.49	1.22	0.15	0.00	0.64
3	11.18	1099.2	1	214.42	2.40	1.96	0.42	0.00	2.82
4	0.50	366.4	0.75	126.51	0.06	0.44	0.06	0.00	0.12
5	3.10	732.8	1	106.57	0.33	0.48	0.05	0.00	0.38
6	0.50	366.4	0.75	126.51	0.06	0.44	0.06	0.00	0.12
7	3.60	366.4	0.75	126.51	0.45	0.73	0.09	0.00	0.55
8	6.23	366.4	0.75	126.51	0.79	1.02	0.13	0.56	1.48
9	0.50	366.4	0.75	126.51	0.06	0.75	0.09	0.56	0.72
10	3.10	732.8	1	106.57	0.33	0.48	0.05	0.00	0.38
11	0.50	366.4	0.75	126.51	0.06	0.73	0.09	0.56	0.72
12	3.10	1099.2	1	214.42	0.66	1.16	0.25	0.00	0.91
13	0.50	366.4	0.75	126.51	0.06	0.93	0.12	0.56	0.74
14	3.06	1465.6	1	353.52	1.08	1.72	0.61	0.00	1.69

Tabla 25. Pérdida de carga total del Edificio Tipo II.

Finalmente, se calcula el desequilibrio de la instalación.

Circuito	Tramos	Equipos	Dp_circuito (kPa)	Desequilibrio
1	1,2,8,10,12,14	Intercambiador y batería de 4 captadores	29.06	2.34
2	1,3,4,13,14	Intercambiador y batería de 4 captadores	29.33	2.08
3	1,3,5,6,11,12,14	Intercambiador y batería de 4 captadores	30.59	0.81
4	1,3,5,7,9,10,12,14	Intercambiador y batería de 4 captadores	31.41	0.00

Tabla 26. Circuitos y desequilibrios del Edificio Tipo II.

En la *Tabla 26* se puede observar como el desequilibrio en los distintos circuitos es del mismo orden. El desequilibrio de la instalación se calcula con respecto a la trayectoria con mayor pérdida de carga, que en este caso es 31.41 kPa, siendo el desequilibrio máximo del sistema de 2.34, por lo que el sistema está bien equilibrado.

2.9. Dimensionado del grupo de bombeo

El Pliego de Condiciones Técnicas establece lo siguiente:

- Si la superficie de captación es superior a 50 m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario.
- Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión debería mantenerse aceptablemente baja en todo el circuito.
- Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

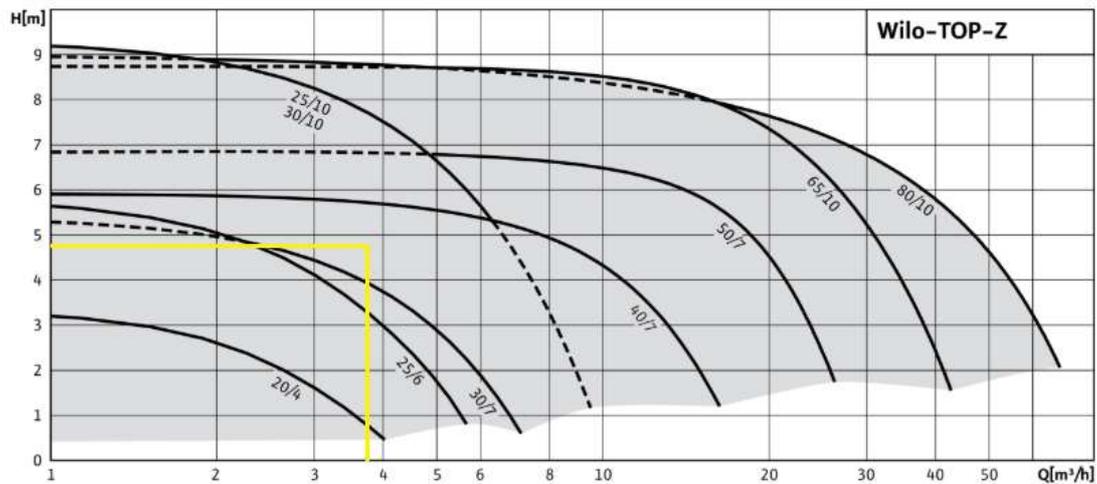
2.9.1. Edificio Tipo I

La instalación de este tipo de edificio cuenta con un área de captación de 91.6 m², por lo que es obligatorio poner dos bombas idénticas en paralelo. El caudal que va a pasar por la bomba es el caudal del circuito primario, 3.664 m³/h.

La pérdida de carga que debe vencer la bomba es la del circuito más desfavorable. Esta se calcula multiplicando la pérdida de carga del circuito por el coeficiente de seguridad, *k*, que se utiliza para sobredimensionar la bomba en un 5 % de su capacidad.

$$\Delta P_{bomba} = \Delta P_{circuito,m\acute{a}x} \cdot k = 45.95 \text{ kPa} \cdot 1.05 = 48.2475 \text{ kPa} = 4.92 \text{ mca}$$

Una vez que se tiene el caudal y la pérdida de carga que tiene que vencer la bomba, se elige el modelo de bomba. El fabricante elegido es Wilo. Dentro del catálogo de este se ha seleccionado el tipo de bomba Wilo-Star-Z, cuya curva de los tipos de bombas se encuentra en la *Gráfica 12*. Para las condiciones de la instalación de este tipo de edificio se selecciona la bomba Wilo-Top-Z 40/7.



Gráfica 12. Selección de la bomba Wilo-Top-Z para el Edificio Tipo I.

La bomba elegida cuenta con las siguientes características (Tabla 27):

Caudal máximo (m ³ /h)	Pérdida de carga máxima (mca)	Consumo eléctrico (W) Mín / Máx	Fase
16.2	6	175 / 340	Monofásica

Tabla 27. Condiciones de operación de la bomba Wilo-Top-Z 40/7.

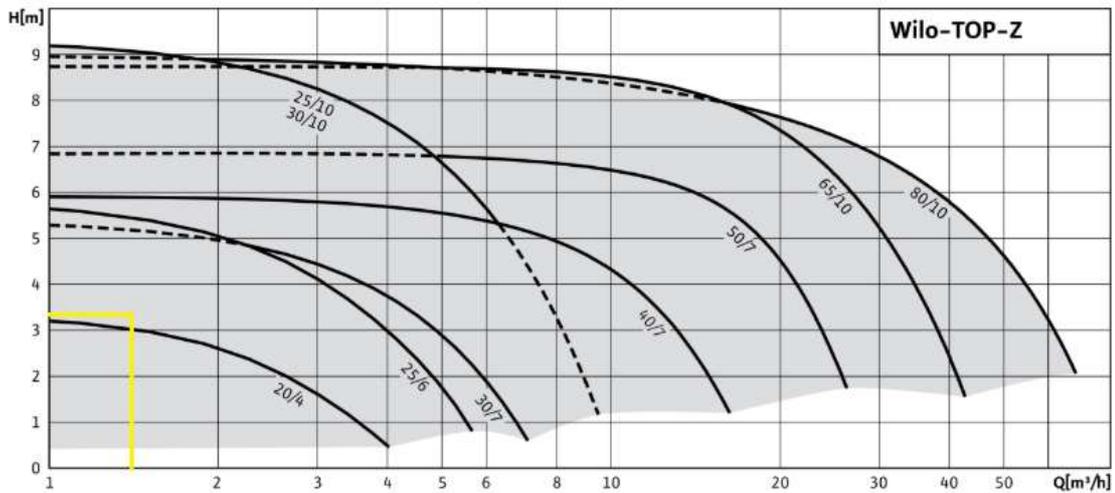
2.9.2. Edificio Tipo II

La instalación de este tipo de edificio cuenta con un área de captación de 36.64 m², por lo que no es necesario poner dos bombas en paralelo, solo una. El caudal que va a pasar por la bomba es el caudal del circuito primario, 1.47 m³/h.

La pérdida de carga se calcula de la misma manera que en el apartado anterior.

$$\Delta P_{bomba} = \Delta P_{circuito,máx} \cdot k = 31.41 \text{ kPa} \cdot 1.05 = 32.9805 \text{ kPa} = 3.3654 \text{ mca}$$

Dentro del catálogo del fabricante WILO se ha seleccionado el tipo de bomba Wilo-Top-Z, cuya curva de los tipos de bombas se encuentra en la Gráfica 13. Para las condiciones de la instalación de este tipo de edificio se selecciona la bomba Wilo-Top-Z 30/7.



Grafica 13. Selección de la bomba Wilo-Top-Z para el Edificio Tipo II.

La bomba elegida cuenta con las siguientes características (Tabla 28):

Caudal máximo (m3/h)	Pérdida de carga máxima (mca)	Consumo electrico (W) Mín / Máx	Fase
7.1	5.5	70 / 185	Monofásica

Tabla 28. Condiciones de operación de la bomba Wilo-Top-Z 30/7.

2.10. Dimensionado del vaso de expansión

El dimensionado del vaso de expansión viene definido por la norma UNE 100155, que se corresponde con el diseño y cálculo de sistemas de expansión.

Para su dimensionado se siguen 3 pasos:

- 1) Se calcula el coeficiente de presión.

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

Siendo:

$P_{m\acute{a}x}$: Presión máxima de funcionamiento. Se toma el valor de 8 bar (absolutos), que es igual a la presión máxima de los captadores.

$P_{m\acute{i}n}$: Presión mínima. Es la presión estática que existe entre el punto más alto y la situación del vaso de expansión. En este caso, el punto más alto es de la instalación es la altura del captador, que es 1.35 metros, por lo que la presión manométrica referida a la altura es de 0.135 bar. Para esta instalación el margen de seguridad es de 0.2 bar.

$$P_{m\acute{i}n} = P_{seg} + \Delta h + P_{atm} = 0.2 + 0.135 + 1 = 1.335 \text{ bar}$$

Obteniendo:

$$c_p = 1.2$$

- 2) Se calcula el coeficiente de expansión del fluido primario. Al ser una mezcla de agua y propilenglicol, se multiplica por el factor de corrección f_e , y como la temperatura del fluido en esta parte del circuito va a estar comprendida entre 30°C y 70°C, ya que el fluido habrá disminuido su temperatura en el intercambiador, se utiliza la siguiente expresión, sacada de la norma UNE 100155:

$$C_e = f_e \cdot (-1.75 + 0.064 \cdot T + 0.0036 \cdot T^2) \cdot 10^{-3}$$

$$f_e = a \cdot (1.8 \cdot T + 32)^b$$

$$a = -0.0134 \cdot (G^2 - 143.8 \cdot G + 1918.2)$$

$$b = 3.5 \cdot 10^{-4} \cdot (G^2 - 94.57 \cdot G + 500)$$

Siendo:

T : Temperatura del fluido cuando pasa por el vaso de expansión. $T = 60^\circ\text{C}$

f_e : factor de corrección debido al contenido de propilenglicol que tiene el fluido

G : porcentaje de propilenglicol en el agua. $G = 16$

Obteniendo:

$$C_e = 0.006892$$

2.10.1. Edificio Tipo I

Para calcular el volumen del vaso de expansión hay que calcular, por último, el volumen total de la instalación.

$$V_T = V_{\text{captación}} + V_{\text{tuberías}} + V_{\text{intercambiador}} + V_{\text{seguridad}} = 178.046 \text{ litros}$$

Siendo:

$V_{\text{captación}}$: volumen que pasa por los captadores. La capacidad de cada captador es de 1.15 litros.

$$V_{\text{captación}} = V_c \cdot N = 1.15 \text{ litros} \cdot 40 \text{ captadores} = 46 \text{ litros}$$

$V_{\text{tuberías}}$: suma de los volúmenes de todas las tuberías del circuito primario. Se calcula multiplicando el área de cada tramo por su longitud. $V_{\text{tuberías}} = 115.46 \text{ litros}$

$V_{\text{intercambiador}}$: volumen del canal del circuito primario. Es igual a 0.4 litros.

$V_{\text{seguridad}}$: es el 10% de la suma del volumen de captación, tuberías e intercambiador.

$$V_{\text{seguridad}} = 0.1 \cdot (V_{\text{captación}} + V_{\text{tuberías}} + V_{\text{intercambiador}}) = 16.186 \text{ litros}$$

Por lo tanto, ya se puede calcular el volumen del vaso de expansión mediante la siguiente expresión:

$$V_{v,expansión} = V_T \cdot C_e \cdot C_p = 178.046 \text{ litros} \cdot 0.006892 \cdot 1.2 = 1.47 \text{ litros}$$

Como el volumen del vaso de expansión es pequeño, el menor tamaño del mercado es de 2 litros. El modelo elegido es el 2 SMF, del fabricante IBAIONDO.

2.10.2. Edificio Tipo II

Para calcular el volumen del vaso de expansión hay que calcular, por último, el volumen total de la instalación.

$$V_T = V_{captación} + V_{tuberías} + V_{seguridad} = 39.6 \text{ litros}$$

$$V_{captación} = V_c \cdot N = 1.15 \text{ litros} \cdot 16 \text{ captadores} = 18.4 \text{ litros}$$

$$V_{tuberías} = 17.4 \text{ litros}$$

$$V_{intercambiador} = 0.2 \text{ litros}$$

$$V_{seguridad} = 0.1 \cdot (V_{captación} + V_{tuberías} + V_{intercambiador}) = 3.6 \text{ litros}$$

Por lo tanto, ya se puede calcular el volumen del vaso de expansión mediante la siguiente expresión:

$$V_{v,expansión} = V_T \cdot C_e \cdot C_p = 39.38 \text{ litros} \cdot 0.006892 \cdot 1.2 = 0.33 \text{ litros}$$

Como el volumen del vaso de expansión es pequeño, el menor tamaño del mercado es de 2 litros. El modelo elegido es el 2 SMF, del fabricante IBAIONDO.

2.11. Cálculo de los aislamientos

Para el cálculo de los aislamientos se recurre al Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), que indica que todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con temperatura mayor que 40 °C cuando estén instalados en locales no calefactados.

2.11.1. Aislamiento en tuberías

Para el aislamiento de las tuberías el RITE tiene dos procedimientos, de los cuales se va a utilizar el simplificado. Este dice que 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 dos tablas, una para tuberías interiores y otra para exteriores.

Como todos los elementos se van a colocar en el exterior, la tabla utilizada del RITE es la siguiente (*Tabla 29*):

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 29. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios.

Mediante la tabla anterior se obtienen los espesores mínimos de la red de tuberías.

2.11.1.1. Edificio Tipo I

En este tipo de edificio se diferencian cuatro diámetros en la red de tuberías, por lo tanto, los espesores mínimos de estas son (Tabla 30):

Diámetro (")	Diámetro (mm)	Espesor (mm)
0.75	19.05	35
1	25.4	35
1.25	31.75	35
1.5	38.1	40

Tabla 30. Espesores mínimos en función del diámetro del Edificio Tipo I.

2.11.1.2. Edificio Tipo II

En este tipo de edificio se diferencian dos diámetros en la red de tuberías, por lo tanto, los espesores mínimos de estas son (Tabla 31):

Diámetro (")	Diámetro (mm)	Espesor (mm)
0.75	19.05	35
1	25.4	35

Tabla 31. Espesores mínimos en función del diámetro del Edificio Tipo II.

2.11.2. Aislamiento en depósitos de acumulación

Los depósitos elegidos del fabricante LAPESA vienen aislados térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectada en molde, libre de CFC. Además, al ubicarlos en la azotea del edificio se van a pintar con pintura asfáltica

La Pintura Asfáltica es una pintura bituminosa compuesta por asfaltos especiales, solventes y pigmentos de aluminio de alta calidad. Es un producto impermeabilizante y actúa además como recubrimiento anticorrosivo de metales.

2.12. Selección de accesorios

- 1) Válvulas. Las válvulas existentes en la instalación son:
 - a. Válvula de corte. Colocadas a la entrada y salida de cada uno de los equipos. Hay un total de 45 en el Edificio Tipo I y 28 en el Edificio Tipo II.
 - b. Válvula antirretorno. Colocada a la salida de cada bomba. Hay un total de 6 en el Edificio Tipo I y 3 en el Edificio Tipo II.
 - c. Válvulas de seguridad. Colocada a la salida del campo solar y al lado de los vasos de expansión. Hay un total de 3 válvulas en el Edificio Tipo I y otras 3 en el Edificio Tipo II.
 - d. Válvula de drenaje. Colocada después del grupo de bombeo del circuito primario y en la parte inferior de los acumuladores. Hay un total de 3 válvulas en el Edificio Tipo I y otras 2 en el Edificio Tipo II.
- 2) Purgadores. Se coloca a la salida de las baterías de captadores. Hay un total de 8 purgadores en el Edificio Tipo I y 4 en el Edificio Tipo II.

3 ANEXOS

Certificado CHEQ4 Edificio Tipo I



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

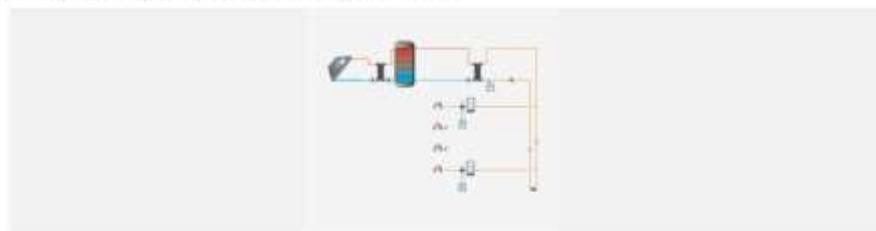
Datos del proyecto

Nombre del proyecto	
Comunidad	
Localidad	
Dirección	

Datos del autor

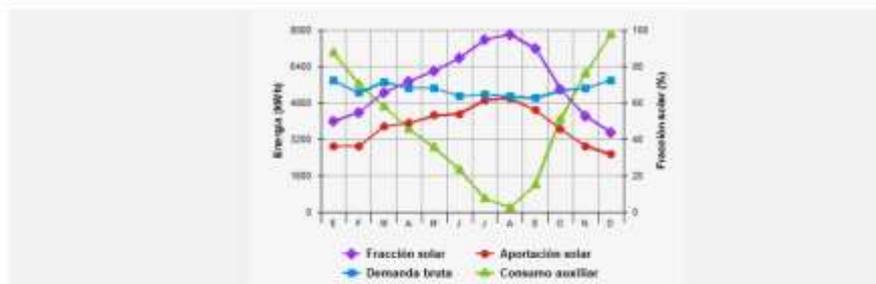
Nombre	
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

Características del sistema solar



Localización de referencia	San Fernando (Cádiz)
Altura respecto la referencia [m]	0
Sistema seleccionado	Instalación con consumo múltiple semicentralizada
Demanda [l/día a 60°C]	2.499
Ocupación %	Ene: 100, Feb: 100, Mar: 100, Abr: 100, May: 100, Jun: 100, Jul: 100, Ago: 100, Sep: 100, Oct: 100, Nov: 100, Dic: 100

Resultados



Fracción solar [%]	71
Demanda neta [kWh]	47,214
Demanda bruta [kWh]	64,841
Aporte solar [kWh]	45,755
Consumo auxiliar [kWh]	45,864
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	16,334

CHEQ4



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

Parámetros del sistema		Verificación en obra
Campo de captadores		
Captador seleccionado	TERMICOL P21 (Termicol)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	NPS-17718	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	40.0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	1.0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0.0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0.0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	40.0	<input type="checkbox"/>
Circuito primario/secundario		
Caudal circuito primario [l/h]	6,595.0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	0.0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	20.0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	42.0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	50.0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Sistema de apoyo		
Tipo de sistema	Termo eléctrico	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Electricidad	<input type="checkbox"/>
Acumulación		
Volumen [l]	5,496.0	<input type="checkbox"/>
Distribución		
Longitud del circuito de distribución [m]	40.0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	30.0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	35.0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Distribución subestaciones		
Longitud del circuito de distribución [m]	50.0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	20.0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	35.0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>

Certificado CHEQ4 Edificio Tipo II

CHEQ4

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

Datos del proyecto

Nombre del proyecto	
Comunidad	
Localidad	
Dirección	

Datos del autor

Nombre	
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

Características del sistema solar

Localización de referencia	San Fernando (Cádiz)
Altura respecto la referencia [m]	0
Sistema seleccionado	Instalación con consumo múltiple semicentralizada
Demanda [l/día a 60°C]	1,210

Ocupación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jún	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Resultados

Fracción solar [%]	61
Demanda neta [kWh]	22,861
Demanda bruta [kWh]	29,911
Aporte solar [kWh]	18,373
Consumo auxiliar [kWh]	27,727
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	6,559

CHEQ4



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

Parámetros del sistema		Verificación en obra
Campo de captadores		
Captador seleccionado	TERMICOL P21 (Termicol)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	NPS-17718	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	15.0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	1.0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0.0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0.0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	40.0	<input type="checkbox"/>
Circuito primario/secundario		
Caudal circuito primario [l/h]	2,473.0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	0.0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	20.0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	25.0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	50.0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Sistema de apoyo		
Tipo de sistema	Termo eléctrico	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Electricidad	<input type="checkbox"/>
Acumulación		
Volumen [l]	1,840.0	<input type="checkbox"/>
Distribución		
Longitud del circuito de distribución [m]	40.0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	30.0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	35.0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Distribución subestaciones		
Longitud del circuito de distribución [m]	30.0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	20.0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	35.0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>

4 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

4.1. Objeto

El pliego de condiciones técnicas diga los criterios generales del proyecto de instalación de captadores solares planos para la producción de ACS en una urbanización situada en la localidad de San Fernando (Cádiz).

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

4.2. Normativa aplicable

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

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

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

4.3 Condiciones de materiales y equipos

4.3.1. Captadores

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.
- Lugar de fabricación.

Para la instalación de estos dispositivos en la cubierta del edificio se debe disponer de un procedimiento adecuado que debe proporcionar el fabricante para garantizar la seguridad, calidad y buen uso de la instalación. Se debe caracterizar el captador de manera térmica, mecánica e hidráulica. Los resultados para dicha caracterización deben provenir del resultado del ensayo realizado acorde con la norma UNE 12975. Se debe también conocer que el rendimiento del captador dependerá de dos parámetros fundamentalmente que son el caudal de ensayo del captador y la superficie útil del mismo.

Cabe destacar también que es altamente recomendable que los captadores sean del mismo tipo ya que si no son del mismo tipo se deberá recurrir a un sistema de regulación de caudal mediante baterías permitiendo así que todas las baterías presenten el mismo caudal. Si la instalación consta solo de una batería los requisitos que se han de cumplir para poder instalar distintos modelos de captadores son los siguientes:

- El caudal no debe salirse de un rango del 5% del caudal previo de los otros modelos de captadores.
- No se debe disminuir notablemente el rendimiento de la instalación.
- No deben romper con la estética del edificio.

En caso de necesitar estructura soporte o sujeción para el captador dicha estructura debe cumplir con las condiciones que se describen en el CTE-SE. Una de las especificaciones más importantes es que los materiales de estos soportes sean resistentes a las distintas condiciones climatológicas a las que se van a ver expuestos. Todas estas especificaciones deben ser tenidas en cuenta por el fabricante y deben ser detalladas antes del montaje de la instalación. El acero se protege mediante galvanizado por inmersión en caliente, pinturas de zinc o tratamientos anticorrosivos. El material auxiliar como pueden ser los tornillos deben también estar protegidos.

4.3.2. Acumuladores

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

- Volumen cubicado real.
- Principales dimensiones.
- Presión máxima de trabajo.
- Situación y diámetro de las bocas de conexión.
- Situación y especificación de los puntos de sujeción o apoyos.

- Temperatura máxima de trabajo.
- Tratamientos y protección.
- Material y espesor de aislamiento y características de su protección.

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

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

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

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

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

Todos los acumuladores irán equipados con la protección catódica o anticorrosiva establecida por el fabricante para garantizar su durabilidad. En general, podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamiento descritos a continuación:

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

Cuando el intercambiador está incorporado al acumulador solar, éste estará situado en la parte inferior de este último y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El intercambiador sumergido podrá ser de serpentín o de haz tubular.

Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, éstos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados. La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

4.3.3. Intercambiadores

Los intercambiadores de calor serán de acero inoxidable AISI 316 L. El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de la instalación. Los materiales soportarán

temperaturas de 110 °C y serán compatibles con el fluido de trabajo.

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.

4.3.4. Bombas

Al igual que en los captadores, para la correcta identificación de la bomba, se debe disponer en un lugar visible de la siguiente información:

- Marca
- Fabricante
- Modelo
- Características eléctricas

En cuanto a los grupos de bombas se debe hacer referencia a las siguientes características en lo que a materiales respecta:

- Eje de acero inoxidable AISI 316.
- Rodete de fundición.
- Tubo de estanqueidad en acero inoxidable.
- Cuerpo en fundición o bronce. Se basarán en los planos para determinar si están partidos o no. Se deben de incluir todas las conexiones necesarias.
- Juntas torcas de EPDM.
- Cierres mecánicos: Se utilizarán en las bombas.
- Cojinete a bolas de carbón.
- El rotor debe ser húmedo o seco según se especifique en el proyecto.
- Los materiales del circuito primario deben ser acordes con el fluido que circula por ellos.
- Los materiales de la bomba deben ser resistentes a la corrosión y esto debe ser una

condición indispensable para la elección de los mismos.

- El motor será de 2 o 4 polos, 2900 o 1450 rpm, 220 V/1 o 220/380V/3, 50 Hz, IP.44, clase F.
- Los acoplamientos serán flexibles de acero en los que se deberá tener en cuenta el mantenimiento del grupo.
- Datos como el caudal, la altura manométrica, potencia del motor, número de velocidades, etc, se debe especificar en las especificaciones técnicas del proyecto.

4.3.5. Tuberías

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

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

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

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

4.3.6. Vasos de expansión

En primer lugar hay que decir que los vasos de expansión serán siempre cerrados. Al igual que las bombas y los captadores el vaso de expansión también debe llevar una placa para su identificación en un lugar claramente visible que debe contener las siguientes especificaciones:

- Fabricante
- Marca
- Modelo

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

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

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

horno.

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

4.3.7. Aislamiento

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

El material aislante situado a la intemperie debería protegerse adecuadamente frente a los agentes atmosféricos de forma que se evite su deterioro.

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

En el caso de que el aislamiento este basado en espuma elastómera se podrá 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.

4.3.8. Válvulas

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 compuerta.
- 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.

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

Los purgadores automáticos resistirán las presiones y temperaturas máximas alcanzables en el circuito correspondiente. Los del circuito primario se recomienda que resistan, al menos, temperaturas de 150°C.

A continuación se detallan los materiales de los que se contruirán los siguientes elementos:

- 1) Válvula de esfera
 - Cuerpo de fundición de hierro o acero.
 - Esfera y eje de acero duro cromado o acero inoxidable.
 - Asientos, estopada y juntas de teflón. Podrán ser de latón estampado para diámetros inferiores a 1 ½ con esfera de latón duro cromado.
- 2) 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 el cuerpo y tapa.
- 3) Válvulas de seguridad de resorte
 - Cuerpo de hierro fundido o acero al carbón con escape conducido.
 - Obturador y vástago de acero inoxidable.
 - Prensa-estopas de latón. Resorte en acero especial para muelle.
- 4) Válvulas de retención de clapeta
 - Cuerpo y tapa de bronce o latón.
 - Asiento y clapeta de bronce.
 - Conexiones rosca hembra.
- 5) 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.
- 6) Purgadores automáticos de aire
 - Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.
 - Mecanismo de acero inoxidable.
 - Flotador y asiento de acero inoxidable.
 - Obturador de goma sintética

4.3.9. Accesorios

- 1) Conexiones a equipos

Se dispondrán elementos de unión que permitan una fácil conexión y desconexión de los diferentes equipos y elementos de la red de tuberías, tales como latiguillos, bridas, etc., dispuestas de tal modo que los equipos puedan ser mantenidos o que puedan retirarse sin tener que

desmontar la tubería. La instalación se realizara de tal modo que no se transmitan esfuerzos de las redes de tuberías a los equipos.

2) Compensadores de dilatación

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

Se situarán siempre entre dos puntos fijos, donde sean capaces de soportar los esfuerzos de dilatación y de presión que se originan.

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

3) Juntas

Prohibida la utilización de juntas de amianto. La presión nominal mínima será PN-10 y soportarán temperaturas hasta 200°C.

4) Lubricante de roscas

Se utilizará un lubricante que no sea endurecedor ni venenoso.

5) Derivaciones

Se utilizarán empalmes soldados excepto si la situación no lo permite. Todas las aberturas realizadas a las tuberías se harán con bastante precisión para lograr intersecciones perfectamente acabadas.

6) Codos en bombas

Cuando sea necesaria la conexión directa de un codo a una bomba, el codo deberá ser de largo suficiente y con curvatura no muy agresiva para facilitar la aspiración y descarga.

7) Sombreretes

Se protegerán adecuadamente cada una de las tuberías que pasen a través del tejado de acuerdo a las instrucciones de la Dirección Facultativa.

8) Guías

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

9) Termómetros

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

10) 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.

11) Válvulas de seguridad

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

12) Purgadores de aire

Cuando sea necesario, y con el fin de disponer de una instalación silenciosa y evitar formación de cámaras de aire se dispondrá la tubería con pendiente ascendente hacia la dirección de flujo. Las derivaciones se harán de tal modo que se eviten retenciones de aire y se permita el paso libre del mismo. Se incluirán purgadores de aire, manuales o automáticos, en todos los puntos altos, particularmente en los puntos más elevados de los montantes principales así como en todos los puntos necesarios, teniéndose especial cuidado en los retornos (ascensos, codos ascendentes).

En el caso de que, una vez que las redes estén en funcionamiento, se den anomalías por presencia de aire en la instalación, se 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.

13) Vaciados

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

4.3.10. Aparatos de medida

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

1) Medida de temperatura

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

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

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

2) Medida de caudal

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

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

el fabricante:

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

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

3) Medida de energía térmica

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

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

La posición del contador y de las sondas define la energía térmica que se medirá.

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

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

4.3.11. Sistema eléctrico y de control

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

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

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

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

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

- La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que detecten exactamente las temperaturas que se desean, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento.
- La precisión de los sistemas de control y la regulación de los puntos de consigna asegurará que en ningún caso las bombas estén en marcha con diferencias de temperaturas menores de 3 °C ni paradas con diferencias superiores a 7 °C.
- La diferencia de temperatura entre el punto de arranque y parada del termostato diferencial no será inferior a 3 °C.
- El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de alimentación del sistema de funcionamiento de las bombas.

4.4. Provisión del material

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

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

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

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

4.5. Condiciones de montaje

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

4.6. Pruebas, puesta en marcha y recepción

4.6.1. General

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

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

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

presente capítulo.

4.6.2. 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 inspeccionaran los soportes de tubería utilizados, los diámetros, trazados y pendientes de tuberías, la continuidad de los aislamientos, etc.

1) Pruebas de equipos

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

2) Pruebas de estanqueidad de redes hidráulicas

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

3) Pruebas de libre dilatación

Una vez que las pruebas anteriores de las redes de tuberías hayan resultado satisfactorias y se haya comprobado hidrostáticamente el ajuste de los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con captadores solares se llevaran hasta la temperatura de estancamiento de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática.

Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se comprobará visualmente que no hayan tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión haya funcionado correctamente.

4.6.3. Pruebas finales

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

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

Las pruebas de libre dilatación y las pruebas finales de la instalación solar se realizaran en un día soleado y sin demanda.

En la instalación solar se llevara a cabo una prueba de seguridad en condiciones de estancamiento del circuito primario, a realizar con este lleno y la bomba de circulación parada, cuando el nivel de radiación sobre la apertura del captador sea superior al 80% del valor de irradiación que defina como máxima el proyectista, durante al menos una hora.

4.6.4. Ajustes y equilibrado

La instalación solar debería ser ajustada a los valores de proyecto dentro de los márgenes admisibles de tolerancia. Se realizaran de acuerdo con lo establecido en la Norma UNE 100.010

(partes 1, 2 y 3), "Climatización. Pruebas de ajuste y equilibrado", que habrá que particularizar para las características específicas de cada sistema o instalación.

1) Sistemas de distribución de agua

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

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

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

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

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

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

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

2) Control automático

Se ajustaran 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.

4.6.5. Recepción

1) Recepción provisional

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

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

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

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

- Las hojas desopilativas de los resultados de las pruebas parciales y finales.
- Un manual de instrucciones de funcionamiento de los equipos principales de la instalación.

2) 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 transformara en Recepción Definitiva. A partir de la Recepción Definitiva entrara en vigor la garantía.

4.7. Mantenimiento

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

- Vigilancia.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

4.7.1. Vigilancia

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

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

Puede ser llevado a cabo por el usuario.

En la tabla siguiente (*Tabla 32*) se muestra el alcance del mismo:

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
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
CIRCUITO PRIMARIO	Estructura	3	IV degradación, indicios de corrosión.
	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 inferior del depósito.

IV: inspección visual

Tabla 32. Plan de vigilancia.

4.7.2. Mantenimiento preventivo

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

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

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

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

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

Tabla 33. Plan de mantenimiento del sistema de captación.

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

IV: inspección visual

Tabla 34. Mantenimiento del sistema de acumulación.

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

CF: control de funcionamiento

Tabla 35. Mantenimiento del sistema de intercambio.

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

IV: inspección visual
CF: control de funcionamiento

Tabla 36. Mantenimiento del sistema de distribución.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación del sistema de medida	12	CF actuación

CF: control de funcionamiento

Tabla 37. Mantenimiento del sistema de control.

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

CF: control de funcionamiento

Tabla 38. Mantenimiento del sistema auxiliar.

4.7.3. Mantenimiento correctivo

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

funcionamiento normal de la instalación.

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

5 MEDICIONES Y PRESUPUESTO

5.1. Presupuesto Edificio Tipo I

5.1.1. Sistema de captación

Nº Orden	Concepto	Cantidad	Precio	Importe
5.1.1.1	Ud. Captador Solar TERMICOL P21 o similar. Ref: 311AP21V. Tiene las siguientes características: -Superficie: 2.29 m2 -Dimensiones (mm): 2095x1092x100 -Factor óptico: 0.685 -K1 (W/m2K): 3.15 -K2 (W/m2K2): 0.006	40 uds	583 €	23320 €
5.1.1.2	Ud Estructura Soporte TERMICOL para el captador P21 o similar, con las siguientes características: -Estructura de aluminio para cubierta plana y 5 captadores.	8 uds	760 €	6080 €
5.1.1.3	Racores de conexión entre captadores TERMICOL o similar. Ref: 709TC1818	32 uds	5.5 €	176 €
5.1.1.4	Conexión batería de captadores TERMICOL o similar. Ref: 215BATCAPO	8 uds	125 €	1000 €
5.1.1.5	Racores de adaptación al circuito hidráulico. Conexiones de adaptación TERMICOL o similar. Ref: 215RACBATO	8 uds	26 €	208 €
5.1.1.6	Ud. Anticongelante "FluidoSol", Garrafa 25L o similar. Ref: 707CGF0025	1 uds	185 €	185 €
5.1.1.7	Ud. Anticongelante "FluidoSol", Garrafa 5L o similar. Ref: 707CGF0005	1 uds	39 €	39 €
TOTAL				31008 €

5.1.2. Sistema de acumulación

Nº Orden	Concepto	Cantidad	Precio	Importe
5.1.2.1	Ud. Acumulador Modelo MVV2500RB del fabricante LAPESA o similar. Tiene las siguientes características: -Capacidad: 2500 litros -Presión máxima de ACS: 8 bar -Material: Acero vitrificado s/DIN 4753 -Temperatura máxima de trabajo: 90°C	2 uds	4718 €	9436 €
5.1.2.2	Ud. Pintura asfáltica del fabricante MENDIFLEX o similar.	2 uds	19 €	38 €
TOTAL				9474 €

5.1.3. Sistema de intercambio

Nº Orden	Concepto	Cantidad	Precio	Importe
5.1.3.1	Ud. Intercambiador de placas termosoldadas DP/LA14 del fabricante MECALIA o similar. Tiene las siguientes características: -Número de placas: 40 -Potencia: 56 kW -Caudal máximo primario: 3286 l/h -Caudal máximo secundario: 1377 l/h -Pérdida de carga primario: 27.44 kPa -Pérdida de carga secundario: 5.292 kPa -Superficie de intercambio: 201x80 mm -Salto térmico: 15°C	2 uds	284 €	568 €
TOTAL				568 €

5.1.4. Sistema hidráulico

Nº Orden	Concepto	Cantidad	Precio	Importe
5.1.4.1	Ud. Bomba WILO TOP Z 40/7 o similar, con las siguientes características: -Monofásica -Consumo min/máx: 175/340 W -Altura manométrica: 6 mca -Caudal del circuito máximo: 16.2 m ³ /h -Presión máxima de trabajo: 10 bar	6 uds	1866 €	11196 €
5.1.4.2	Ud. Vaso de expansión de la empresa IBAIONDO o similar, con las siguientes características: -Capacidad: 2L -Presión máxima de trabajo: 10 bar -Temperatura máxima: 100°C -Temperatura mínima: -10 °C	3 uds	17.34 €	52.02 €
5.1.4.3	Tubería de cobre 0.75" del fabricante SALVADOR ESCODA o similar.	39.67 m	7.5 €/m	297.525 €
5.1.4.4	Tubería de cobre 1" del fabricante SALVADOR ESCODA o similar.	57.04 m	11.63 €/m	663.3752 €
5.1.4.5	Tubería de cobre 1.25" del fabricante SALVADOR ESCODA o similar.	70.1 m	13.13 €/m	920.413 €
5.1.4.6	Tubería de cobre 1.5" del fabricante SALVADOR ESCODA o similar.	40.99 m	24.48 €/m	1003.4352 €
5.1.4.7	Aislante ROCKWOOL de 30" para tuberías de D=0.75" con 0.044W/mK o similar.	39.67 m	4.21 €/m	167.0107 €

5.1.4.8	Aislante ROCKWOOL de 30" para tuberías de D=1" con 0.044W/mK o similar.	57.04 m	4.41 €/m	251.5464 €
5.1.4.9	Aislante ROCKWOOL de 30" para tuberías de D=1.25" con 0.044W/mK o similar.	70.1 m	4.63 €/m	324.563 €
5.1.4.10	Aislante ROCKWOOL de 40" para tuberías de D=1.5" con 0.044W/mK o similar.	40.99 m	7.21 €/m	295.5379 €
5.1.4.11	Ud. Codo 90º de 0.75" de la marca SALVADOR ESCODA o similar.	12 uds	1.61 €	19.32 €
5.1.4.12	Ud. Codo 90º de 1.25" de la marca SALVADOR ESCODA o similar.	8 uds	11.75 €	94 €
5.1.4.13	Ud. Codo 90º de 1.5" de la marca SALVADOR ESCODA o similar.	13 uds	19.25 €	250.25 €
5.1.4.14	Ud. Te cobre reducida 1"-0.75"-1" de la marca SALVADOR ESCODA o similar.	4 uds	6.86 €	27.44 €
5.1.4.15	Ud. Te cobre reducida 1"-0.75"-1.25" de la marca SALVADOR ESCODA o similar.	2 uds	41.12 €	82.24 €
5.1.4.16	Ud. Te cobre reducida 0.75"-0.75"-1" de la marca SALVADOR ESCODA o similar.	4 uds	12.7 €	50.8 €
5.1.4.17	Ud. Te cobre reducida 1.25"-1.5"-1.25" de la marca SALVADOR ESCODA o similar.	2 uds	77.01 €	154.02 €
5.1.4.18	Ud. Te cobre reducida 1.25"-1"-0.75" de la marca SALVADOR ESCODA o similar.	2 uds	41.12 €	82.24 €
5.1.4.19	Ud. Te cobre 1.5" de la marca SALVADOR ESCODA o similar.	2 uds	33.17 €	66.34 €
5.1.4.20	Ud. Válvula de compuerta de 1.5" de SALVADOR ESCODA o similar. Ref: AA01045	45 uds	16.61 €	747.45 €
5.1.4.21	Ud. Válvula antirretorno de 1.5" de SALVADOR ESCODA o similar. Ref: AA05165	6 uds	17.74 €	106.44 €
5.1.4.22	Ud. Válvula de seguridad de SALVADOR ESCODA o similar. Ref: AC05210	3 uds	14.87 €	44.61 €
5.1.4.23	Ud. Purgador de SALVADOR ESCODA o similar. Ref: AA02413	3 uds	19.7 €	59.1 €
5.1.4.24	Ud. Sistema de llenado y vaciado electrónico de 200 L de TERMICOL o similar. Ref: 712LL0200	1 uds	1685 €	1685 €
TOTAL				18640.67 €

5.1.5. Sistema de control

Nº Orden	Concepto	Cantidad	Precio ud (€)	Importe
5.5.1.1	Ud. Sistema de Control Termicol LTDC- V3 del fabricante TERMICOL o similar. Ref: 703C3LTDC34. Tiene las siguientes características: -Entrada para sensores de Tª: 6 -Salidas de control de velocidad de bomba: 2 -Entradas para medir caudal: 2	1 uds	487 €	487 €
5.5.1.2	Ud. Termómetro bimetálico con vaina. Para temperaturas entre 0 y 120°C de SALVADOR ESCODA o similar. Ref: IM02105	2 uds	25.27 €	50.54 €
5.5.1.3	Ud. Manómetro vertical para presiones de 2.5 a 60 bar de SALVADOR ESCODA o similar. Ref: IM30624	6 uds	11 €	66 €
TOTAL				603.54 €

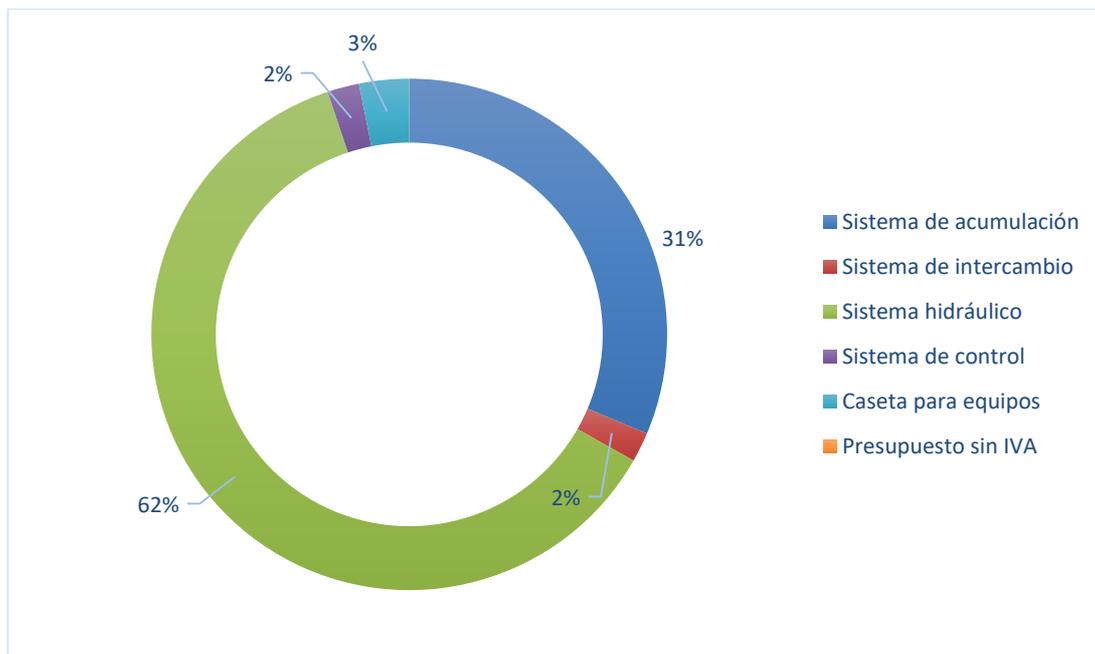
5.1.6. Caseta metálica

Nº Orden	Concepto	Cantidad	Precio ud (€)	Importe
5.1.6.1	Ud. Chapa metálica ondulada de 3x1m o similar, con las siguientes características: -Material: acero de calidad DX510 -Espesor: 0.6 mm -Resistencia a la corrosión -Resistencia mecánica	24 uds	33.54 €	804.96 €
5.1.6.2	Ud. Tubo cuadrado de 4x4x60cm de acero o similar.	4 uds	32.85 €	131.4 €
5.1.6.3	Ud. Caja de 250 uds de tornillos de rosca para metales de 4.8x22mm o similar.	1	10.23 €	10.23 €
TOTAL				946.59 €

5.1.7. Presupuesto total Edificio Tipo I

Asunto	Precio
Sistema de captación	31008 €
Sistema de acumulación	9474 €
Sistema de intercambio	568 €
Sistema hidráulico	18640.68 €
Sistema de control	603.54 €
Caseta para equipos	946.59 €
Presupuesto sin IVA	61240.806 €
IVA (21%)	12,860.57 €
Presupuesto total	74,101.38 €

El precio de la instalación por metro cuadrado para este tipo de edificio es de 808.97 €/m².



Grafica 14. Desglose del presupuesto por sistemas del Edificio Tipo I.

5.2. Presupuesto Edificio Tipo II

5.2.1. Sistema de captación

Nº Orden	Concepto	Uds	Precio	Importe
5.2.1.1	Ud. Captador Solar TERMICOL P21 o similar. Ref: 311AP21V. Tiene las siguientes características: -Superficie: 2.29 m2 -Dimensiones (mm): 2095x1092x100 -Factor óptico: 0.685 -K1 (W/m2K): 3.15 -K2 (W/m2K2): 0.006	16 uds	583 €	9328 €
5.2.1.2	Ud Estructura Soporte TERMICOL para el captador P21 o similar, con las siguientes características: -Estructura de aluminio para cubierta plana y 4 captadores.	4 uds	760 €	3040 €
5.2.1.3	Racores de conexión entre captadores TERMICOL o similar. Ref: 709TC1818	12 uds	5.5 €	66 €
5.2.1.4	Conexión batería de captadores TERMICOL o similar. Ref: 215BATCAPO	4 uds	125 €	500 €
5.2.1.5	Racores de adaptación al circuito hidráulico. Conexiones de adaptación TERMICOL o similar. Ref: 215RACBATO	4 uds	26 €	104 €
5.2.1.6	Ud. Anticongelante "FluidoSol", Garrafa 10L o similar. Ref: 707CGF0010	1 uds	77 €	77 €
TOTAL				13115 €

5.2.2. Sistema de acumulación

Nº Orden	Concepto	Cantidad	Precio	Importe
5.2.2.1	Ud. Acumulador Modelo MVV2200RB del fabricante LAPESA o similar. Tiene las siguientes características: -Capacidad: 2000 litros -Presión máxima de ACS: 8 bar -Material: Acero vitrificado s/DIN 4753 -Temperatura máxima de trabajo: 90°C	1 uds	3945 €	3945 €
5.2.2.2	Ud. Pintura asfáltica del fabricante MENDIFLEX o similar.	1 uds	19 €	19 €
TOTAL				3964 €

5.2.3. Sistema de intercambio

Nº Orden	Concepto	Cantidad	Precio	Importe
5.2.3.1	Ud. Intercambiador de placas termosoldadas DP/LA14 del fabricante MECALIA o similar. Tiene las siguientes características: -Número de placas: 20 -Potencia: 31 kW -Caudal máximo primario: 1819 l/h -Caudal máximo secundario: 762 l/h -Salto térmico: 15°C -Pérdida de carga primario: 23.03 kPa -Pérdida de carga secundario: 4.508 kPa -Superficie de intercambio: 201x80 mm	2 uds	203 €	406 €
TOTAL				406 €

5.2.4. Sistema hidráulico

Nº Orden	Concepto	Cantidad	Precio	Importe
5.2.4.1	Ud. Bomba WILO TOP Z 30/7 o similar, con las siguientes características: -Monofásica -Consumo min/máx: 70/185 W -Altura manométrica: 5.5 mca -Caudal del circuito máximo: 7.1 m ³ /h -Presión máxima de trabajo: 10 bar	3 uds	926 €	2778 €
5.2.4.2	Ud. Vaso de expansión de la empresa IBAIONDO o similar, con las siguientes características: -Capacidad: 2L -Presión máxima de trabajo: 10 bar -Temperatura máxima: 100°C -Temperatura mínima: -10 °C	3 uds	17.34 €	52.02 €
5.2.4.3	Tubería de cobre 0.75" del fabricante SALVADOR ESCODA o similar.	16.18 m	7.5 €/m	121.35 €
5.2.4.4	Tubería de cobre 1" del fabricante SALVADOR ESCODA o similar.	39.08 m	11.63 €/m	454.5004 €
5.2.4.5	Aislante ROCKWOOL de 30" para tuberías de D=0.75" con 0.044W/mK o similar.	16.18 m	4.21 €/m	68.1178 €
5.2.4.6	Aislante ROCKWOOL de 30" para tuberías de D=1" con 0.044W/mK o similar.	39.08 m	4.41 €/m	172.3428 €
5.2.4.7	Ud. Codo 90º de 0.75" de la marca	7 uds	1.61 €	11.27 €

	SALVADOR ESCODA o similar.			
5.2.4.8	Ud. Codo 90º de 1" de la marca SALVADOR ESCODA o similar.	9 uds	2.57 €	23.13 €
5.2.4.9	Ud. Te cobre reducida 1"-0.75"-1" de la marca SALVADOR ESCODA o similar.	2 uds	6.86 €	13.72 €
5.2.4.10	Ud. Te cobre reducida 1"-1"-0.75" de la marca SALVADOR ESCODA o similar.	2 uds	16.79 €	33.58 €
5.2.4.11	Ud. Te cobre reducida 0.75"-0.75"-1" de la marca SALVADOR ESCODA o similar.	2 uds	12.7 €	25.4 €
5.2.4.12	Ud. Te cobre 1" de la marca SALVADOR ESCODA o similar	2 uds	5.33 €	10.66 €
5.2.4.13	Ud. Válvula de compuerta de 1" de SALVADOR ESCODA o similar. Ref: AA01043	28 uds	8.2 €	229.6 €
5.2.4.14	Ud. Válvula antirretorno de 1" de SALVADOR ESCODA o similar. Ref: AA05163	3 uds	8.01 €	24.03 €
5.2.4.15	Ud. Válvula de seguridad de SALVADOR ESCODA o similar. Ref: AC05210	3 uds	14.87 €	44.61 €
5.2.4.16	Ud. Purgador de SALVADOR ESCODA o similar. Ref: AA02413	2 uds	19.7 €	39.4 €
5.2.4.17	Ud. Sistema de llenado y vaciado electrónico de 50 L de TERMICOL o similar. Ref: 712LL050	1 uds	1352 €	1352 €
TOTAL				5453.731 €

5.2.5. Sistema de control

Nº Orden	Concepto	Cantidad	Precio	Importe
5.2.5.1	Ud. Sistema de Control Termicol LTDC-V3 del fabricante TERMICOL o similar. Ref: 703C3LTDC34. Tiene las siguientes características: -Entrada para sensores de Tª: 6 -Salidas de control de velocidad de bomba: 2 -Entradas para medir caudal: 2	1 uds	487 €	487 €
5.2.5.2	Ud. Termómetro bimetálico con vaina. Para temperaturas entre 0 y 120ºC de SALVADOR ESCODA o similar. Ref: IM02105	2 uds	25.27 €	50.54 €
5.2.5.3	Ud. Manómetro vertical para presiones de 2.5 a 60 bar de SALVADOR ESCODA o similar. Ref: IM30624	3 uds	11 €	33 €
TOTAL				570.54 €

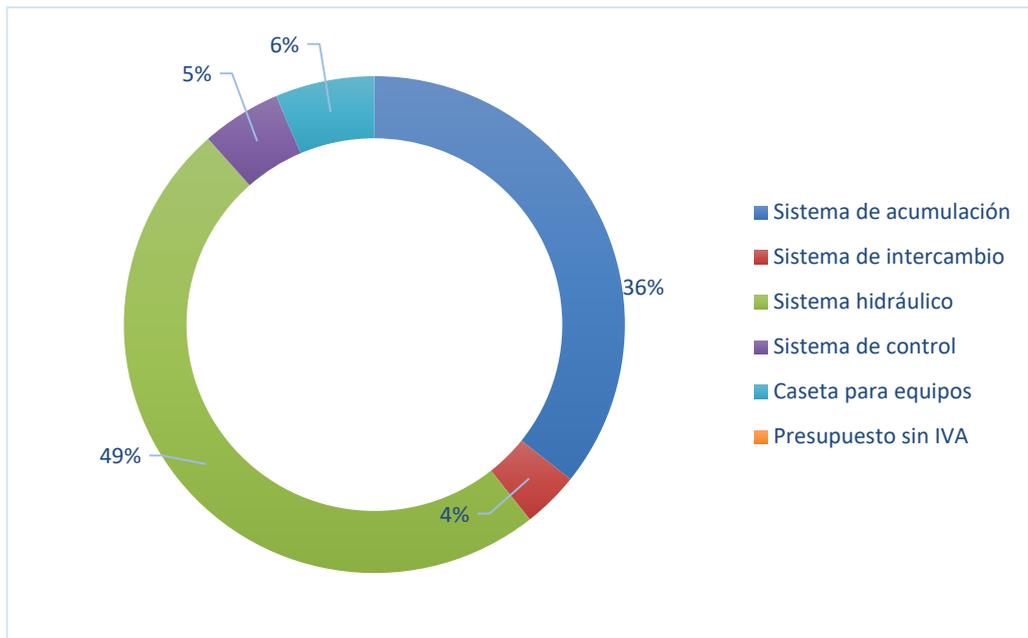
5.2.6. Caseta metálica

Nº Orden	Concepto	Cantidad	Precio	Importe
5.2.6.1	Ud. Chapa metálica ondulada de 3x1m o similar, con las siguientes características: -Material: acero de calidad DX510 -Espesor: 0.6 mm -Resistencia a la corrosión -Resistencia mecánica	18 uds	33.54 €	603.72 €
5.2.6.2	Ud. Tubo cuadrado de 4x4x60cm de acero o similar.	3 uds	32.85 €	98.55 €
5.2.6.3	Ud. Caja de 250 uds de tornillos de rosca para metales de 4.8x22mm o similar.	1	10.23 €	10.23 €
TOTAL				712.5 €

5.2.7. Presupuesto Edificio Tipo II

Asunto	Precio
Sistema de captación	13115 €
Sistema de acumulación	3964 €
Sistema de intercambio	406 €
Sistema hidráulico	5453.73 €
Sistema de control	570.54 €
Caseta para equipos	712.5 €
Presupuesto sin IVA	24221.77 €
IVA (21%)	5,086.57 €
Presupuesto total	29,308.34 €

El precio de la instalación por metro cuadrado para este tipo de edificio es de 799.9 €/m².



Grafica 15. Desglose del presupuesto por sistemas del Edificio Tipo II.

5.3. Presupuesto total

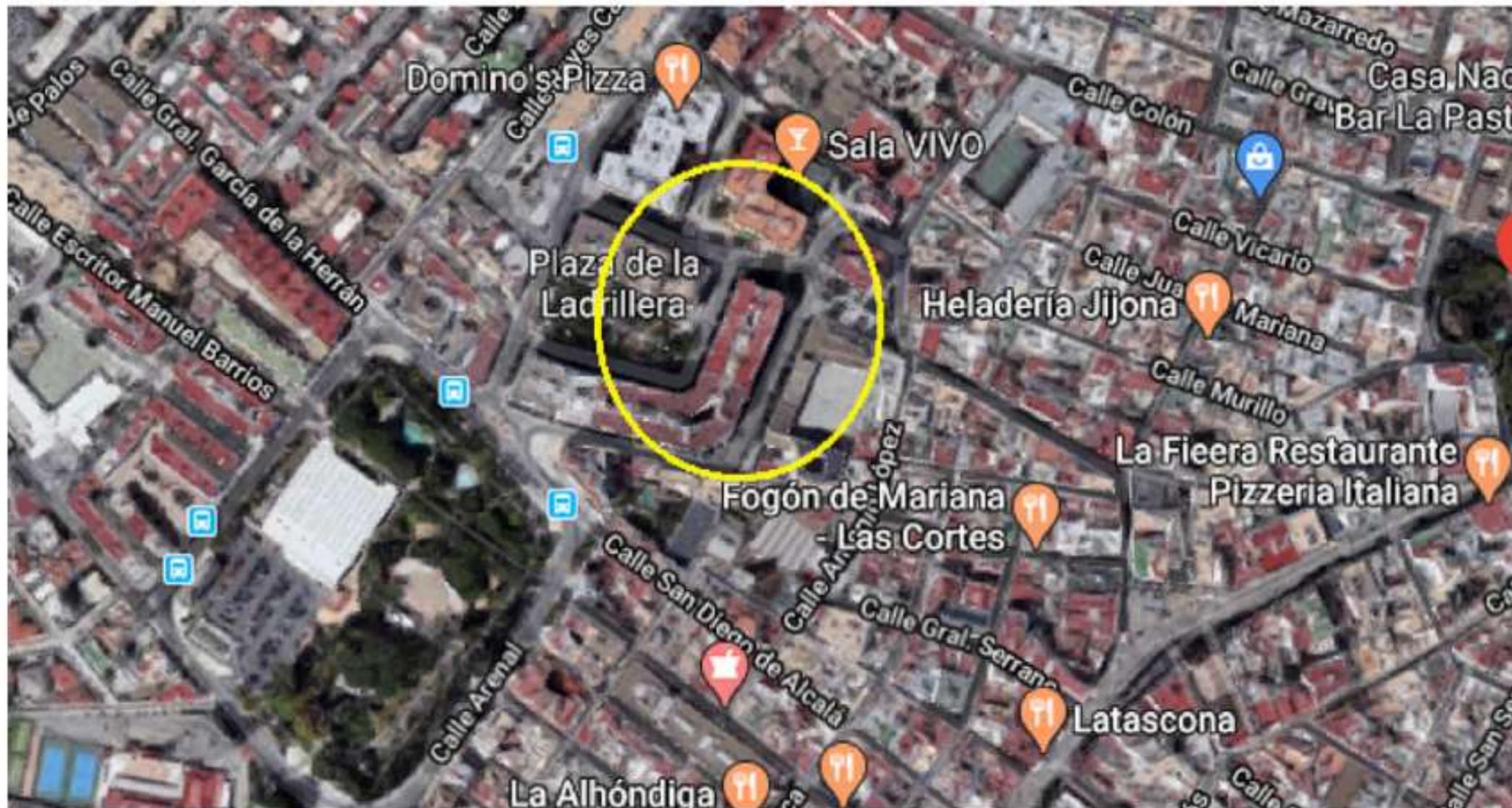
Como la instalación está formada por 4 edificios, iguales dos a dos, el presupuesto total de las instalaciones para la urbanización es el doble. En la *Tabla 39* se desglosan los importes.

Asunto	Cantidad	Presupuesto	Importe
Presupuesto Edificio Tipo I	2	74,101.38 €	148,202.75 €
Presupuesto Edificio Tipo II	2	29,308.34 €	58,616.69 €
PRESUPUESTO TOTAL BLOQUE DE EDIFICIOS			206,819.44 €

Tabla 39. Presupuesto total de la instalación para el bloque de edificios.

El precio de la instalación por metro cuadrado para todo el bloque es de 806.4 €/m².

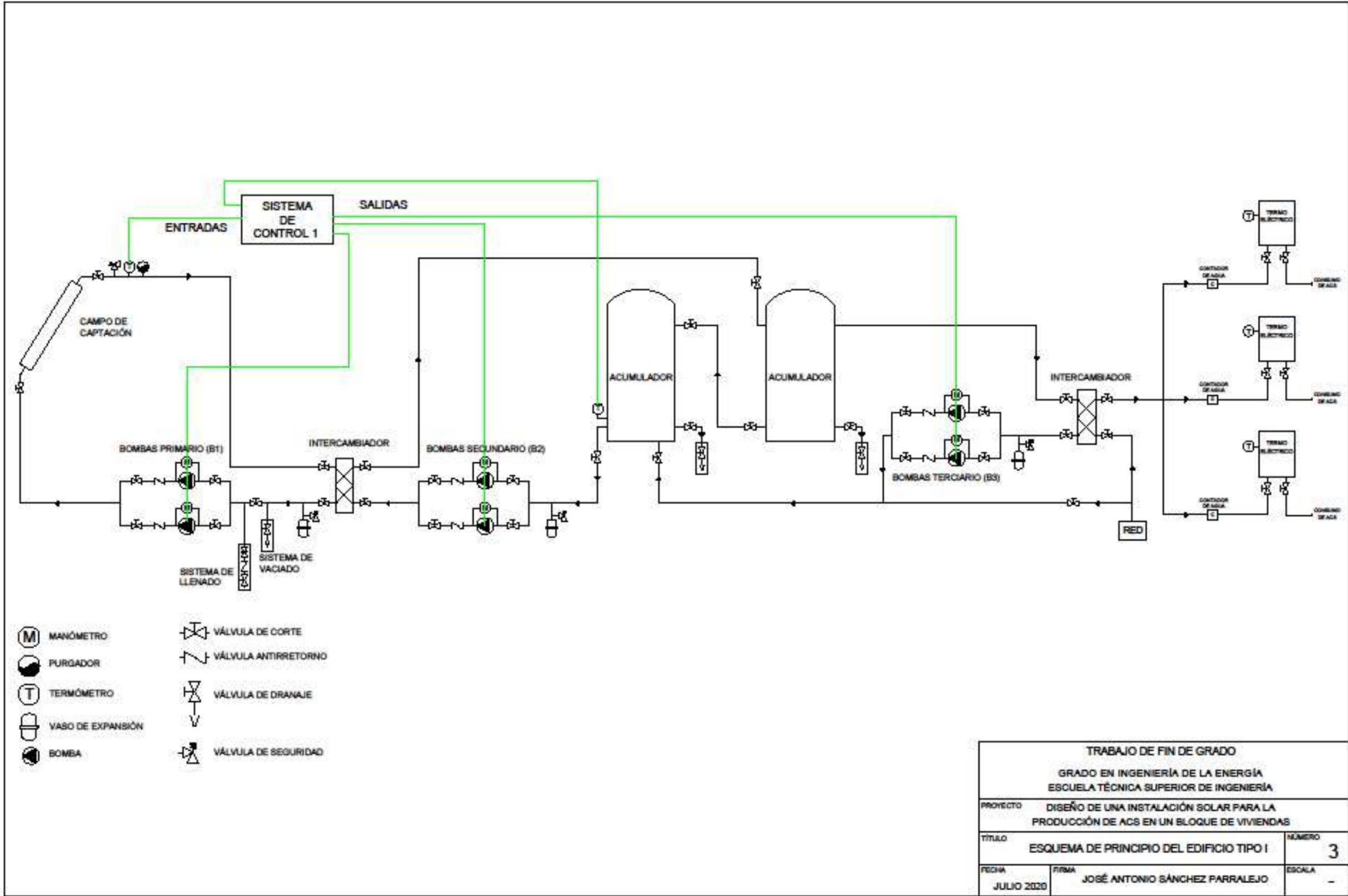
6 PLANOS



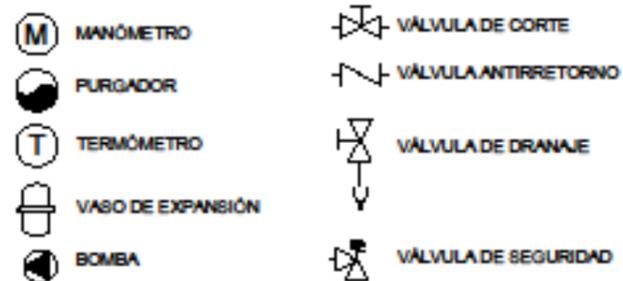
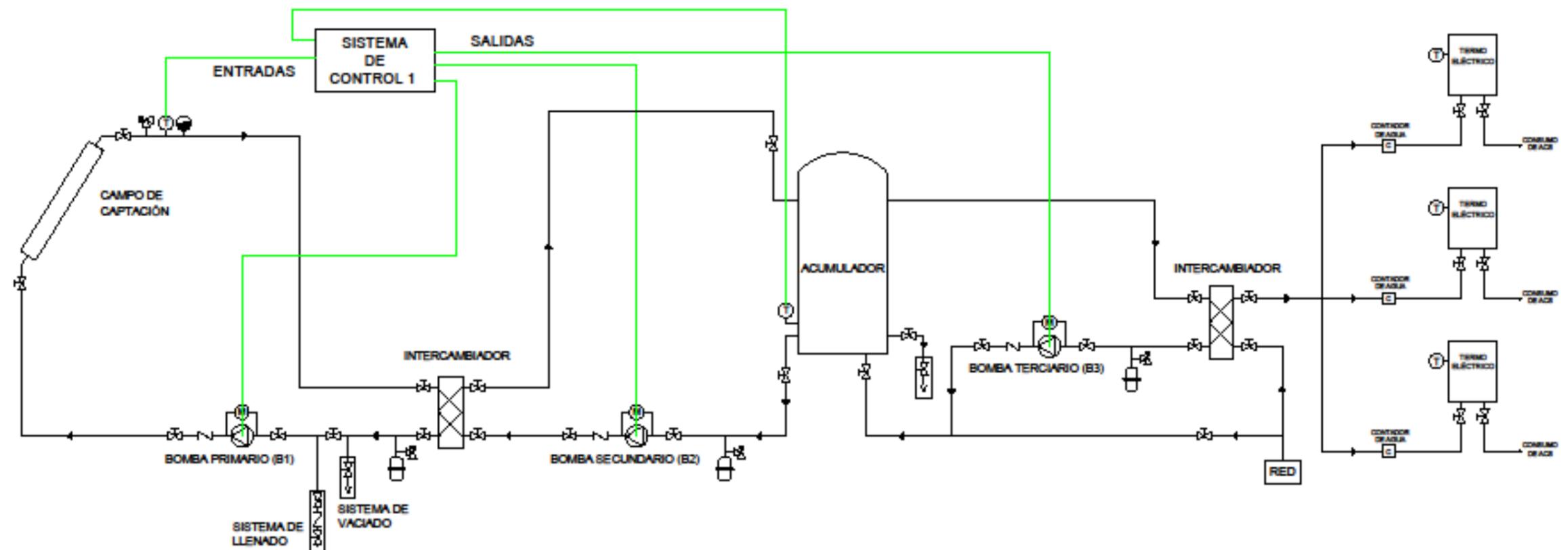
TRABAJO DE FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA		
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UN BLOQUE DE VIVIENDAS		
TÍTULO: SITUACIÓN GENERAL DEL BLOQUE		NÚMERO: 1
FECHA: JULIO 2020	FIRMA: JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ PARRALEJO	ESCALA: -



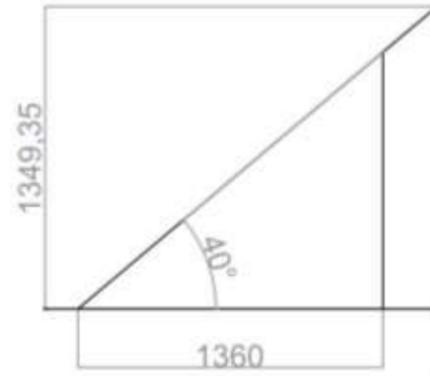
TRABAJO DE FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA		
PROYECTO DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UN BLOQUE DE VIVIENDAS		
TÍTULO SITUACIÓN ESPECÍFICA DEL BLOQUE		NÚMERO 2
FECHA JULIO 2020	FIRMA JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ PARRALEJO	ESCALA -



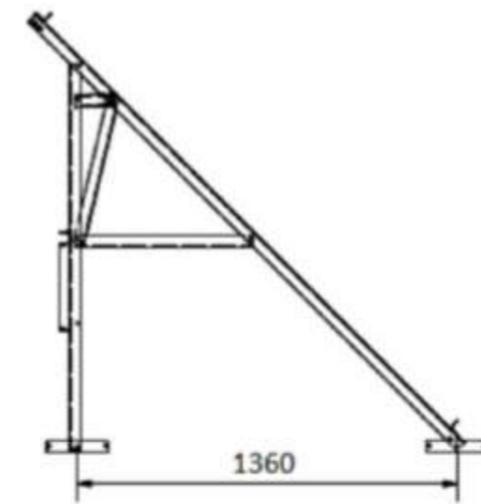
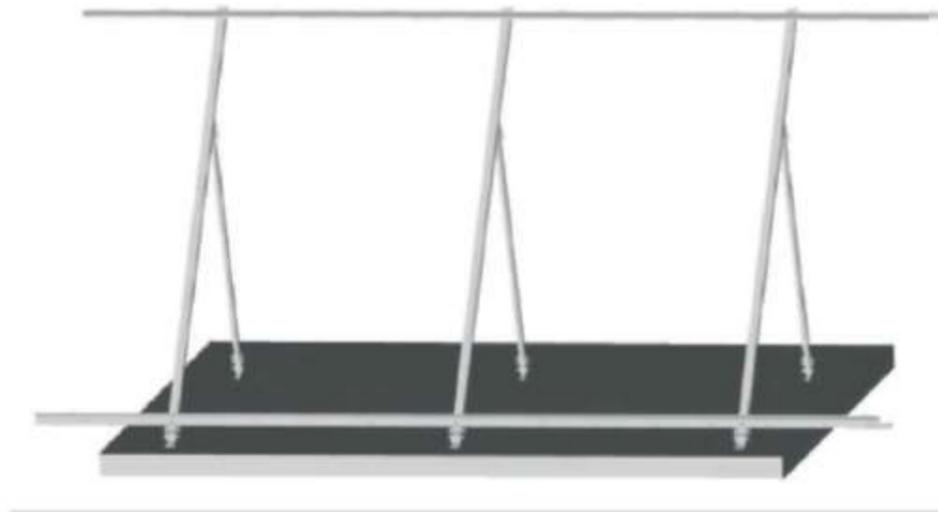
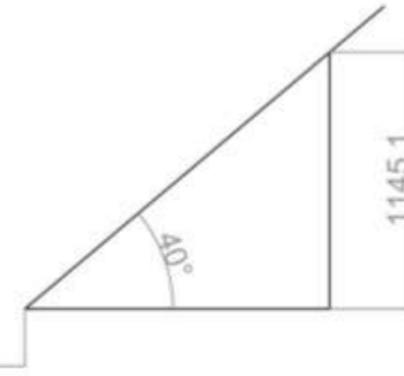
TRABAJO DE FIN DE GRADO		
GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA		
PROYECTO DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UN BLOQUE DE VIVIENDAS		
TÍTULO ESQUEMA DE PRINCIPIO DEL EDIFICIO TIPO I		NÚMERO 3
FECHA JULIO 2020	FIRMA JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ PARRALEJO	ESCALA -



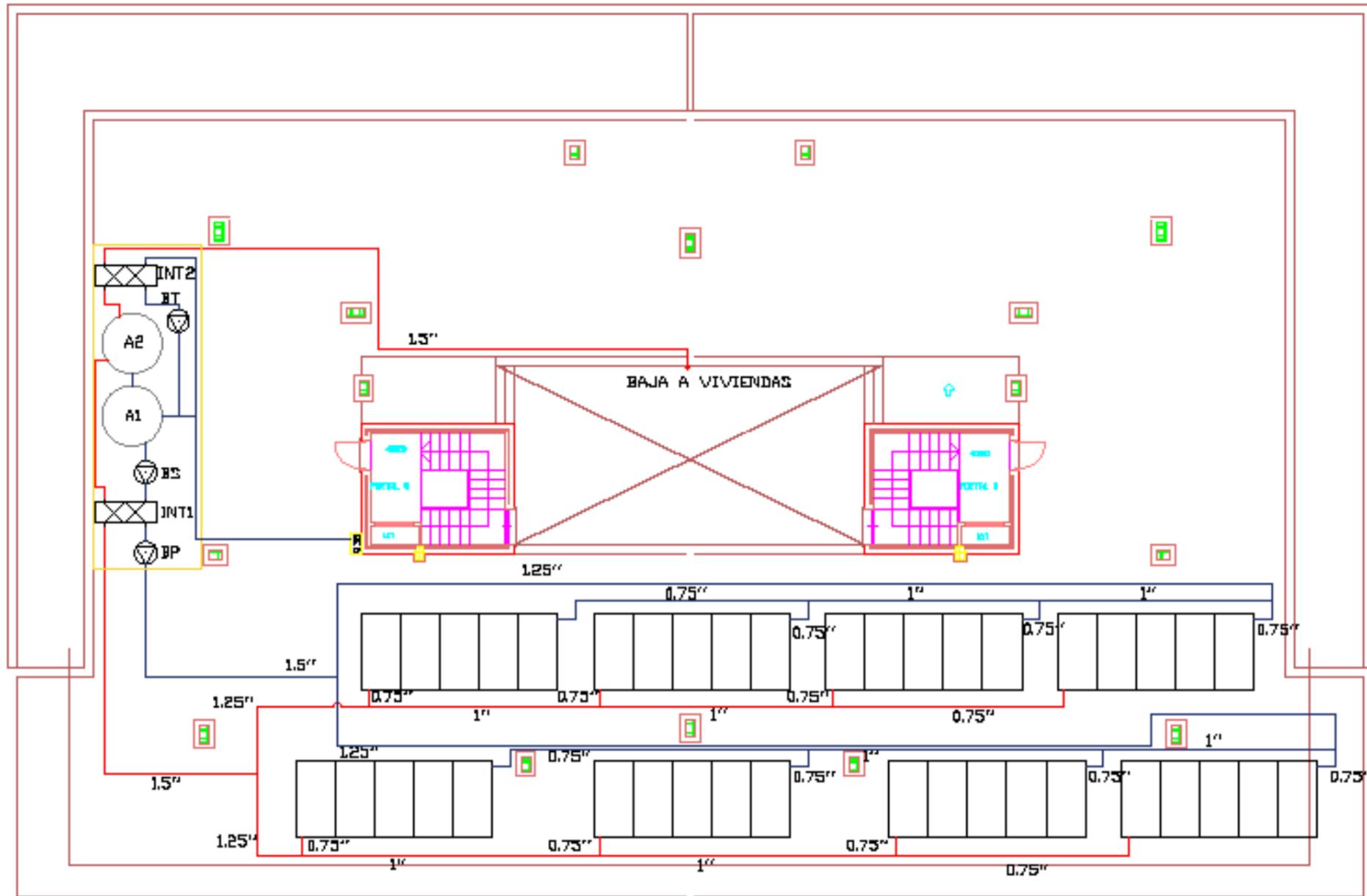
TRABAJO DE FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA			
PROYECTO		DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UN BLOQUE DE VIVIENDAS	
TÍTULO		ESQUEMA DE PRINCIPIO DEL EDIFICIO TIPO II	NÚMERO 4
FECHA	FIRMA		
JULIO 2020	JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ PARRALEJO	ESCALA -	



2952



TRABAJO DE FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA		
PROYECTO DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UN BLOQUE DE VIVIENDAS		
TÍTULO DETALLE DE LOS CAPTADORES Y SU ESTRUCTURA		NÚMERO 5
FECHA JULIO 2020	FIRMA JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ PARRALEJO	ESCALA -

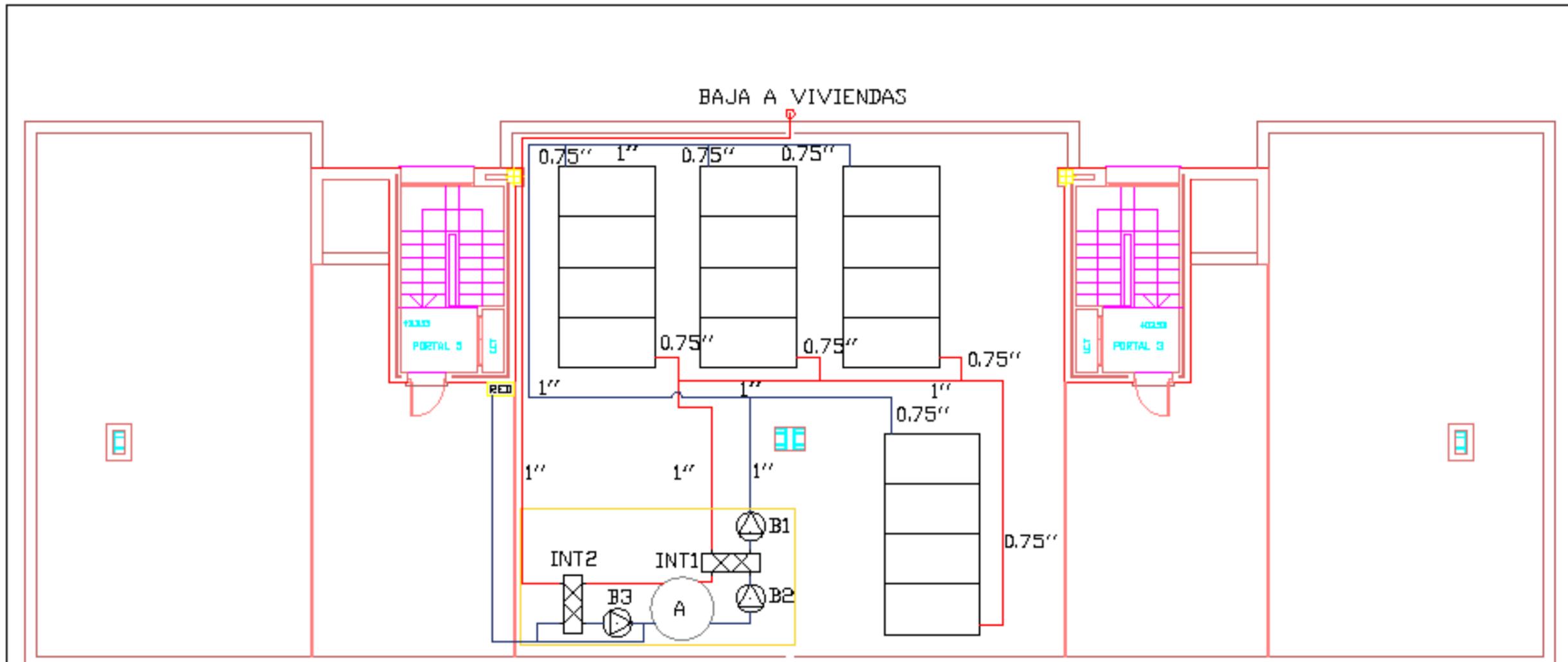


- | | | | |
|----|---------------------------|-------|---------------------|
| BP | Bomba circuito primario | A1 | Acumulador nº 1 |
| BS | Bomba circuito secundario | A2 | Acumulador nº 2 |
| BT | Bomba circuito terciario | INT 1 | Intercambiador nº 1 |
| | | INT 2 | Intercambiador nº 2 |

NORTE



TRABAJO DE FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA		
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UN BLOQUE DE VIVIENDAS		
TÍTULO: DISTRIBUCIÓN DE CAPTADORES, TUBERÍAS Y EQUIPOS EDIFICIO TIPO I		NÚMERO 6
FECHA: JULIO 2020	FIRMA: JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ PARRALEJO	ESCALA 1:50



- | | | | |
|----|---------------------------|-------|---------------------|
| BP | Bomba circuito primario | A1 | Acumulador |
| BS | Bomba circuito secundario | INT 1 | Intercambiador nº 1 |
| BT | Bomba circuito terciario | INT 2 | Intercambiador nº 2 |



TRABAJO DE FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA		
PROYECTO DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN UN BLOQUE DE VIVIENDAS		
TÍTULO	DISTRIBUCIÓN DE CAPTADORES, TUBERÍAS Y EQUIPOS EDIFICIO TIPO II	NÚMERO 7
FECHA	FIRMA JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ PARRALEJO	ESCALA 1:50