



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Proyecto de diseño de una instalación solar térmica para
obtención de agua caliente sanitaria en un bloque de
viviendas situado en Valencia.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Sánchez López, Juan Carlos

Tutor/a: Sanchis Pacheco, Enrique José

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Resumen

Actualmente el uso de sistemas de energía renovable se ha vuelto cada vez más relevante debido a la preocupación por la reducción de emisiones y la necesidad de disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. La energía solar es una de las formas de energía renovable más accesibles y versátiles.

En España, el costo de la electricidad es alto y volátil debido a la dependencia en fuentes de energía no renovables y a los cambios en las tarifas reguladas. El uso de sistemas solares térmicos puede ayudar a los edificios a reducir su dependencia de la red eléctrica y disminuir sus costos energéticos a largo plazo. Además, el sol es una fuente de energía abundante y renovable en España, por lo que el uso de estos sistemas es una solución sostenible y ecológica para la generación de calor y agua caliente sanitaria.

El uso de sistemas solares presenta no solo ventajas medioambientales, sino también ventajas económicas significativas. Aunque la inversión inicial puede ser costosa, a largo plazo, puede resultar una opción atractiva para cualquier hogar o empresa.

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño y dimensionado de un sistema de placas solares térmicas en un edificio para el suministro de ACS, basado en el análisis de la demanda térmica del edificio y en la recopilación de datos climáticos. La instalación diseñada supondrá una solución económica, efectiva y sostenible que cumpla con las regulaciones actuales y satisfaga las necesidades diarias de todas las viviendas.

En primer lugar, se realizará un análisis del edificio y se establecerán los datos de partida según los consumos actuales de los vecinos, fijándose un objetivo energético que el sistema de placas solares deberá cumplir. Como resultado de este análisis se obtendrán datos reales que servirán de base para el dimensionado detallado de la instalación y la selección de sus componentes. Se hará un pliego de condiciones que indique la recepción, verificación, acopio y manejo de materiales, procedimientos y se presentará el análisis energético...

A continuación, se realizará el diseño de la instalación, localizando los lugares óptimos para el montaje de los elementos necesarios entre los que se incluyen los receptores térmicos, el sistema de tuberías, los depósitos de inercia y las bombas y accesorios. Esta tarea se realizará de forma que la instalación optimice el espacio disponible y respete las cargas estructurales que podría sufrir el edificio, manteniendo en lo posible la estética del edificio. La realización de esta tarea se realizará en base a la normativa aplicable en España haciendo que la instalación resultante cumpla con los requisitos necesarios. Se presentarán planos de ubicación de los elementos en la superficie, así como planos con el diseño de los elementos auxiliares necesarios, detallándose el cumplimiento de la normativa.

Por último, se estimará la rentabilidad del sistema propuesto en base a datos de instalaciones similares en ubicadas en emplazamientos cercanos, calculándose la rentabilidad y el tiempo de amortización. También se analizarán posibles alternativas que permitan abaratar costes sin afectar de manera considerable la eficacia de la instalación. Se presentará un presupuesto detallado que indique los precios unitarios, la definición de las unidades de trabajo y su valoración y un estudio económico de costes y beneficios a fin de evaluar la rentabilidad del proyecto en base a criterios objetivos.

Resum

Actualment, l'ús de sistemes d'energia renovable s'ha tornat cada vegada més rellevant a causa de la preocupació per la reducció d'emissions i la necessitat de disminuir la dependència dels combustibles fòssils. L'energia solar és una de les formes d'energia renovable més accessibles i versàtils.

A Espanya, el cost de l'electricitat és alt i volàtil a causa de la dependència en fonts d'energia no renovables i als canvis en les tarifes regulades. L'ús de sistemes solars tèrmics pot ajudar als edificis a reduir la seva dependència de la xarxa elèctrica i disminuir els seus costos energètics a llarg termini. A més, el sol és una font d'energia abundant i renovable a Espanya, per la qual cosa l'ús d'aquests sistemes és una solució sostenible i ecològica per a la generació de calor i aigua calenta sanitària.

L'ús de sistemes solars presenta no solament avantatges mediambientals, sinó també avantatges econòmics significatius. Encara que la inversió inicial pot ser costosa, a llarg termini pot resultar una opció atractiva per a qualsevol llar o empresa.

El present projecte té com a objectiu el disseny i dimensionament d'un sistema de plaques solars tèrmiques en un edifici per al subministrament d'Aigua Calenta Sanitària (ACS), basat en l'anàlisi de la demanda tèrmica de l'edifici i en la recopilació de dades climàtiques. La instal·lació dissenyada suposarà una solució econòmica, efectiva i sostenible que compleixi amb les regulacions actuals i satisfaci les necessitats diàries de totes les vivendes.

En primer lloc, es realitzarà una anàlisi de l'edifici i s'establiran les dades de partida segons els consums actuals dels veïns, fixant un objectiu energètic que el sistema de plaques solars haurà de complir. Com a resultat d'aquesta anàlisi s'obtindran dades reals que serviran com a base per al dimensionament detallat de la instal·lació i la selecció dels seus components. Es redactarà un plec de condicions que indique la recepció, verificació, acopio i manipulació de materials, procediments i es presentarà l'anàlisi energètic...

A continuació, es realitzarà el disseny de la instal·lació, localitzant els llocs òptims per al muntatge dels elements necessaris entre els quals s'inclouen els receptors tèrmics, el sistema de tuberies, els dipòsits d'inèrcia i les bombes i accessoris. Aquesta tasca es realitzarà de manera que la instal·lació optimitze l'espai disponible i respecte les càrregues estructurals que podria patir l'edifici, mantenint en la mesura possible l'estètica de l'edifici. La realització d'aquesta tasca es durà a terme segons la normativa aplicable a Espanya, de manera que la instal·lació resultant compleixi amb els requisits necessaris. Es presentaran plànols d'ubicació dels elements a la superfície, així com plànols amb el disseny dels elements auxiliars necessaris, detallant el compliment de la normativa.

Finalment, s'estimarà la rendibilitat del sistema proposat en base a dades d'instal·lacions similars ubicades en emplaçaments propers, calculant-se la rendibilitat i el temps d'amortització. També s'analitzaran possibles alternatives que permeten abaratir costos sense afectar de manera considerable l'eficàcia de la instal·lació. Es presentarà un pressupost detallat que indique els preus unitaris, la definició de les unitats de treball i la seva valoració, així com un estudi econòmic de costos i beneficis per tal d'avaluar la rendibilitat del projecte en base a criteris objectius.

Abstract

Currently, the use of renewable energy systems has become increasingly relevant due to concerns about emissions reduction and the need to decrease dependence on fossil fuels. Solar energy is one of the most accessible and versatile forms of renewable energy.

In Spain, the cost of electricity is high and volatile due to dependence on non-renewable energy sources and changes in regulated tariffs. The use of solar thermal systems can help buildings reduce their dependence on the electrical grid and decrease long-term energy costs. Additionally, the sun is an abundant and renewable energy source in Spain, making the use of these systems a sustainable and environmentally friendly solution for heat generation and domestic hot water.

The use of solar systems not only offers environmental advantages but also significant economic benefits. Although the initial investment can be costly, in the long run, it can be an attractive option for any home or business.

The objective of this project is the design and sizing of a solar thermal panel system in a building for the supply of domestic hot water, based on the analysis of the building's thermal demand and the collection of climate data. The designed installation will provide an economical, effective, and sustainable solution that complies with current regulations and meets the daily needs of all households.

First, an analysis of the building will be carried out, and starting data will be established based on the current consumption of the residents, setting an energy goal that the solar panel system must meet. As a result of this analysis, real data will be obtained, serving as a basis for the detailed sizing of the installation and the selection of its components. A specifications document will be prepared, indicating the reception, verification, storage, and handling of materials, procedures, and presenting the energy analysis...

Next, the installation design will be carried out, locating the optimal places for the installation of the necessary elements, including thermal receivers, the piping system, thermal storage tanks, pumps, and accessories. This task will be performed in a way that optimizes the available space and respects the structural loads that the building could experience, while maintaining the building's aesthetics as much as possible. The completion of this task will be based on applicable regulations in Spain, ensuring that the resulting installation meets the necessary requirements. Location plans for the elements on the surface will be presented, as well as plans with the design of the necessary auxiliary elements, detailing compliance with regulations.

Finally, the profitability of the proposed system will be estimated based on data from similar installations located in nearby sites, calculating the return on investment and payback period. Possible alternatives that can reduce costs without significantly affecting the installation's effectiveness will also be analyzed. A detailed budget will be presented, indicating unit prices, defining work units and their valuation, and an economic study of costs and benefits will be conducted to evaluate the project's profitability based on objective criteria.



Palabras clave

Agua caliente sanitaria o ACS
Energía solar térmica
Plan de mejora
Diseño
Instalación
Solucion económica
Acumulador

Aigua calenta sanitària
Energia solar tèrmica
Pla de millora
Disseny
Instal·lació
Solució econòmica
Acumulador

Sanitary hot water
Solar thermal energy
Improvement plan
Design
Installation
Solution
Accumulator



ÍNDICE DEL DOCUMENTO

1	Introducción	14
1.1	Objetivos	15
1.2	ODS.....	16
1.3	Metodología	17
2	Introducción teórica.....	18
2.1	Breve historia de los paneles fototérmicos.....	19
2.2	Ventajas e inconvenientes generales de este tipo de sistemas en la actualidad.....	20
2.3	Objetivo de desarrollo sostenible	21
2.4	Factores climáticos de la zona.....	22
2.5	Producción autónoma de ACS	23
3	Herramientas utilizadas	24
4	Normativa aplicada	28
5	Necesidades/Planteamiento del problema	30
6	Análisis de alternativas.....	32
6.1	Opción 1: Deposito centralizado	33
6.2	Opción 2: Depósitos individuales	38
6.3	Opción 3: Dos depósitos centralizados	42
6.4	Conclusiones del análisis de alternativas.	46
7	Solución adoptada	47
7.1	Captadores.....	47
7.2	Cálculo de sombras	48
7.3	Selección de tuberías	48
7.4	Altura de elevación.....	50
7.5	Pérdidas de carga.....	51
7.6	Bombas de agua	56
7.7	Soportes.....	58
7.8	Cálculo del vaso de expansión	59
7.9	Cálculo del intercambiador de calor.....	60
7.10	Sistema de control	61
7.11	Elección del espesor de aislante	62
7.12	Selección de accesorios	63
7.13	Hipótesis del vaciado de los depósitos y estimaciones de uso	67
7.14	Alternativas de distribución	72
7.15	Sistema auxiliar obligatorio	75
7.16	Implicaciones medioambientales	76
7.17	Estudio del ahorro energético.....	77



7.18	Frecuencia de mantenimientos estimada.....	83
7.19	Verificación de la instalación mediante CHEQ4	84
8	Conclusiones	86
9	Referencias bibliográficas	87
ANEXOS.....		89
PLIEGO DE CONDICIONES		90
Índice del pliego de condiciones		91
1	Objeto y campo de aplicación	92
2	Normativa general	92
3	Normativa específica.....	93
3.1	Normativa de captadores	93
3.2	Acumulación	93
3.3	Sistema de intercambio	94
3.4	Diseño del circuito hidráulico	94
3.5	Diseño del sistema auxiliar	94
3.6	Sistema de control	95
4	Normativa aplicada y normas de consulta.....	95
PRESUPUESTO		98
Índice presupuesto.....		99
1	Cuadro de precios.....	100
2	Presupuesto por capítulos.....	109
3	Resumen del presupuesto	118
PLANOS		120
Índice planos		121

Listado de Ilustraciones

<i>Ilustración 1 (Barrio Campanar)</i>	14
<i>Ilustración 2 – Metodología de trabajo</i>	17
<i>Ilustración 3 - Primeros paneles solares en Nueva York</i>	19
<i>Ilustración 4 - Objetivos desarrollo sostenible</i>	21
<i>Ilustración 5 - Atlas de radiación solar en España</i>	22
<i>Ilustración 6 - Irradiación solar en Valencia</i>	23
<i>Ilustración 7 - Logo AISLAM</i>	24
<i>Ilustración 8- Logo SolidWorks</i>	24
<i>Ilustración 9 - Logo Microsoft Excel</i>	25
<i>Ilustración 10 - Logo Microsoft Word</i>	25
<i>Ilustración 11 - Logo AutoCAD</i>	26
<i>Ilustración 12 - Logo Arquímedes</i>	26
<i>Ilustración 13 - Logo CHEQ4</i>	27
<i>Ilustración 14 - Valores mínimos de ocupación</i>	30
<i>Ilustración 15 - Grafico Temperatura/mes</i>	32
<i>Ilustración 16 - Características depósito 1000L</i>	36
<i>Ilustración 17 - Pérdidas por flujo de calor en el depósito de 1000 L</i>	37
<i>Ilustración 18 - Características depósito 150 L</i>	40
<i>Ilustración 19 - Pérdidas por flujo de calor en el depósito de 150 L</i>	41
<i>Ilustración 20 - Características depósito 500 L</i>	44
<i>Ilustración 21 - Pérdidas por flujo de calor en el depósito de 500 L</i>	45
<i>Ilustración 22 - Características del captador</i>	47
<i>Ilustración 23 - Vista del captador RothSol 207</i>	47
<i>Ilustración 24 – Pérdidas de carga en tubo de cobre</i>	49
<i>Ilustración 25 – Diámetros mínimos de alimentación</i>	50
<i>Ilustración 26 - Longitud tramo 1</i>	52
<i>Ilustración 27 - Longitud tramo 2</i>	52
<i>Ilustración 28 - Longitud tramo 3</i>	53
<i>Ilustración 29 - Longitudes equivalentes</i>	54
<i>Ilustración 30 - Bomba circuito secundario</i>	56
<i>Ilustración 31 - Bomba de recirculación</i>	57
<i>Ilustración 32 - Render soporte y captadores</i>	58
<i>Ilustración 33 - Soporte de elevación</i>	58
<i>Ilustración 34 - Intercambiador de calor</i>	60
<i>Ilustración 35 - Centralita de control, interfaz de usuario</i>	61
<i>Ilustración 36 -Purgador automático</i>	63
<i>Ilustración 37 - Válvula antirretorno de 35mm</i>	63
<i>Ilustración 38 -Válvula de esfera</i>	64
<i>Ilustración 39 - Filtro de latón</i>	64
<i>Ilustración 40 - Contador de ACS</i>	65
<i>Ilustración 41 - Válvula termostática</i>	65
<i>Ilustración 42 - Válvula de seguridad</i>	66
<i>Ilustración 43 - Manómetro</i>	66
<i>Ilustración 44 - Gráfica horas de sol / tiempo en calentar</i>	71
<i>Ilustración 45 - Simulación cargas de la plancha metálica (desplazamientos)</i>	72
<i>Ilustración 46 - Simulación cargas de la plancha metálica (Von Misses)</i>	73
<i>Ilustración 47 - Simulación cargas sobre el suelo de la azotea (Desplazamientos)</i>	73
<i>Ilustración 48 - Simulación cargas sobre el suelo de la azotea (Von Misses)</i>	74
<i>Ilustración 49 - Distribución 1</i>	74
<i>Ilustración 50 - Distribución 2</i>	75



<i>Ilustración 51 - Detalle del sistema auxiliar incorporado</i>	75
<i>Ilustración 52 - Gráfico de amortización (Inversión/año) sin subvenciones aplicadas</i>	81
<i>Ilustración 53 - Gráfico de amortización con subvenciones aplicadas</i>	82
<i>Ilustración 54 - Resumen CHEQ4</i>	85



Listado de Tablas

<i>Tabla 1 - Ventajas e inconvenientes</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 2 - Zona climática</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 3 Demanda energética del edificio</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4 - Datos climáticos de Valencia</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 5 - Valores de referencia Rothsol 207</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 6 - Accesorios y longitudes equivalentes</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 7 - Espesores mínimos de aislamiento en interiores</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 8 - Espesores mínimos de aislamiento en exteriores</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 9 - Detalle de la demanda.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 10 - Gasto anual del edificio</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 11 - Porcentaje de uso</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 12 - Gráfico de porcentaje de uso.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 13 - Plan de mantenimiento</i>	<i>83</i>

Listado de ecuaciones

<i>Ecuación (1) - Volumen de agua demandado en el edificio.</i>	33
<i>Ecuación (2) - Cálculo de calor transferido.</i>	35
<i>Ecuación (3)- Conversión a kWh.</i>	35
<i>Ecuación (4) - Cálculo de irradiación solar en diciembre.</i>	36
<i>Ecuación (5) - Cálculo de la potencia real por m2.</i>	36
<i>Ecuación (6) - Cálculo de la potencia real por placa instalada.</i>	36
<i>Ecuación (7) - Tiempo para calentar el depósito de la primera opción .</i>	36
<i>Ecuación (8) - Tiempo en calentar con 5 placas la primera opción.</i>	37
<i>Ecuación (9) - Cálculo de la opción 1 en el mes más favorable.</i>	37
<i>Ecuación (10) - Tiempo de calentamiento incluyendo pérdidas por flujo de calor.</i>	39
<i>Ecuación (11) - Cálculo de la eficiencia de la primera opción</i>	39
<i>Ecuación (12) – Cálculo de calor transferido y conversión a kWh</i>	41
<i>Ecuación (13) – Cálculo de la irradiación en diciembre para la segunda opción</i>	41
<i>Ecuación (14)- Cálculo de la potencia real</i>	41
<i>Ecuación (15) -Cálculo de la potencia por placa instalada</i>	41
<i>Ecuación (16) – Tiempo en calentar un depósito de la segunda opción</i>	41
<i>Ecuación (17) - Tiempo en calentar todo el sistema con 5 placas</i>	41
<i>Ecuación (18) – Tiempo de calentamiento incluyendo pérdidas por flujo de calor</i>	43
<i>Ecuación (19) – Cálculo de la eficiencia de la segunda opción</i>	43
<i>Ecuación (20) - Cálculo de calor transferido y conversión a kWh de la tercera opción.</i>	44
<i>Ecuación (21) – Cálculo de irradiación solar en diciembre</i>	45
<i>Ecuación (22)- Cálculo de la potencia real por m2 de la tercera opción.</i>	45
<i>Ecuación (23) - Cálculo de la potencia real por placa instalada de la tercera opción.</i>	45
<i>Ecuación (24) - Tiempo para calentar el depósito de la tercera opción.</i>	45
<i>Ecuación (25) - Tiempo para calentar dos depósitos de la tercera opción.</i>	45
<i>Ecuación (26) - Tiempo de calentamiento incluyendo pérdidas por flujo de calor.</i>	47
<i>Ecuación (27) - Cálculo de la eficiencia de la tercera opción.</i>	47
<i>Ecuación (28) – Cálculo de captadores necesarios.</i>	49
<i>Ecuación (29) – Cálculo del caudal máximo circulante del sistema.</i>	50
<i>Ecuación (30) – Cálculo de la velocidad del fluido.</i>	53
<i>Ecuación (31) – Cálculo del número de Reynolds.</i>	53

<i>Ecuación (32) – Ecuación de White-Colebrook para obtener el valor de fricción.</i>	53
<i>Ecuación (33) – Cálculo de la longitud total del sistema.</i>	55
<i>Ecuación (34) – Cálculo de pérdidas de carga en cada tramo por Darcy Weisbach.</i>	55
<i>Ecuación (35) – Cálculo de longitudes equivalentes para el cálculo de perdidas singulares.</i>	57
<i>Ecuación (36)- Cálculo de las pérdidas singulares por tramo.</i>	57
<i>Ecuación (37) – Pérdida de carga de los captadores.</i>	57
<i>Ecuación (38) – Cálculo de las pérdidas totales por tramo de tubería.</i>	57
<i>Ecuación (39) – Cálculo de la capacidad volumétrica de los captadores.</i>	61
<i>Ecuación (40) –Cálculo del volumen de reserva para el vaso de expansión.</i>	61
<i>Ecuación (41)- Cálculo del volumen vaporizado.</i>	61
<i>Ecuación (42) – Cálculo del volumen útil.</i>	61
<i>Ecuación (43) – Cálculo de la presión estática.</i>	61
<i>Ecuación (44) –Cálculo la presión mínima a partir de una máxima fijada.</i>	61
<i>Ecuación (45)- Cálculo del coeficiente de presión.</i>	61
<i>Ecuación (46) – Cálculo final del volumen necesario para el vaso de expansión.</i>	61
<i>Ecuación (47) – Cálculo de la potencia mínima necesaria para el intercambiador de calor.</i>	62
<i>Ecuación (48) – Cálculo de la temperatura del agua según hipótesis de vaciado del 60%.</i>	69
<i>Ecuación (49) – Cálculo del tiempo necesario para recalentar el depósito vaciado un 60%.</i>	70
<i>Ecuación (50) –Cálculo de la temperatura del agua según hipótesis de vaciado del 25%.</i>	70
<i>Ecuación (51) – Cálculo del tiempo necesario para recalentar el depósito vaciado un 25%.</i>	70
<i>Ecuación (52) –Cálculo de la temperatura del agua según hipótesis de vaciado del 80%.</i>	71
<i>Ecuación (53) – Cálculo del tiempo necesario para recalentar el depósito vaciado un 80%.</i>	71
<i>Ecuación (54) –Cálculo de la hipótesis del 25% en el mes más favorable.</i>	72
<i>Ecuación (55) – Cálculo de la hipótesis del 80% en el mes más favorable.</i>	72
<i>Ecuación (56) – Cálculo de la hipótesis del 60% en el mes más favorable.</i>	73
<i>Ecuación (57) – Cálculo del calor transferido y conversión a kWh por vecino.</i>	77-80
<i>Ecuación (58) – Cálculo del tiempo que se tarda en recuperar la inversión.</i>	82

Listado de Acrónimos

CTE	Código técnico de la edificación
DB	Documento Básico
ACS	Agua caliente sanitaria
c_p	Calor específico
VT	Volumen total
Q	Cantidad de calor transferido
ΔT	Incremento de temperatura
m	Masa
T_m	Temperatura del captador
T_a	Temperatura ambiente
K	Grados Kelvin
Hs	Cantidad de horas solares
η	Rendimiento del captador
f	Factor de fricción de Darcy Weisbach
V	Velocidad del fluido
L	Longitud
g	Aceleración de la gravedad
T_1	Temperatura de agua caliente restante en el depósito
V_1	Volumen de agua caliente restante en el depósito
T_2	Temperatura del agua fría de red
V_2	Volumen del agua agregada al depósito
T_f	Temperatura final del agua
V_f	Volumen total del agua después del llenado



MEMORIA

1 Introducción

En la actualidad, se ha incrementado la importancia de utilizar sistemas de energía renovable, como la energía solar, debido a la creciente preocupación por reducir las emisiones y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles.

En España, la alta tarifa eléctrica y la volatilidad de las tarifas reguladas han generado la necesidad de implementar sistemas solares térmicos en los edificios.

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema de placas solares térmicas para suministrar agua caliente sanitaria, buscando una solución rentable, eficiente y sostenible que cumpla con las regulaciones actuales. La ubicación del proyecto se encuentra en Valencia, específicamente en el barrio de Campanar, al noroeste de la ciudad, en la Calle Benifayó 27.

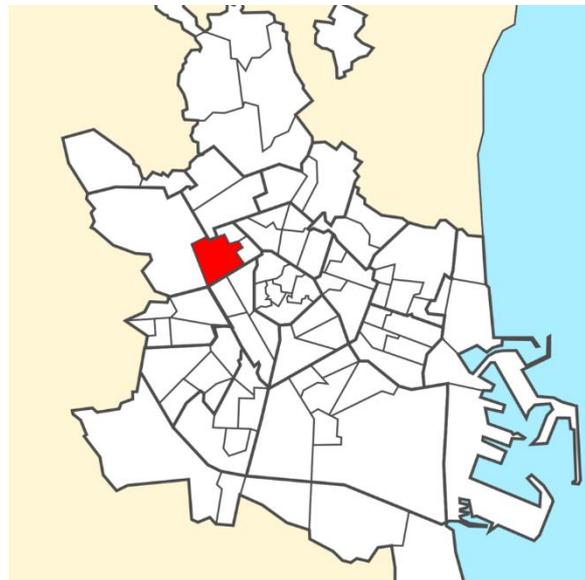


Ilustración 1 (Barrio Campanar)

1.1 Objetivos

- 1- Realizar el diseño y dimensionado de un sistema de placas solares térmicas en un edificio para el suministro de agua caliente sanitaria.
- 2- Analizar la demanda térmica del edificio y recopilar datos climáticos como base para el dimensionado detallado de la instalación y selección de componentes, estableciendo un objetivo energético que el sistema de placas solares deberá cumplir.
- 3- Analizar alternativas para reducir costos (si fueran necesarias) sin comprometer la eficacia de la instalación.
- 4- Presentar un presupuesto detallado, incluyendo precios unitarios, definición de unidades de trabajo y un estudio económico de costes y beneficios para evaluar la rentabilidad del proyecto.

El enfoque se dirige hacia la consecución de una solución económica, efectiva y sostenible que cumpla con las regulaciones actuales y satisfaga las necesidades diarias de las viviendas.

Cabe destacar que el presente proyecto únicamente aborda el cálculo solar y no determina el apoyo ni la regulación, tal y como se indica en el BOE, concretamente:

BOE-A-2006-5515 perteneciente al Real Decreto 314/2006, 16 de marzo.

1.2 ODS

Los objetivos de desarrollo sostenibles que tienen relación con el consecuente proyecto son los nombrados a continuación:

ODS 3 Salud y bienestar: Este objetivo del desarrollo sostenible forma parte de los objetivos del proyecto, brindando la posibilidad a los vecinos de obtener ACS de forma instantánea y reduciendo las facturas lo que contribuye a una mejora de la salud y el bienestar.

ODS 6 Agua limpia y saneamiento: Para este objetivo también se tiene relación directa con el proyecto, pues el agua potable y los servicios de saneamiento e higiene son una prioridad. Se pretende que los vecinos tengan acceso suficiente a la cantidad de agua para consumo humano necesaria sin afectar a sus vidas cotidianas por la carencia de la misma, asegurando una calidad que no se vea afectada por los sistemas utilizados para la generación de ACS.

ODS 7 Energía asequible y no contaminante: Se pretende realizar una instalación donde una de las prioridades de la misma es la reducción de la contaminación y por la naturaleza del proyecto la energía asequible viene incluida debido a la intención de la reducción del consumo de energía eléctrica, gas u otros métodos de generación de calor distintos no renovables.

ODS 9 Industria innovación e infraestructuras: En relación con el consecuente objetivo resultan fundamentales los avances tecnológicos y la investigación es por ello que este proyecto cabe dentro del objetivo de desarrollo sostenible, instando a la mejora de infraestructuras actuales para el propio beneficio tanto del planeta como personalmente en el entorno económico de cada persona.

ODS 11 Ciudades y comunidades sostenibles: Este objetivo incluye el logro de realizar ciudades más sostenibles, que tiene relación directa con el proyecto debido a algunas de las metas propuestas por el propio objetivo como reducir el impacto ambiental negativo de las ciudades.

ODS 13 Acción por el clima: Por último se tiene el objetivo de desarrollo sostenible más afín al proyecto, pues una de las principales ideas es la reducción de la contaminación que provocan los sistemas convencionales para producir ACS, así mismo ayuda a la reducción de los niveles de dióxido de carbono y de gases de efecto invernadero ayudando a los esfuerzos por ralentizar el cambio climático.

1.3 Metodología

El trabajo se ha llevado a cabo siguiendo una metodología que se resume en la Ilustración 13. Esta metodología se aplica una vez se conocen los datos climáticos de la zona y se plantea el problema, pasando por el análisis de las alternativas que incluye el desarrollo de tres alternativas, los cálculos y todo lo necesario para elegir la solución óptima.

Una vez elegida, se desarrolla detalladamente la solución adoptada, se elabora el presupuesto y se preparan los planos necesarios, lo cual permite la redacción de las conclusiones.

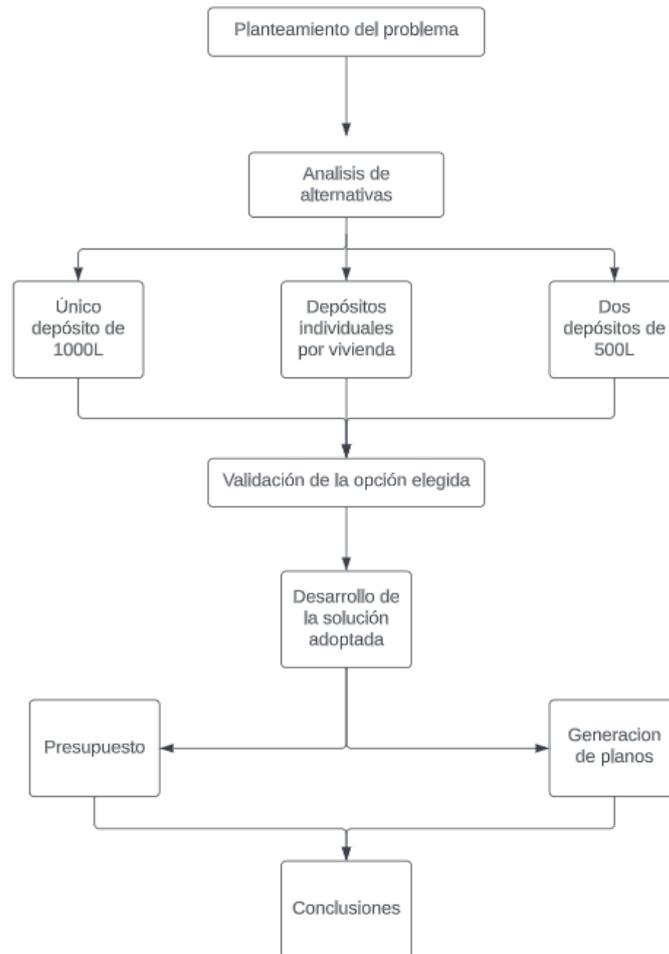


Ilustración 2 – Metodología de trabajo

2 Introducción teórica

El agua caliente sanitaria (ACS en adelante), es el agua que se destina a consumo humano, el suministro de ACS es un aspecto esencial que proporciona comodidad y mejora la calidad de vida de las personas, es por eso por lo que se considera un aspecto muy importante. Existen diversas maneras de generar ACS, como el uso de calentadores de agua a gas, eléctricos, biomasa, bombas de calor, o energía solar.

Debido a la naturaleza de este trabajo, se enfoca en el uso de energías renovables, ya que este tipo de energías se considera un camino a seguir para un futuro con menos impactos medioambientales, con energías inagotables, limpias y que además son muy capaces de suministrar energía sin consumir los recursos naturales del planeta, lo que conduce a un futuro sostenible.

2.1 Breve historia de los paneles fototérmicos

La historia de los paneles fototérmicos se remonta a las aplicaciones que se realizaban en la antigüedad, donde se utilizaban sistemas simples para captar la energía solar y calentar agua.

Sin embargo, fue en 1877 cuando Willyam Grylls Adams y Richard Evans Day descubrieron el efecto fotovoltaico mientras investigaban la conducción de electricidad en sólidos expuestos a la luz. Su experimento consistió en exponer selenio al sol y observar la generación de electricidad. Aunque este descubrimiento no estaba específicamente destinado a calentar agua, sentó las bases para el posterior desarrollo de tecnologías de captación de energía solar.

En 1883, Charles Fritts construyó la primera célula solar fotovoltaica funcional utilizando selenio como semiconductor. A partir de la década de 1950, se inició el desarrollo y comercialización de paneles solares específicos para la generación de agua caliente sanitaria. Inicialmente, estos paneles consistían en captadores planos con una superficie oscura expuesta al sol, conectados por tuberías a través de las cuales circulaba el agua a calentar, simulando un serpentín.

En los últimos años, se ha producido una rápida evolución en los paneles fototérmicos, impulsada por la necesidad de aumentar la eficiencia y reducir los costos. Por ejemplo, uno de los avances actuales son los paneles de tubos de vacío, así como la creciente tendencia de los paneles solares híbridos [1].



Ilustración 3 - Primeros paneles solares en Nueva York

2.2 Ventajas e inconvenientes generales de este tipo de sistemas en la actualidad

Como todo sistema, dispone de puntos débiles y fuertes, a continuación, se visualiza una tabla comparativa.

Ventajas	Desventajas
Energía renovable y sostenible	Dependencia de la radiación solar
Ahorro económico a largo plazo	Necesidad de espacio adecuado
Incentivos y apoyos gubernamentales	Costo inicial y retorno de inversión
Larga vida útil y mantenimiento bajo	Limitaciones geográficas y climáticas
Reducción de emisiones de carbono	

Tabla 1 - Ventajas e inconvenientes

Además del impacto ambiental positivo, se ofrecen beneficios económicos a largo plazo al optar por sistemas de energía renovable, a pesar de que la instalación inicial pueda requerir altas inversiones.

Estos sistemas pueden generar notables ahorros en costes de energía a lo largo del tiempo. Asimismo, existen subvenciones y programas de ayuda ofrecidos por las organizaciones gubernamentales para facilitar la instalación, lo que convierte esta opción en una alternativa atractiva.

En cuanto a la durabilidad y el mantenimiento, las placas solares están diseñadas para ser duraderas y requerir poco mantenimiento, lo que implica que pueden funcionar durante varias décadas sin problemas.

Sin embargo, también existen inconvenientes significativos. Estos sistemas dependen de la radiación solar para un funcionamiento óptimo, lo que significa que en días nublados o con poca radiación, la eficiencia al calentar agua puede verse afectada y reducida drásticamente. Además, la instalación requiere de un espacio adecuado y expuesto al sol, lo que en algunos casos implica realizar modificaciones en el edificio.

La eficiencia de estos sistemas también se ve reducida dependiendo de las condiciones climáticas y geográficas. En áreas con climas fríos y menos horas de sol, la eficiencia puede ser menor, por lo tanto, es importante evaluar la ubicación antes de llevar a cabo la instalación [2].

2.3 Objetivo de desarrollo sostenible

En relación con los objetivos de desarrollo sostenible, se trata de una agenda global establecida por las Naciones Unidas con el fin de abordar los desafíos que enfrenta el mundo y promover un futuro sostenible. Desde el año 2015, se han establecido 17 objetivos que buscan abordar los principales desafíos económicos, sociales y ambientales a los que se enfrenta la sociedad en su conjunto, se puede ver la totalidad de esos objetivos en la Ilustración 10.



Ilustración 4 - Objetivos desarrollo sostenible

Esta instalación colabora con un objetivo específico de desarrollo sostenible número 7:

-Garantizar el suministro de energía limpia y renovable para la vivienda, utilizando energía solar como fuente principal de calor y agua caliente sanitaria.



Este objetivo busca promover el uso de energías renovables y reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables y tiene como metas del objetivo:

7.1 De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos

7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas

7.3 De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética

7.a De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias

7.b De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo [3].

2.4 Factores climáticos de la zona

Según lo establecido en el código técnico de la edificación, en el documento básico DB-H1 Añejo B, se realiza una división de las zonas climáticas en España. En el caso específico de Valencia, se clasifica como Zona B3 (Tabla 2), siempre y cuando la altitud sobre el nivel del mar sea inferior a 50 metros. Es fundamental tener en cuenta la zona climática al realizar una instalación, ya que esto tiene un impacto significativo en la eficiencia energética de las viviendas.

Capital	Altura de referencia	Altitud sobre el nivel del mar (m)			
Valencia	8m	<50	>51 <500	>501 <1000	<= 1000
Edificio situado a 18m sobre el nivel del mar		B3	C3	D2	E1

Tabla 2 - Zona climática

El atlas de radiación solar (Ilustración 11), recopila información y estadísticas sobre la cantidad de energía solar que llega a la superficie de diferentes áreas del país. Proporciona gráficos y mapas que representan la distribución espacial de la radiación solar, así como los niveles de energía recibidos en cada región y en diferentes períodos de tiempo.

En el caso específico de Valencia, se considera una ciudad idónea para la instalación de sistemas de placas solares térmicas, debido a las condiciones favorables que presenta en términos de radiación solar, según los datos del atlas de radiación solar en España.

Esta región experimenta una alta incidencia de radiación solar (Ilustración 12) a lo largo de todo el año, lo cual es un factor crucial. Además, cuenta con amplias superficies expuestas al sol y una gran cantidad de azoteas disponibles, lo que indica un gran potencial para aprovechar la energía solar y maximizar el rendimiento de las placas solares térmicas[4]

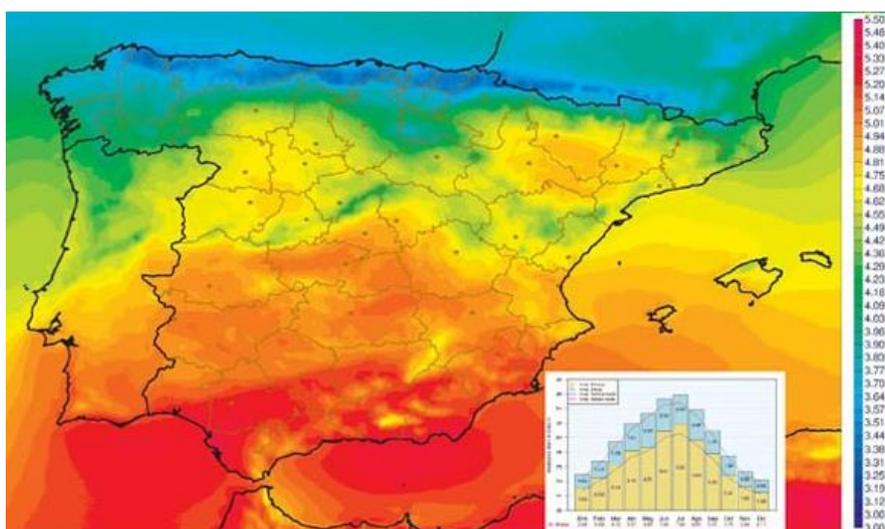


Ilustración 5 - Atlas de radiación solar en España

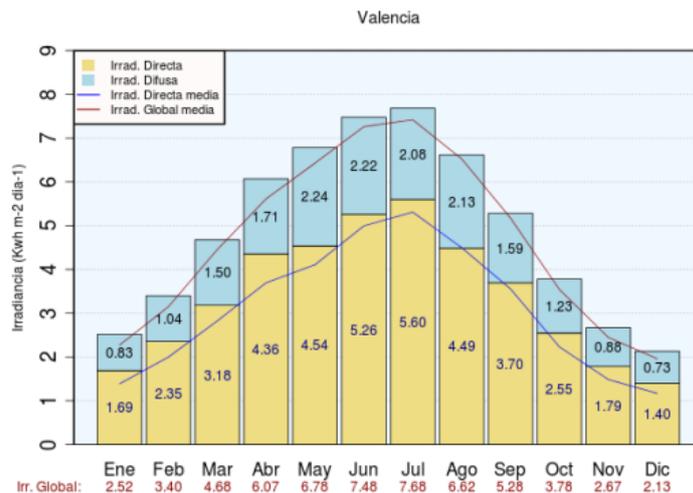


Ilustración 6 - Irradiación solar en Valencia

2.5 Producción autónoma de ACS

En relación con la producción autónoma de agua caliente sanitaria (ACS), se hace referencia a la generación automática de este tipo de agua sin la necesidad de intervención directa de ninguna persona.

El agua caliente sanitaria se utiliza para satisfacer las necesidades básicas de agua caliente en diversas aplicaciones, como duchas, lavadoras y otros dispositivos tanto en hogares como en entornos industriales.

Para lograr la producción de ACS, se emplean sistemas que aprovechan distintas fuentes de energía, como puede ser la energía solar, la energía geotérmica, el uso de bombas de calor y otras fuentes renovables.

También es posible combinar tecnologías para mejorar la eficiencia de las instalaciones. Por ejemplo, un sistema de ACS basado en energía solar que utiliza paneles fototérmicos puede complementarse con sistemas de almacenamiento y apoyo para utilizarlos en momentos donde la energía solar no está disponible, como durante las noches o en días nublados.

Esta producción autónoma ofrece ventajas, como la reducción del consumo energético, la disminución de las emisiones de carbono y la independencia parcial o total de la red eléctrica. Al minimizar la intervención humana directa, estos sistemas pueden funcionar de manera eficiente y confiable, adaptándose a las condiciones ambientales y optimizando la producción según la demanda.

3 Herramientas utilizadas

Para el desarrollo del actual trabajo se han utilizado diversos softwares que facilitan la obtención de resultados más exactos. La mayoría de los programas se han utilizado con licencias de estudiante otorgadas por la universidad.

- **AISLAM**

Este programa desarrollado por ATECYR y la Universidad politécnica de Valencia, ayuda al cálculo de espesores de aislamiento térmico necesario en equipos y elementos de edificios e instalaciones industriales, así mismo también permite calcular el flujo de calor a través de las paredes del elemento.

En el presente trabajo, se utilizará el software para calcular las perdidas por flujo de calor de los depósitos correspondientes para escoger la solución óptima y eficiente [5].



Ilustración 7 - Logo AISLAM

- **SolidWorks**

Este programa es un software de CAD, el cual sirve para modelado mecánico en 2D y 3D.

Es un programa muy extenso y con gran variedad de opciones útiles en ingeniería, es por ello por lo que se va a utilizar en el presente trabajo. Se utilizará para el modelado del edificio, modelado de la azotea, modelado de los captadores, análisis de cargas estructurales sobre el edificio y estudios solares sobre la ubicación de la instalación.



Ilustración 8- Logo SolidWorks

- **Microsoft Excel**

Otro de los programas utilizados es Microsoft Excel, el cual ayudará en la comprobación de cálculos y generación de gráficos que ayuden a la comprensión del proyecto.

El motivo de utilizar Excel y no cualquier otro programa de hoja de cálculo es por la licencia de estudiante que también otorga la universidad para este software y la familiaridad que se obtiene con el programa durante los distintos años cursados en la Universidad.



Ilustración 9 - Logo Microsoft Excel

- **Microsoft Word**

Microsoft Word es el programa escogido para la redacción del proyecto debido a su gran abanico de herramientas distintas que facilitan la generación del documento. Otro factor importante para la elección del programa es la posibilidad de utilizarlo con licencia de estudiante y al igual que lo mencionado en el apartado anterior, la familiaridad que se obtiene a lo largo de los años con este programa en la Universidad.



Ilustración 10 - Logo Microsoft Word

- **AutoCAD**

AutoCAD es un software de diseño asistido por ordenador desarrollado por la empresa Autodesk.

Se escoge este programa para la generación de algunos planos de distribución de tuberías en 2D sobre otros programas debido a la facilidad que otorga para el dibujo 2D, la facilidad de manejo entre capas y los conocimientos previos.

Al igual que los demás programas también se utiliza con la licencia de estudiante que facilita la Universidad.



Ilustración 11 - Logo AutoCAD

- **CYPE Arquímedes**

Arquímedes es un software “BIM” (Building information modeling) que fue desarrollado por CYPE.

En su página web especifican:

“Es una herramienta de gestión de obra que permite realizar todo tipo de presupuestos de un proyecto, sus mediciones, certificaciones, múltiples documentos técnicos asociados al proyecto, así como la planificación y el control de obra durante su proceso constructivo.”

Utilizada en este proyecto para la realización del presupuesto detallado debido a la facilidad de uso y la previa experiencia que se obtiene en los años cursados, también se elige este programa sobre otros por la capacidad de utilizar un programa completo gracias a las claves que otorga la universidad.



Ilustración 12 - Logo Arquímedes

- **CHEQ4**

Este programa desarrollado por el Instituto para la diversificación y el ahorro de la energía junto con la Asociación Solar de la Industria Térmica tiene la finalidad de facilitar la aplicación, cumplimiento y evaluación de el documento básico HE-4 incluyendo las exigencias del Código técnico de la edificación.

Dispone de una base de datos con grandes cantidades de captadores solares y todos sus parámetros cedidos por los fabricantes.

Se va a utilizar para la revisión del cumplimiento de la normativa vigente, así como para la verificación del funcionamiento de la instalación por dimensionar.

El certificado obtenido por este software no es oficial, pero sí asegura el cumplimiento de lo impuesto en el CTE y el DB [6].



Ilustración 13 - Logo CHEQ4

4 Normativa aplicada

- **Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo**, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (CTE): Este código establece los requisitos técnicos y de seguridad que deben cumplir los edificios en España, incluyendo aspectos relacionados con la eficiencia energética y el uso de energías renovables.
- **DB-HE1** (Condiciones para el control de la demanda energética)
- **DB-HE2** (Rendimiento de las instalaciones térmicas, RITE)
- **DB-HE4** (contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria)
- **DB HS4** (Suministro de agua)
- **Real Decreto 865/2003, de 4 de julio**, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- **UNE 157001:2014**: Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico
- **NORMA UNE 100030-2005** Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones.
- **UNE-EN 806-1:2001**: Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de edificios.
- **REAL DECRETO 1027/2007, 20 de julio**, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).
- **Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero**, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- **DOUE-L-2002-80842** sobre el procedimiento de certificación de la conformidad de productos de construcción en contacto con el agua destinada al consumo humano.

- **BOE-A-2007-18398** relativo al establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía.
- **NTP 691:** Legionelosis: revisión de las normas reglamentarias (I). Aspectos generales. Publicada por el Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, en la que se revisan de las normas legales y técnicas
- **NTP 692:** Legionelosis: revisión de las normas reglamentarias (II). Medidas específicas se reflejan las condiciones específicas de mantenimiento de las instalaciones que con mayor frecuencia se han revelado como posibles focos de proliferación y dispersión de Legionela.
- **UNE 112076:2004 IN:** Prevención de la corrosión en circuitos de agua
- **Real Decreto 244/2019, de 5 de abril**
- **ENV 61024-1**
- **Reglamento de recipientes a presión RAP**

Cabe destacar que el presente proyecto unicamente aborda el calculo solar y no determina el apoyo ni la regulación, tal y como se indica en el BOE, concretamente:

- BOE-A-2006-5515 perteneciente al Real Decreto 314/2006, 16 de marzo.

5 Necesidades/Planteamiento del problema

El edificio consta de 3 pisos, con una altura total de 13,60 metros, el cual actualmente genera ACS mediante sistemas tradicionales.

Estos sistemas son alimentados desde la acometida de abastecimiento de agua cuya conexión al edificio está situada en una arqueta a pie de calle, esta agua atraviesa el edificio hasta un patio de luces por el cual sube el agua mediante una ramificación de tuberías hasta cada vivienda y sus respectivos puntos de consumo.

Una vez en este punto, el agua fría se introduce en los sistemas de generación de ACS de cada vecino, los cuales por normativa deben mantener el agua caliente a 60 °C.

Al ser un edificio de 3 plantas, no dispone de grupo de presión puesto que la presión residual es suficiente para todas las alturas.

Se desea calcular una instalación fototérmica capaz de abastecer o apoyar al sistema actual y reducir al máximo los consumos, intentando que la solución adoptada sea económicamente viable y se alcance el retorno económico.

Para poder plantear el problema se necesita saber con la mayor exactitud posible el consumo actual del edificio.

Cabe destacar que las plantas 1 y 2 están unificadas.

Para poder estimar el volumen de agua que se consume en el edificio, se recurrirá al *Código técnico de la edificación (CTE) DB-HE Anejo F* [7].

El cual estipula que la demanda de referencia de ACS para edificios de uso residencial privado se obtendrá considerando unas necesidades de 28 litros/día por persona a 60 °C.

En la Ilustración 14 se hace referencia al valor mínimo de ocupación el cual se tendrá en cuenta al calcular el volumen total de agua.

Tabla a-Anejo F. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado

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

Ilustración 14 - Valores mínimos de ocupación

Por tanto, se va a calcular la demanda necesaria de ACS:

Puerta	Personas	Litros por persona	Litros/día
Puerta 1,2	8	28	224
Puerta 3	3	28	84
Puerta 4	2	28	56
Puerta 5	3	28	84
Puerta 6	4	28	112
Total	560 litros/día		

Tabla 3 Demanda energética del edificio

En la Tabla 3 se puede observar la cantidad de personas reales que residen en el edificio y una estimación de la demanda diaria aplicando el CTE, el cálculo teniendo en cuenta los valores mínimos de ocupación acaba dando el mismo resultado debido a que la cantidad de habitaciones de cada vivienda es menor a la cantidad de personas que residen, por tanto, se utilizará el factor más restrictivo el cual es el indicado en la Tabla 3.

$$VT = (0,224 \text{ m}^3 + 0,084 \text{ m}^3 + 0,056 \text{ m}^3 + 0,084 \text{ m}^3 + 0,112 \text{ m}^3) = 0,56 \text{ m}^3$$

$$VT \text{ en litros} = 0,56 \text{ m}^3 * 1000 = \frac{560}{\text{día}}$$

(1)

6 Análisis de alternativas

Para analizar las opciones, cabe destacar que la temperatura de agua fría T_{af} , varía según el mes del año en el que se encuentre, por tanto, se analizará siempre con la temperatura más desfavorable que será entre diciembre y enero. En la Tabla 4 se observan los distintos valores climáticos de Valencia que posteriormente se utilizarán para el cálculo de la energía necesaria, así mismo en la Ilustración 15, se observa la variación de la temperatura según el mes de una forma más visual [8].

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	10.2	10.7	13.3	15.8	19.3	23.6	26	25.9	22.8	19.1	13.9	10.8
Temperatura mín. (°C)	6.6	6.7	8.7	11.2	14.6	18.6	21.4	21.7	19	15.5	10.5	7.5
Temperatura máx. (°C)	15.1	15.8	18.6	20.8	24.2	28.5	30.8	30.6	27.2	23.5	18.3	15.4
Precipitación (mm)	32	29	37	43	35	20	10	26	60	59	40	36
Humedad(%)	67%	63%	61%	61%	61%	59%	62%	65%	68%	70%	67%	69%
Días lluviosos (días)	4	3	4	5	4	3	2	3	5	5	4	4
Horas de sol (horas)	7.6	8.1	9.2	10.2	11.6	12.4	11.8	10.3	9.0	8.1	7.7	7.2

Tabla 4 - Datos climáticos de Valencia

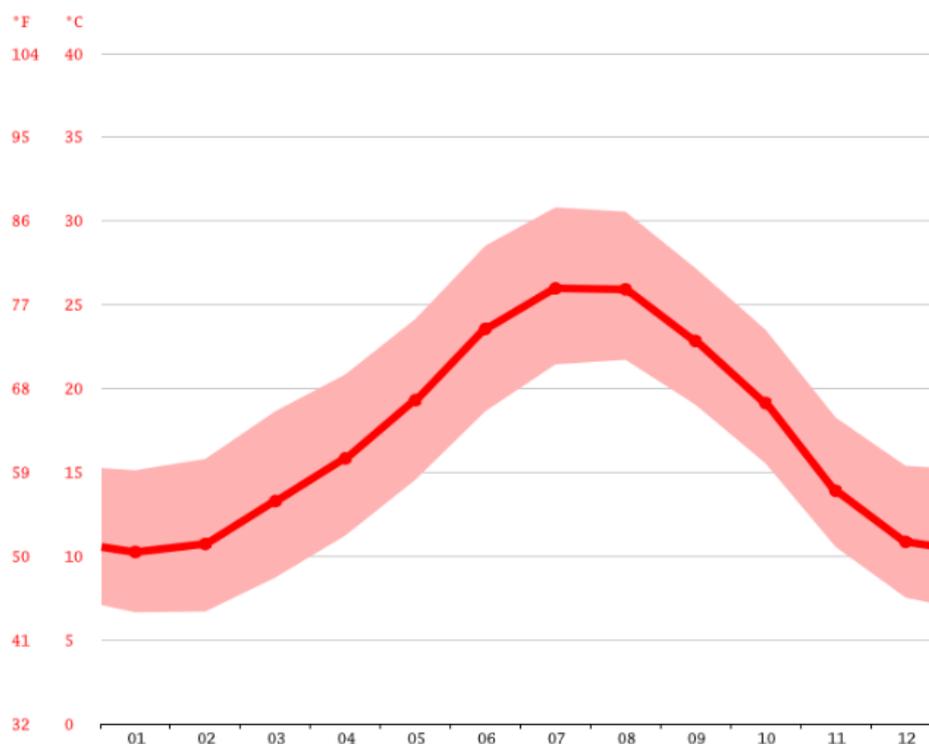


Ilustración 15 - Gráfico Temperatura/mes

6.1 Opción 1: Depósito centralizado

Se trata de un sistema centralizado para todos los vecinos, en el cual el consumo se realiza desde un mismo depósito de inercia, disponiendo de un sistema de apoyo si fuera necesario.

Una de las desventajas de estos sistemas es el gran volumen de agua que deben contener y calentar.

En primer lugar, esta alternativa requiere un depósito de inercia de gran capacidad, capaz de satisfacer una demanda diaria de 560 litros. Para ello, un depósito de 1000 litros debe ser suficiente.

El siguiente paso consiste en determinar cómo calentar todo ese volumen de agua, dado que un solo colector no sería suficiente, por lo que sería necesario considerar la instalación de varios colectores.

Principalmente, se ha planteado la instalación de cinco colectores para esta opción, todos ellos en batería.

$$Q = m * c_p * \Delta T$$

Siendo:

- Q = Cantidad de calor transferido o cantidad de energía necesaria.
- m = Masa del fluido
- c_p = Capacidad calorífica del fluido
- ΔT = Incremento de temperatura entre la entrada y la salida. (Para este apartado, se va a suponer que la temperatura de entrada es igual a la temperatura más desfavorable del año y que la temperatura de salida es la deseada en ACS de 60 °C)

$$Q = 1000 * 1 * (60 - 10,8)$$

$$Q = 6,00 * 10^4 \text{ kcal}$$

(2)

$$1 \text{ kcal} = 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh} \quad 6,00 * 10^4 \text{ kcal} * 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh/kcal} = 69,767 \text{ kWh}$$

(3)

A la pregunta de, cuanto tiempo se tardaría en calentar el depósito con los 5 captadores falta una variable, que es la potencia generada por dichos colectores. (Tabla 5)

Para ello acudimos al manual otorgado por el fabricante el cual expresa que:

Tm - Ta en K	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
0	670	1173	1676
10	575	1078	1581
30	381	884	1387
50	183	685	1188
70	0	482	985

Tabla 5 - Valores de referencia Rothsol 207

Siendo:

- $T_m - T_a$ en K = Diferencia de temperatura entre el captador solar (T_m) y la temperatura ambiente (T_a)
- 400 W/m^2 , 700 W/m^2 (...) = Radiación solar incidente en el captador solar por metro cuadrado.
- Los demás números representan la producción de potencia en W por unidad de captador.

Gracias al atlas de radiación solar en España y los gráficos que proporciona en la Ilustración 12 (Irradiación solar en Valencia), se observa que en el mes más desfavorable se tiene una irradiación media global de $2,13 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$.

$$\text{Irradiación} = \frac{2,13 \text{ kWh}}{\text{m}^2 \text{ día}} * 1000 \text{ W} = 2130 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} / \text{día}$$

$$\frac{\left(\frac{2,13 \text{ kWh}}{\text{m}^2}\right)}{\text{hs}} = \frac{\left(\frac{2130 \text{ Wh}}{\text{m}^2}\right)}{7.2 \text{ h}} = 295,83 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

- Siendo hs = Cantidad de horas de sol. (4)

Como se observa, el valor de irradiación para el mes de diciembre es bastante bajo y no está en las tablas del ensayo oficial del colector solar, por tanto, se va a realizar un cálculo con el rendimiento del captador, para aproximarlos aún más.

$$\eta = 0,754$$

$$295,83 * 0,754 = 223,05 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad (5)$$

Gracias al manual del fabricante sabemos que el panel solar tiene una superficie absorbente de $1,89$ y, por tanto:

$$295,83 * 0,754 = 223,05 \text{ W/m}^2$$

$$223,05 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} * 1,89 = 421,56 \text{ W/m}^2 \quad (6)$$

De esta manera se puede concluir que:

$$\frac{Q}{W} = \frac{59989,2 \text{ Wh}}{421,56 \text{ W}} = 142,30 \text{ h} \quad (7)$$

Este sería el tiempo necesario en horas para calentar todo el depósito de inercia de 1000 L , con un captador.

Si el objetivo es poner mínimo 5 captadores, el resultado sería:

$$\frac{Q}{W} = \frac{6,00 * 10^4 \text{ Wh}}{421,56 \text{ W} * 5} = 28,46 \text{ h} \cong 1,18 \text{ días} \quad (8)$$

Antes de concluir, se va a realizar un pequeño cálculo para comprobar la diferencia con el día más favorable del año, Junio:

$$\text{Irradiacion} = \frac{7,48 \text{ kW}}{\text{m}^2} / \text{dia} * 1000 \text{ w} = 7480 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} / \text{dia}$$

$$\frac{\left(\frac{7,48 \text{ kWh}}{\text{m}^2}\right)}{\text{hs}} = \frac{\left(\frac{7480 \text{ Wh}}{\text{m}^2}\right)}{12,4 \text{ h}} = 603,22 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\eta = 0,754$$

$$603,22 * 0,754 = 454,82 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

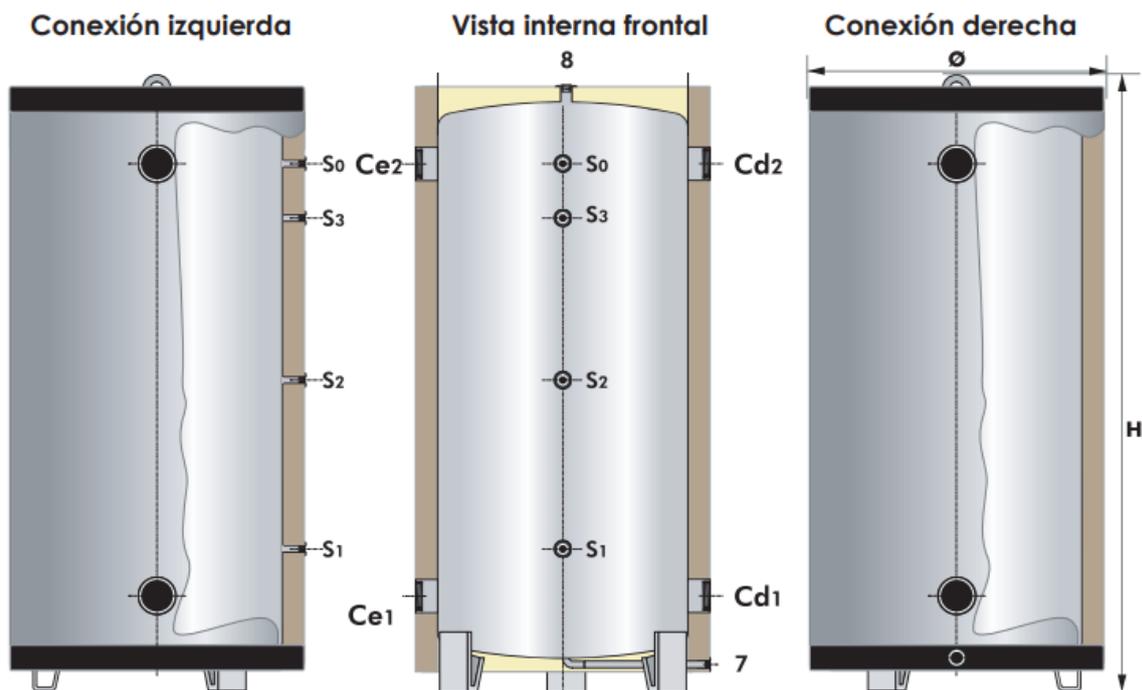
$$454,82 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} * 1,89 = 859,64 \text{ W/m}^2$$

$$\frac{Q}{W} = \frac{6,00 * 10^4 \text{ Wh}}{859,64 \text{ W}} = 69,78 \text{ h}$$

$$\frac{Q}{W} = \frac{6,00 * 10^4 \text{ Wh}}{859,64 \text{ W} * 5} = 13,95 \text{ h} \cong 0,58 \text{ días} \quad (9)$$

Una vez concluido este apartado, se tienen que calcular las pérdidas de este tipo de configuración de distribución, al existir un único depósito centralizado que alimenta a todo el edificio, se generan pérdidas por convección y conducción las cuales se tienen que calcular para aproximar cuál de las soluciones que se van a aportar tiene mejor eficiencia, para ello comenzaremos buscando las especificaciones de aislamiento del depósito seleccionado. (Ilustración 16)

DEPÓSITO INOXIDABLE PARA ACUMULACIÓN E INERCIA



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	AGVI1000	AGVI1500	AGVI2000	AGVI4000	AGVI5000
Capacidad nominal (L)	1000	1500	2000	4000	5000
Altura (H) (mm)	1950	2450	2000	2600	2600
Diametro Ø (mm)	1115	1115	1415	1660	1910
Temperatura Máx. (°C)	90	90	90	90	90
Material	AISI444	AISI444	AISI316	AISI316	AISI316
Presión Máx. (bar)	6	6	6	6	6
Presión ensayo (bar)	9	9	9	9	9
Aislamiento Tapas	Poliuretano 80 mm. Densidad 42 kg/m ³				
Aislamiento Fondos	Lana mineral 80 mm. Densidad 100 kg/m ³				
Acabado	P.V.C flexible acolchado impermeable				

CONEXIONES	AGVI1000	AGVI1500	AGVI2000	AGVI4000	AGVI5000
Conexión drenaje (7)	1"	1"	1"	2"	2"
Conexión Purga (8)	1"	1"	1"	1¼"	1¼"
Conexión derecha (Cd n)	3"	4"	4"	4"	4"
Conexión izquierda (Ce n)	3"	4"	4"	3"	3"
Conexión termomanometro (S0)	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
Conexión accesorio (S n)	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"

Ilustración 16 - Características depósito 1000L

En la Ilustración 17, se utiliza el software AISLAM para el caso más desfavorable utilizando una temperatura exterior de 10,8 obteniendo así los resultados de pérdidas por flujo de calor.

Programa de cálculo de aislamientos (v1.0) 9/8/2013

Referencia Sin especificar

Calcular: **Flujo de calor**

Conductos aire **Depósito vertical** Depósito horizontal

Interior

Ti 60 °C

Coef. convección: Imponer Despreciar

hint 9,00 W/m²C

Longitud 1.950 m

Diametro interior 1115 mm

Nº capas	Nombre	Espesor (mm)	Conductividad (W/m ² C)	Resistencia térmica (m ² C/W)	Distribución Temperatura Para la sup. lateral °C
3	Interior			0,032	
	Acero	20	40,000	0,000	58,89
	Poliuretano II	80	0,024	0,860	58,88
	Lana de vidrio	80	0,040	0,457	28,71
	Exterior			0,054	12,68

Exterior

Te 10,8 °C

Coef. convección: Imponer Despreciar Calcular (aire)

Ambiente: Recinto cerrado Al exterior

Coef. emisión 0,50

hconv 1,40 W/m²C

hrad 2,62 W/m²C

hext 4,03 W/m²C

Atención. Se ha considerado: Mismo flujo de calor por m² en todo el depósito Flujo de calor 87,95 W

Ilustración 17 - Pérdidas por flujo de calor en el depósito de 1000 L

El flujo de calor que se pierde es de 87,95 W

Por tanto, en el caso más desfavorable:

$$\frac{Q}{W} = \frac{6,00 \cdot 10^4 \text{ Wh}}{333,61 \text{ W} \cdot 5} = 35,96 \text{ h} \approx 1,5 \text{ días}$$

(10)

La eficiencia de este sistema seria:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía disponible}} \cdot 100 = \frac{333,61 \text{ W}}{421,56 \text{ W}} \cdot 100 = 79,13\%$$

(11)

6.2 Opción 2: Depósitos individuales

Se trata de un sistema descentralizado para todos los vecinos, donde el consumo se realiza desde un depósito de inercia situado en cada vivienda y, si fuera necesario un sistema de apoyo para todos los vecinos.

Estos sistemas tienen, como principal desventaja, la necesidad de instalarse individualmente en cada vivienda y pueden necesitar un mantenimiento superior, así mismo a continuación se va a calcular si esta opción es más eficiente que tener un único depósito de inercia centralizado para todos los vecinos.

En primer lugar, esta alternativa necesita 6 depósitos de inercia que sean capaces de contener la demanda diaria de los residentes de cada vivienda y suponiendo un máximo de 4 personas por vivienda, un depósito de 150 litros por vivienda.

En la opción 1 se barajó la opción de 5 captadores solares, en este caso se va a realizar un cálculo similar y luego comprobaremos si se puede reducir la cantidad de captadores sin afectar al rendimiento general.

Por tanto:

$$Q = m * c_p * \Delta T$$

Siendo:

- Q = Cantidad de calor transferido o cantidad de energía necesaria.
- m = Masa del fluido
- c_p = Capacidad calorífica del fluido
- ΔT = Incremento de temperatura entre la entrada y la salida. (Para este apartado, se va a suponer que la temperatura de entrada es igual a la temperatura más desfavorable del año y que la temperatura de salida es la deseada en ACS de 60°)

$$Q = 150 * 1 * (60 - 10,8)$$

$$Q = 7380 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ kcal} = 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh} \quad 7380 \text{ kcal} * 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh/kcal} = 8,582 \text{ kWh}$$

(12)

Gracias al atlas de radiación solar en España y los gráficos que proporciona en la Ilustración 12 (Irradiación solar en Valencia), se observa que en el mes más desfavorable se tiene una irradiación media global de 2,13 kWh/m²/día.

$$\text{Irradiación} = \frac{2,13 \text{ kWh}}{\text{m}^2} / \text{día} * 1000 \text{ w} = 2130 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} / \text{día}$$

$$\left(\frac{2,13 \text{ kWh}}{\text{m}^2}\right) = \left(\frac{2130 \text{ Wh}}{\text{m}^2}\right) = 295,83 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

- Siendo h_s = Cantidad de horas de sol. (13)

Como se observa, el valor de irradiación para el mes de diciembre es bastante bajo y no está en las tablas del ensayo oficial del colector solar, por tanto, se va a realizar un cálculo con el rendimiento del captador, para aproximarlo aún más.

$$\eta = 0,754$$

$$295,83 * 0,754 = 223,05 \text{ W/m}^2 \quad (14)$$

Gracias al manual del fabricante sabemos que el panel solar tiene una superficie absorbente de 1,89 y, por tanto:

$$295,83 * 0,754 = 223,05 \text{ W/m}^2$$

$$223,05 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} * 1,89 = 421,56 \text{ W/m}^2 \quad (15)$$

De esta manera se puede concluir que:

$$\frac{Q}{W} = \frac{7380 \text{ Wh}}{421,56 \text{ W}} = 17,50 \text{ h} \quad (16)$$

Este sería el tiempo necesario en horas para calentar un depósito de inercia con un captador solar.

Teniendo en cuenta que serían 6 depósitos:

$$\frac{Q}{W} = \frac{44280 \text{ Wh}}{421,56 \text{ W}} = 105,03 \text{ h}$$

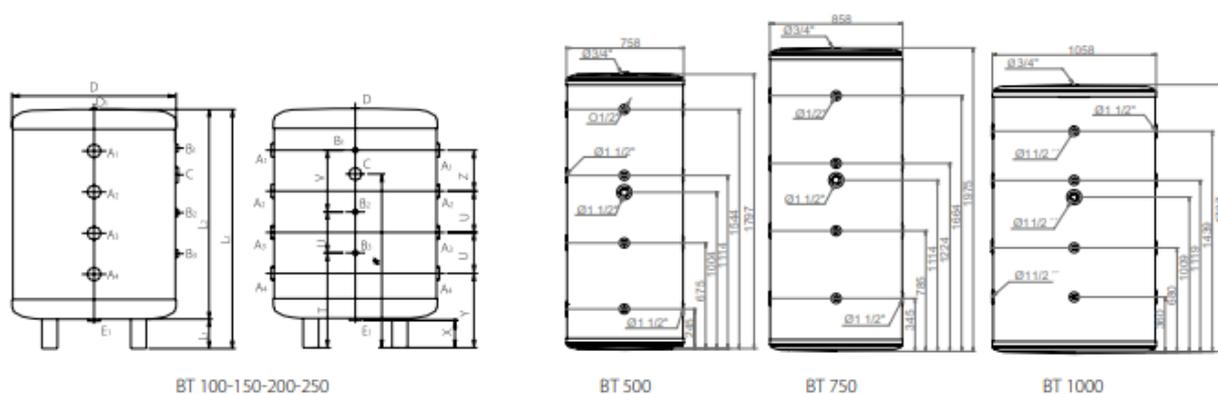
Si ponemos 5 captadores:

$$\frac{Q}{W} = \frac{44280 \text{ Wh}}{421,56 \text{ W} * 5} = 21 \text{ h} \quad (17)$$

A continuación, hay que calcular las pérdidas por transferencia de calor de los depósitos, en este caso se ha elegido el depósito de inercia DOMUSA BT 150 cuyas características son:

- Depósito tampón de acero al carbono de 3,5 mm
- Aislante de poliuretano inyectado sin CFC de alta densidad (44 kg/m³).
- Espesor de aislamiento de 50 mm.
- Aislamiento de celda cerrada.
- Toma para resistencia eléctrica.
- Toma de vaciado.

DIMENSIONES



Dimensiones del depósito

Modelo		BT 100	BT 100 M	BT 150	BT 200	BT 250
D	mm	581	581	581	581	581
L ₁	mm	105	105	105	105	105
L ₂	mm	747	747	1.027	1.327	1.627
L ₃	mm	852	852	1.132	1.432	1.732
T	mm	338	338	380	435	485
U	mm	146	146	230	340	440
V	mm	230	230	375	510	660
W	mm	619	619	864	1.114	1.364
X	mm	98	98	98	98	98
Y	mm	265	265	265	265	265
Z	mm	146	146	260	340	340

Diámetros de salida

Modelo		BT 100	BT 100 M	BT 150	BT 200	BT 250
A ₁ -A ₄	mm	1/4" H				
B ₁ -B ₃	mm	1/2" H				
C ₁	mm	1 1/2" H				
D ₁	mm	3/4" H				
E ₁	mm	1" H				

Modelo	Instalación	Capacidad	Clase de eficiencia energética
BT 100 M	Mural	100 L	C
BT 100	Suelo	100 L	C
BT 150	Suelo	150 L	C
BT 200	Suelo	200 L	C
BT 250	Suelo	250 L	C
BT 500	Suelo	505 L	-
BT 750	Suelo	750 L	-
BT 1000	Suelo	1.000 L	-

*Los modelos BT 100 -250 se sirve con patas.
El modelo BT M se sirve con el soporte mural.

Ilustración 18 - Características depósito 150 L

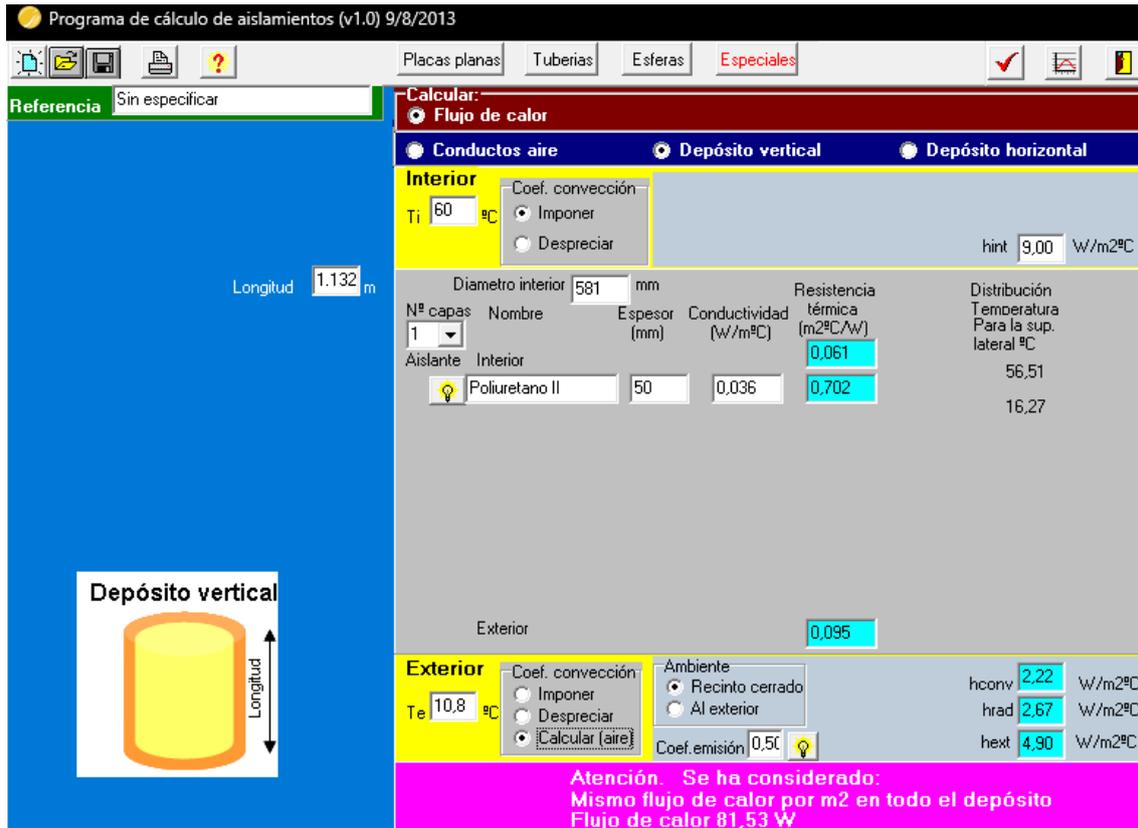


Ilustración 19 - Pérdidas por flujo de calor en el depósito de 150 L

El flujo de calor que se pierde es de 81,53 W

Por tanto, en el caso más desfavorable:

$$\frac{Q}{W} = \frac{44280 \text{ Wh}}{340,03 \text{ W} * 5} = 26,04 \text{ h} \cong 1,08 \text{ días} \quad (18)$$

La eficiencia de este sistema sería:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía disponible}} * 100 = \frac{340,03 \text{ W}}{421,56 \text{ W}} * 100 = 80,65\% \quad (19)$$

6.3 Opción 3: Dos depósitos centralizados

Se trata de un sistema centralizado para todos los vecinos, donde el consumo se realiza desde dos depósitos de inercia centrales situados en el cuarto de contadores, alimentan a todo el edificio, un depósito alimenta las plantas de la izquierda mientras que el otro alimentara toda la parte derecha del edificio

Estos sistemas tienen como desventaja que se deben instalar dos depósitos y por tanto el mantenimiento se duplica respecto a la opción 1, sin embargo, a continuación, se va a calcular si esta opción es más eficiente que tener un único depósito de inercia centralizado o 6 depósitos para todos los vecinos individualmente.

En primer lugar, esta alternativa necesitaría 2 depósitos de inercia que sea capaz de abarcar la demanda diaria los residentes de cada vivienda, suponiendo un máximo de 4 personas por vivienda, necesitaríamos 1000 L de acumulación que se puede dividir en 2 depósitos de 500 L cada uno.

Por tanto:

$$Q = m * c_p * \Delta T$$

Siendo:

- Q = Cantidad de calor transferido o cantidad de energía necesaria.
- m = Masa del fluido
- C_p = Capacidad calorífica del fluido
- ΔT = Incremento de temperatura entre la entrada y la salida. (Para este apartado, se va a suponer que la temperatura de entrada es igual a la temperatura más desfavorable del año y que la temperatura de salida es la deseada en ACS de 60°)

$$Q = 500 * 1 * (60 - 10,8)$$

$$Q = 24600 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ kcal} = 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh} \quad 24600 \text{ kcal} * 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh/kcal} = 28,60 \text{ kWh}$$

(20)

$$\text{Irradiacion} = \frac{2,13 \text{ kWh}}{\text{m}^2} / \text{dia} * 1000 \text{ w} = 2130 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} / \text{dia}$$

$$\frac{\left(\frac{2,13 \text{ kWh}}{\text{m}^2}\right)}{\text{hs}} = \frac{\left(\frac{2130 \text{ Wh}}{\text{m}^2}\right)}{7,2 \text{ h}} = 295,83 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

(21)

- Siendo hs = Cantidad de horas de sol.

$$\eta = 0,754$$

$$295,83 * 0,754 = 223,05 \text{ W/m}^2$$

(22)

Gracias al manual del fabricante sabemos que el panel solar tiene una superficie absorbente de 1,89 y, por tanto:

$$295,83 * 0,754 = 223,05 \text{ W/m}^2$$

$$223,05 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} * 1,89 = 421,56 \text{ W/m}^2$$

(23)

De esta manera se puede concluir que:

$$\frac{Q}{W} = \frac{24600 \text{ Wh}}{421,56 \text{ W}} = 58,35 \text{ h}$$

$$\frac{Q}{W} = \frac{24600 \text{ Wh}}{421,56 \text{ W} * 5} = 11,67 \text{ h} \cong 0,48 \text{ días}$$

(24)

Como sabemos, en esta opción se trata de 2 depósitos, entonces:

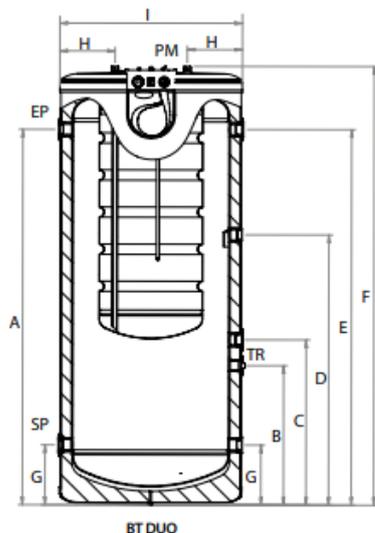
$$\frac{Q}{W} = \frac{49200 \text{ Wh}}{421,56 \text{ W} * 5} = 23,32 \text{ h} \cong 0,97 \text{ días}$$

(25)

Una vez concluido el cálculo, debemos estimar las pérdidas producidas por transferencia de calor en este sistema para poder comparar la eficiencia de las 3 opciones propuestas.

El depósito elegido para esta configuración es un depósito de Inercia BT DUO cuyas especificaciones son [9]:

DIMENSIONES



TR: Toma resistencia Ø 1-1/2" H
 SP: Salida primario Ø 1-1/2" H
 EP: Entrada primario Ø 1-1/2" H
 PM: Purgador Manual 3/8"

Modelos	A	B	C	D	E	F	G	H	I
BT DUO 150	879	292	390	619	879	1070	160	140	581
BT DUO 250	1479	600	490	1039	1479	1670	160	140	581
BT DUO 500	1570	583	691	1130	1570	1834	251	229	752
BT DUO 750	1637	758	663	1195	1637	1968	318	279	858
BT DUO 1000	1408	539	649	1088	1408	1751	329	379	1058

EQUIPAMIENTO

- Termómetro
- Termostato regulable
- Interruptos marcha /paro

OPCIONES PARA BT DUO 150-250

- Resistencia eléctrica 1,5 kW
- Resistencia eléctrica 2,5 kW
- Resistencia eléctrica 3,5 kW
- Kit hidráulico S200:
 - Manguitos dieléctricos
 - Grupo de seguridad
 - Vaso de expansión 8 L
- Kit hidráulico MB:
 - Grupo de seguridad
 - Manguitos dieléctricos
 - Válvula mezcladora

OPCIONES PARA BT DUO 500-750-1000

- Protección catódica V BT DUO

Modelos	Volumen total L	Volumen ACS L	Caudal ACS		Código
			L/10 min ΔT 30°C	L/h ΔT 30°C	
BT DUO 150	150	80	274	815	TDBT000005
BT DUO 250	250	130	348	1.008	TDBT000006
BT DUO 500	500	150	460	1260	TDBT000010
BT DUO 750	750	190	570	1520	TDBT000011
BT DUO 1000	1000	190	620	1570	TDBT000012

Ilustración 20 - Características depósito 500 L.

Programa de cálculo de aislamientos (v1.0) 9/8/2013

Placas planas Tuberías Esferas Especiales

Referencia Sin especificar

Calcular:
 Flujo de calor
 Conductos aire
 Depósito vertical
 Depósito horizontal

Interior
 Ti 60 °C
 Coef. convección:
 Imponer
 Despreciar
 hint 9,00 W/m²°C

Diametro interior 800 mm
 Resistencia térmica (m²C/W) 0,044

Nº capas	Nombre	Espesor (mm)	Conductividad (W/m°C)	Resistencia térmica (m ² C/W)	Distribución Temperatura Para la sup. lateral °C
1	Interior				
	Aislante				
	Poliuretano II	80	0,026	1,116	58,24
					13,80

Exterior
 Te 10,8 °C
 Coef. convección:
 Imponer
 Despreciar
 Calcular (aire)
 Ambiente:
 Recinto cerrado
 Al exterior
 Coef. emisión 0,50

hconv 1,76 W/m²°C
 hrad 2,64 W/m²°C
 hext 4,39 W/m²°C

Atención. Se ha considerado:
 Mismo flujo de calor por m² en todo el depósito
 Flujo de calor 74,06 W

Depósito vertical

Longitud 1.460 m

Ilustración 21 - Pérdidas por flujo de calor en el depósito de 500 L

Tanto en el software como en la ficha técnica se da un valor de pérdida de calor, se da por valido al valor que indica el fabricante de 73 W, aunque el software da un valor muy similar siendo este 74,06 W.

A continuación, y aprovechando que se dispone de este valor se procede al cálculo:

$$\frac{Q}{W} = \frac{49200 \text{ Wh}}{348,56 \text{ W} * 5} = 28,23 \text{ h} \cong 1,17 \text{ días} \quad (26)$$

La eficiencia de este sistema seria:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía disponible}} * 100 = \frac{348,56 \text{ W}}{421,56 \text{ W}} * 100 = 82,68\% \quad (27)$$

6.4 Conclusiones del análisis de alternativas.

La opción 1 se descarta debido al gran volumen de agua que habría que calentar al momento, se tardaría una media de 1,5 días en calentar todo el depósito y sería la opción con menos eficiencia general del sistema teniendo en cuenta las pérdidas por flujo de calor que se generan en ese depósito.

En cuanto a la opción 2, se plantea poner un depósito en cada vivienda, siendo un total de 6 depósitos. Esta alternativa ofrece la ventaja de calentar más rápidamente y proporcionar la posibilidad de calentar 150 litros por vivienda en un tiempo máximo, en la situación más desfavorable, de 21 horas. La eficiencia de este sistema es de aproximadamente 80,65%, también debido a las pérdidas por flujo de calor en los depósitos, que, si bien son más pequeñas, hay más debido a la cantidad de depósitos.

Es importante destacar que, aunque la opción 2 es atractiva en términos de rapidez de calentamiento y eficiencia del sistema, se descarta debido al elevado precio que supondría dividir toda la demanda en 6 depósitos, con todos sus respectivos accesorios, mantenimientos y cálculos. Además, la opción 3 logra una mejor eficiencia.

Por último, se ha escogido la opción 3, la cual consiste en dividir la demanda en dos grandes depósitos de 500 litros cada uno. Se sobredimensiona un 44% hasta llegar a 1000 litros para tener un buen margen y poder garantizar el suministro instantáneo de agua caliente sanitaria.

Esta solución planteada asegura varias cosas, como que los dos depósitos son capaces de calentar todo el volumen de agua en un tiempo máximo de 23,32 horas o 0,97 días. Si bien es más tiempo que la opción de dividir en depósitos individuales, la eficiencia de este sistema es superior y es más económica, ya que los dos depósitos grandes son más baratos que los 6 pequeños, teniendo en cuenta los accesorios, instalación y mantenimientos.

La principal razón por la que se ha elegido este sistema es que logra aproximadamente hasta un 82,68% de eficiencia.

7 Solución adoptada

7.1 Captadores

Con respecto a los captadores, se ha analizado el mercado y se ha buscado la mejor opción calidad-precio, maximizando la eficiencia y con una superficie reducida para poder instalarlo en la azotea objetivo.

El captador elegido es el Rothsol 207, cuyas especificaciones se resumen en la Ilustración 22 [10].

Dimensiones (mm)	1988 x 1041 x 90
Superficie	2.07 m ² bruta 1.92 m ² apertura 1.89 m ² absorbadora
Rendimiento	$\eta_0 = 73.20\%$ $K_1 = 3.771 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ $K_2 = 0.011 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Caudal	105 l/h
Peso	37.2 kg
Presión (máxima)	10 bar
Temperatura de reposo	194 °C
Capacidad	1.07 l
Absorbador	Aluminio con tratamiento selectivo TINOX Soldadura laser
Absorción	$\alpha = 95\%$
Emisión	$\varepsilon = 4\%$
Cubierta	Vidrio solar de 4 mm, bajo contenido en hierro
Conexiones entre captadores	4 conexiones 3/4" M. Incluidos 2 manguitos de unión por captador
Máximo captadores en batería	5 unidades

Ilustración 22 - Características del captador

En el cálculo inicial se estimaron una cantidad de 5 captadores que es la máxima cantidad que permite el manual, ahora se va a hacer el cálculo de captadores teniendo en cuenta la cantidad de energía solar disponible de media en todo el año.

$$\text{Numero de captadores} = \text{Energía térmica requerida} / \text{Energía solar disponible}$$

$$n = \frac{560 * 4,18 * \text{kJ/kg} \cdot \text{K}}{295,83 \text{ W} * 1,89\text{m}} = 4,18 \text{ captadores} \cong 5 \text{ captadores}$$

(28)



Ilustración 23 - Vista del captador RothSol 207

7.2 Cálculo de sombras

Se necesita realizar un estudio de sombras para comprobar que porcentaje de eficiencia se pierde y cuánto tiempo se producen las sombras, por normativa se obliga a no superar un valor máximo del 10% establecido en el I Real Decreto 244/2019, de 5 de abril.

El edificio no consta de otros edificios en la trayectoria del sol que produzcan sombras a la azotea a estudiar, por tanto, solamente quedaría estudiar objetos que puedan interceder en la trayectoria del sol y opacar zonas de los captadores.

Existe un soporte de sujeción de cables tensores para las antenas que no produce ninguna sombra sobre las placas, el único objeto capaz de producir sombras son 2 cables tensores que tienen aproximadamente 0,5 mm de espesor con lo que voy a considerar las pérdidas por sombras como inexistentes.

7.3 Selección de tuberías

Para la selección de tuberías, se trata de buscar un material que cumpla los siguientes requisitos previos:

En primer lugar, la temperatura y presión a la que debe trabajar, se va a calcular la presión del circuito necesaria y las temperaturas que alcanzará.

Después se comprueba la resistencia de los materiales escogidos a las condiciones sometidas.

La durabilidad y la resistencia a los rayos UV debido a que algunos tramos de tubería deben de estar en el exterior y estará expuesta directamente a la luz solar.

Así mismo se intentará que todos esos puntos anteriores tengan armonía con un precio competitivo.

Para el cálculo se necesita saber el caudal que tendrá la instalación y para ello el fabricante de los receptores térmicos facilita en el manual, el caudal máximo que puede pasar por cada captador siendo este máximo de $105 \text{ L/h} \cdot \text{m}^2$.

Multiplicando la superficie total de captación por el caudal se obtiene el caudal máximo.

$$Q_{\max} = (1,89 \text{ m} * 5) * 105 \frac{\text{L}}{\text{h}} * \text{m}^2 = 992,25 \text{ L/h}$$

(29)

Una vez se tiene el caudal como punto de partida, se necesita saber la velocidad a la que tiene que transportarse el fluido, para ello se acude al *CTE DB-HS4 4.2.1 Apartado e*, el cual indica que la velocidad del fluido a través de tuberías metálicas debe comprenderse entre 0,50 y 2 m/s, así mismo también se indica en el DB-HS4 que la máxima pérdida de carga por metro lineal de tubería para instalaciones solares térmicas es de 40 mmca/m.

A continuación, utilizando la Figura 17 se marca la máxima pérdida permitida junto con la máxima velocidad permitida, y se elige el diámetro correspondiente [11].

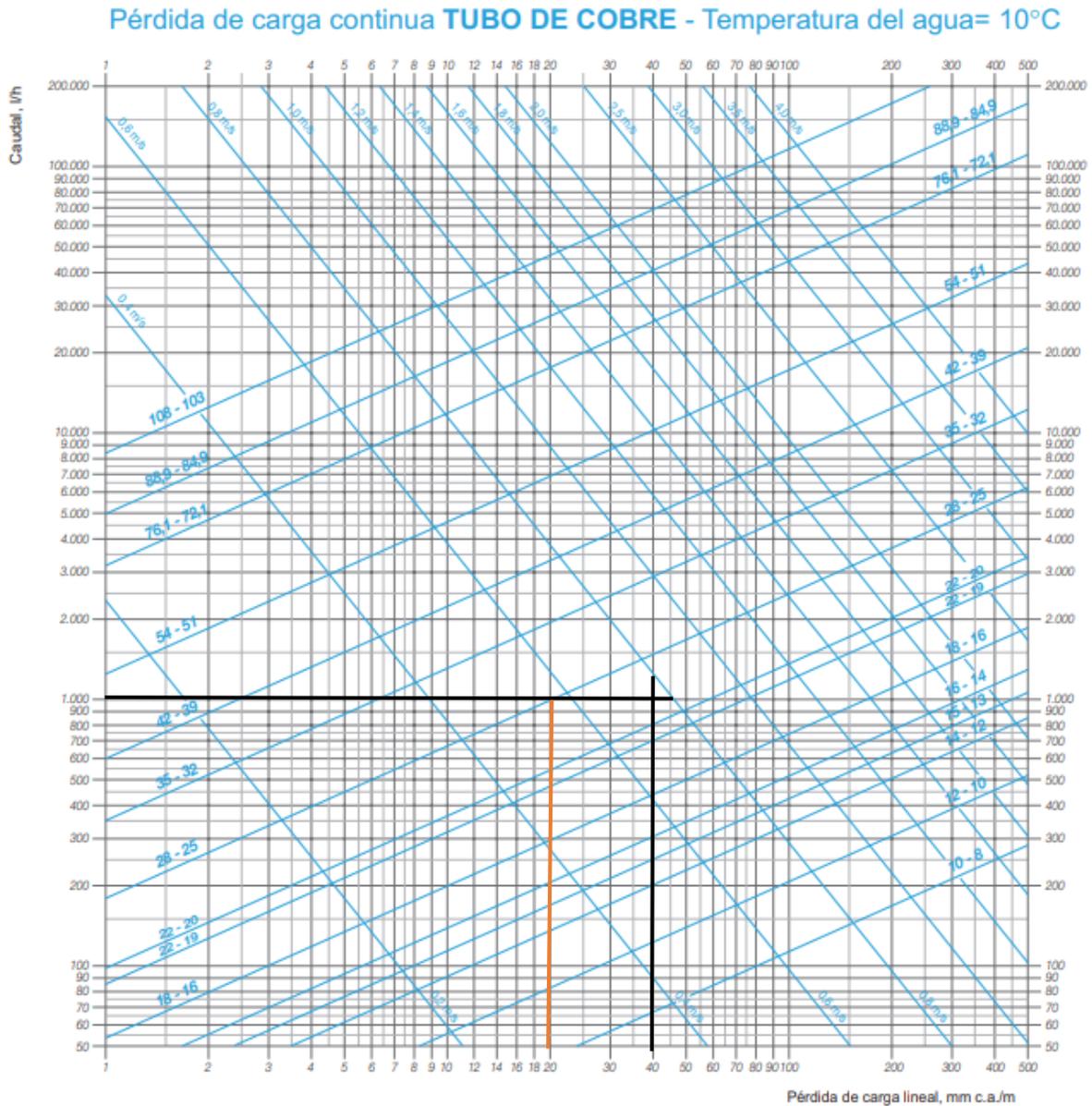


Ilustración 24 – Pérdidas de carga en tubo de cobre

Como se puede ver, se necesita un diámetro de 32 mm el cual se va a aproximar a 35 mm para que sea un diámetro comercial común.

A su vez también se debe tener en cuenta lo indicado en *CTE DB-HS4 4.3 Tabla 4.3* la cual indica los diámetros mínimos de alimentación [12].

Tramo considerado	Diámetro nominal del tubo de alimentación	
	Acero	Cobre o plástico (mm)
Alimentación a cuarto húmedo privado: baño, aseo, cocina.	$\frac{3}{4}$	20
Alimentación a derivación particular: vivienda, apartamento, local comercial	$\frac{3}{4}$	20
Columna (montante o descendente)	$\frac{3}{4}$	20
Distribuidor principal	1	25
< 50 kW	$\frac{1}{2}$	12
Alimentación equipos de climatización 50 - 250 kW	$\frac{3}{4}$	20
250 - 500 kW	1	25
> 500 kW	$1 \frac{1}{4}$	32

Ilustración 25 – Diámetros mínimos de alimentación

Para el tramo de distribución principal se dispone de menos de 50 kW de potencia, por tanto, para cobre se cumple el mínimo establecido por el CTE.

7.4 Altura de elevación

Gracias a un metro láser, se ha medido la altura total del edificio desde el punto donde estarán los depósitos de inercia hasta el punto más alto de la instalación, dando como resultado 13,18 metros, se va a aproximar a 15 metros para asegurar la presión en todo el circuito, teniendo en cuenta que puede ser necesario instalar reductores de presión para los primeros pisos.

7.5 Pérdidas de carga

Para este apartado se va a calcular las pérdidas de carga del sistema mediante la siguiente ecuación:

$$h_s = \frac{8 * f * L_e * Q^2}{\pi^2 * g * D^5}$$

Siendo:

- f = Factor de fricción de Darcy Weisbach
- Le = Longitud equivalente de la tubería en metros
- Q = Caudal máximo en m³/s²
- g = Aceleración de la gravedad m/s².
- D = Diametro de la tubería en mm

Como se desconoce el factor de fricción de Darcy Weisbach, se va a calcular en primer lugar:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4 * 2,77 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 0,035^2 \text{ m}} = 0,2885 \text{ m/s}$$

(30)

A continuación, se necesita calcular el número de Reynolds:

$$Re = \frac{V(\text{m/s}) * D(\text{m})}{\nu \left(\frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right)} = \frac{0,2885 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} * 0,035 \text{ m}}{1,10 * 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} = 9179,53$$

(31)

Por la ecuación de White-Colebrook se obtiene el valor de fricción:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) + \left(\frac{k/D}{3,71} \right)$$

f ₀	f ₁
0,01900	0,034294
0,034294	0,031273
0,031273	0,031718
0,031718	0,031649

(32)

Se aproximan los resultados con tres cifras significativas: $3,16 * 10^{-2}$

Una vez se obtiene el valor del factor de fricción, se necesita conocer la longitud de la tubería, y para ello se va a dividir la instalación en 3 tramos.

Tramo 1: Este tramo es el encargado de llevar el fluido calentado desde los captadores solares hasta los depósitos de inercia situados en el cuarto de contadores.

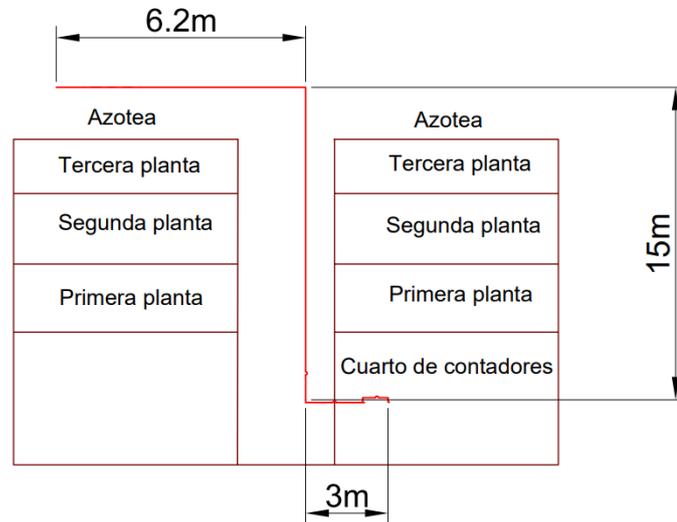


Ilustración 26 - Longitud tramo 1

Tramo 2: Este tramo es el encargado de llevar el ACS desde los depósitos de inercia hasta cada una de las viviendas

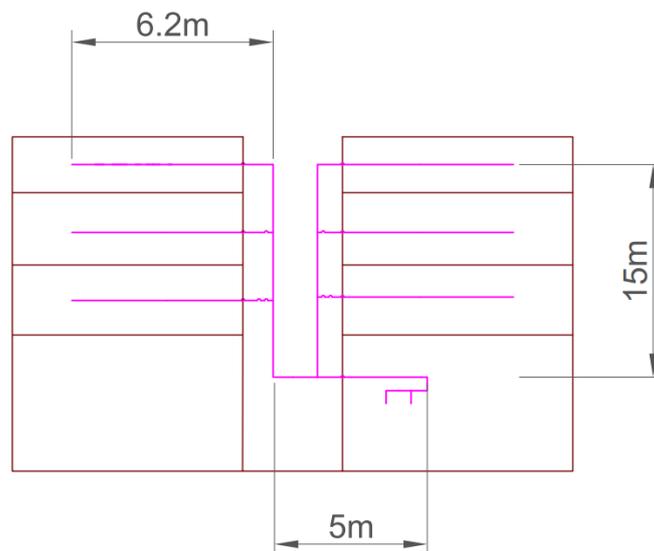


Ilustración 27 - Longitud tramo 2

Tramo 3: Este tramo se encarga del retorno del agua caliente sanitaria desde el depósito de inercia hasta los captadores.

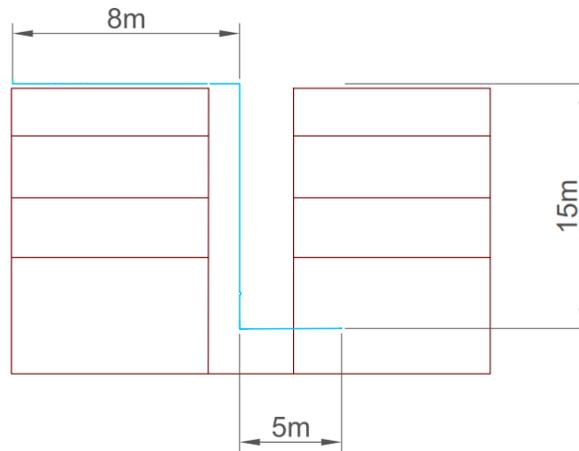


Ilustración 28 - Longitud tramo 3

Una vez se obtienen las medidas principales de las tuberías, se suman para obtener una longitud total:

$$\text{Tramo 1} = 6,2 \text{ m} + 3 \text{ m} + 15 \text{ m} = 24,2 \text{ m} \cong 25 \text{ m}$$

$$\text{Tramo 2} = (6,2 \text{ m} * 6) + 5 \text{ m} + 15 \text{ m} = 57,2 \text{ m} \cong 58 \text{ m}$$

$$\text{Tramo 3} = 8 \text{ m} + 15 \text{ m} + 5 \text{ m} = 28 \text{ m}$$

$$\text{Total} = 25 \text{ m} + 58 \text{ m} + 28 \text{ m} = 111 \text{ m}$$

(33)

Por tanto, ahora se pueden calcular las pérdidas de carga en cada tramo:

$$ht_1 = \frac{8 * f * Le * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} = \frac{8 * 3,16 * 10^{-2} * 25 \text{ m} * 0,2885^2 \text{ m/s}}{\pi^2 * g * 0,035^5 \text{ m}} = 0,096 \text{ mca}$$

$$ht_2 = \frac{8 * f * Le * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} = \frac{8 * 3,16 * 10^{-2} * 58 \text{ m} * 0,2885^2 \text{ m/s}}{\pi^2 * g * 0,035^5 \text{ m}} = 0,222 \text{ mca}$$

$$ht_3 = \frac{8 * f * Le * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} = \frac{8 * 3,16 * 10^{-2} * 28 \text{ m} * 0,2885^2 \text{ m/s}}{\pi^2 * g * 0,035^5 \text{ m}} = 0,107 \text{ mca}$$

$$ht = \frac{8 * f * Le * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} = \frac{8 * 3,16 * 10^{-2} * 111 \text{ m} * 0,2885^2 \text{ m/s}}{\pi^2 * g * 0,035^5 \text{ m}} = 0,425 \text{ mca}$$

(34)

Y se puede concluir que las pérdidas de carga por rozamiento continuo de las tuberías serán de aproximadamente 0,425 mca en todo el circuito.

Una vez calculadas las pérdidas de la tubería, es necesario calcular las pérdidas ocasionadas por los accesorios, para ello se va a realizar una lista con todos los accesorios necesarios y su respectiva longitud equivalente según la Ilustración 29 [13].

Accesorios	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Cantidad total
Codo 90°	3	6	4	13
Reducción	1	0	1	2
Válvula antirretorno	1	7	2	10
Válvulas de bola	3	20	3	26
Conexión tipo T	1	6	1	8

Tabla 6 - Accesorios y longitudes equivalentes

Utilizando una de las tablas de longitud equivalente de los accesorios se pueden calcular las pérdidas de carga singulares.

Clase de resistencia aislada	Diámetros de las tuberías (mm)	Diámetros de las tuberías (mm)											
		3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
	manguito de unión	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15	0,20	0,25
	cono de reducción	0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00	4,00	5,00
	codo o curva de 45°	0,20	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00	1,18	1,25	1,45	1,63
	curva de 90°	0,18	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97	2,61	3,43
	codo de 90°	0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21	2,94	3,99
	"te" de 45°	1,02	0,84	0,90	0,96	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00	3,30
	"te" arqueada o de curvas ("pantalones")	1,50	1,68	1,80	1,92	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00	6,60
	"te" confluencia de ramal (paso recto)	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20
	"te" derivación a ramal	1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50	6,20	6,90	7,70	8,90
	válvula retención de batiente de pistón	0,20	0,30	0,55	0,75	1,15	1,50	1,90	2,65	3,40	4,85	6,60	8,30
	válvula retención paso de escuadra	1,33	1,70	2,32	2,85	3,72	4,67	5,75	6,91	8,40	11,1	12,8	15,4
	válvula retención paso de escuadra	5,10	5,40	6,50	8,50	11,50	13,0	16,5	21,0	25,0	36,0	42,0	51,0
	válvula de compuerta abierta	0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69	0,81	1,09	1,44	1,70
	válvula de paso recto y asiento inclinado	1,10	1,34	1,74	2,28	2,89	3,46	4,53	5,51	6,69	8,80	10,8	13,1
	válvula de globo	4,05	4,95	6,25	8,25	10,8	13,0	17,0	21,0	25,0	33,0	39,0	47,5
	válvula de escuadra o ángulo (abierto)	1,90	2,55	3,35	4,30	5,60	6,85	8,60	11,1	13,7	17,1	21,2	25,5
	válvula de asiento de paso recto	—	3,40	3,60	4,50	5,65	8,10	9,00	—	—	—	—	—
	intercambiador	—	—	—	2,1	5	12,5	13,2	14,2	25	—	—	—
	radiador	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	8,00	10,00
	radiador con valvulería	3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,10	11,40	12,70	14,00	15,00
	caldera	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	8,00	10,00
	caldera con valvulería	3,00	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00	8,00	8,75	9,50	10,00	11,00	12,00
	contador general individual o divisionario	4,5 m.c.d.a. 10 m.c.d.a.											

Ilustración 29 - Longitudes equivalentes

Por tanto, las pérdidas singulares son:

$$\begin{aligned} Le_1 &= 3 * 1,01 + 1 * 0,50 + 1 * 3,72 + 3 * 8,25 + 1 * 4,10 = 32,38 \\ Le_2 &= 6 * 1,01 + 0 * 0,50 + 7 * 3,72 + 20 * 8,25 + 6 * 4,10 = 221,6 \\ Le_3 &= 4 * 1,01 + 1 * 0,50 + 2 * 3,72 + 3 * 8,25 + 1 * 4,10 = 40,83 \\ Le_t &= 13 * 1,01 + 2 * 0,50 + 10 * 3,72 + 26 * 8,25 + 8 * 4,10 = 298,63 \end{aligned} \quad (35)$$

$$\begin{aligned} h_{s1} &= \frac{8 * f * Le * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} = \frac{8 * 3,16 * 10^{-2} * 32,38 * 2,77 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}^2}{\pi^2 * g * 0,035^5} = 0,124 \text{ mca} \\ h_{s2} &= \frac{8 * f * Le * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} = \frac{8 * 3,16 * 10^{-2} * 221,6 * 2,77 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}^2}{\pi^2 * g * 0,035^5} = 0,850 \text{ mca} \\ h_{s3} &= \frac{8 * f * Le * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} = \frac{8 * 3,16 * 10^{-2} * 40,83 * 2,77 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}^2}{\pi^2 * g * 0,035^5} = 0,156 \text{ mca} \\ h_{st} &= \frac{8 * f * Le * Q^2}{\pi^2 * g * D^5} = \frac{8 * 3,16 * 10^{-2} * 298,63 * 2,77 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}^2}{\pi^2 * g * 0,035^5} = 1,145 \text{ mca} \end{aligned} \quad (36)$$

A continuación, se necesita conocer la pérdida de carga que generan los colectores, según el manual de Rothsol, la pérdida de carga de los captadores es de 0,1529 mca.

$$\text{Pérdida de carga captadores} = 0,153 * 5 = 0,764 \text{ mca} \quad (37)$$

Y por último se calcula la pérdida de carga total por tramo:

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas tramo 1} &= 0,096 + 0,124 + 0,764 = 0,984 \text{ mca} \\ \text{Pérdidas tramo 2} &= 0,222 + 0,850 = 1,070 \text{ mca} \\ \text{Pérdidas tramo 3} &= 0,107 + 0,156 + 0,764 = 1,027 \text{ mca} \\ \text{Pérdidas totales} &= 0,984 + 1,070 + 1,027 \cong 3,081 \text{ mca} \end{aligned} \quad (38)$$

7.6 Bombas de agua

Cabe destacar que el agua calentada desde los captadores al depósito se realiza por convección natural y no forzada, aunque se disponga de un sistema de recirculación de agua para evitar el estancamiento y el sobrecalentamiento. Para evitar este estancamiento, se colocara otra bomba de agua adicional para la impulsión, tal y como se indica en el plano hidráulico.

• Selección de la bomba de circulación del circuito secundario

Para el dimensionado de esta bomba primero se recopilan datos ya calculados en apartados anteriores:

- Caudal del circuito = 992,25 L/h
- Altura de elevación = 15 m
- Pérdidas de carga del tramo 2 = 1,070 mca

Como se conoce el caudal necesario y todas las pérdidas de carga que la bomba debe superar, se puede buscar una bomba que suministre un caudal de 1000 L/h y que sea capaz de superar las pérdidas de carga generadas en el tramo de abastecimiento de 0,984 mca.

Para ello se tienen que observar los distintos manuales que otorgan los fabricantes, en este caso se va a utilizar la marca Grundfos, la cual dispone de un dimensionador online que ayuda con los parámetros de la instalación y muestra de manera sencilla las distintas posibilidades que tienes dentro de su marca, tras introducir los datos anteriormente citados se dan varias posibilidades, las cuales se va a decantar por los costes energéticos y se va a seleccionar la bomba de agua disponible que menos coste energético anual produzca.

La bomba elegida para este caso es el modelo *CM 1-2 A-R-I-E-AQQE F-A-A-N* con 0,46 kW de potencia, esta bomba está especializada en ACS, el manual indica que la bomba trabaja bien con el fluido a 60 °C lo cual es una característica indispensable ya que el agua se empezara a distribuir a esa temperatura, tiene un caudal real más que suficiente de 1037 L/h, es capaz de elevar el fluido hasta 16,12 metros, lo cual es más de la medida del edificio. También se prioriza que la bomba disponga de una señal PWM para el control desde un controlador solar.

Esta bomba está dentro del rango de temperaturas ambiente y tiene unas presiones de trabajo máximas de 16 bar a 90 °C [14].



Ilustración 30 - Bomba circuito secundario

- **Selección de la bomba de recirculación.**

Los sistemas termo solares funcionan de una manera más eficiente si se coloca una bomba de recirculación del fluido, para evitar el sobrecalentamiento del agua en estado estacionario en los paneles solares por la ausencia de circulación, este tipo de bombas asegura que el agua se mueva continuamente y evite el sobrecalentamiento protegiendo todos los elementos que componen el sistema.

Así mismo, también se minimizan las pérdidas de calor y ayuda a mantener un flujo constante para que el agua mantenga una temperatura más alta en todo el recorrido y por tanto se reduzcan las pérdidas.

Para el cálculo necesitaremos saber:

- Caudal necesario = 500 L/h
- Altura de elevación = 15 m
- Pérdidas de carga del tramo 3 = 1,027 mca

A diferencia de los anteriores la bomba de este tramo se va a dimensionar de manera distinta, se va a buscar una bomba específica para recirculación de este tipo de sistemas, que pueda mover un caudal de al menos 500 L/h y asegure que el agua se queda en constante movimiento.

El motivo de que el caudal en este caso sea inferior al del circuito primario y el secundario es también para reducir las pérdidas por flujo de calor, estas pérdidas se agravarían si el agua recirculada va demasiado rápido se desperdiciaría energía térmica.

También se va a buscar una bomba que tenga distintos modos de trabajo, para poder cambiarlo según la estación del año o a conveniencia y así mismo se va a buscar una bomba que permita el control de esta mediante señales PWM para facilitar la instalación de un controlador externo, que permita configurar una centralita de control del sistema completo automático.

Teniendo en cuenta toda esa información y requisitos, la bomba elegida es de la marca Grundfos modelo **ALPHA SOLAR 25-145-180** [15].

Esta bomba se define como una bomba circuladora diseñada para sistemas termo solares, cumple con los requisitos definidos anteriormente y obtiene hasta un máximo de 520 L/h que es casi la demanda diaria que tendrá el edificio.



Ilustración 31 - Bomba de recirculación

7.7 Soportes

Para mantener la instalación en una correcta orientación se van a utilizar unos soportes comerciales certificados para la marca y modelo de captador a instalar RothSol 207, de inclinación a 45° orientados hacia el sur.

Estos soportes se venden en kits con todo lo necesario, tanto la tornillería como perfilería necesaria para mantenerlo seguro.

Sin embargo, estos soportes no son lo suficientemente altos para evitar las sombras que provocaría un muro separador entre azoteas, por tanto, se necesita elevar el conjunto de soportes a cierta altura para evitar cualquier tipo de sombras sin importar la altura a la que se encuentre el sol.

Para ello se utiliza un soporte comercial Ilustración 33, ese soporte es comúnmente utilizado para placas fotovoltaicas, pero puede utilizarse también para captadores fototérmicos.

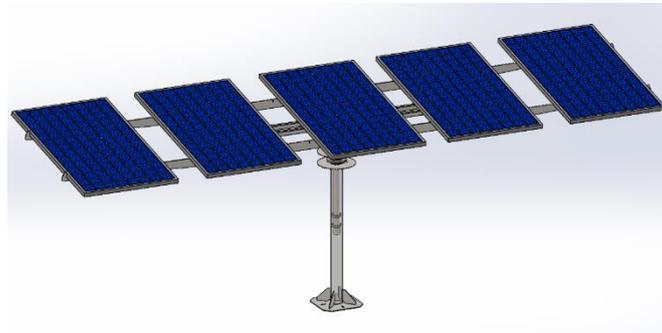


Ilustración 32 - Render soporte y captadores

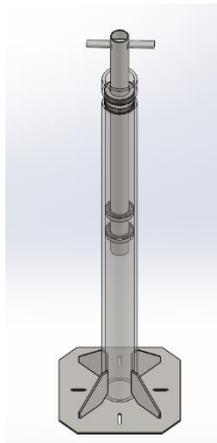


Ilustración 33 - Soporte de elevación

7.8 Cálculo del vaso de expansión

El sistema de expansión debe absorber todas las variaciones que se produzcan en el volumen del fluido y mantener la presión evitando pérdidas.

Para ello y con relación a la *UNE-100-155-88*:

$$\text{Capacidad volumetrica captadores} = N^{\circ}\text{captadores} * \text{volumen de agua}$$

$$C_{vc} = 5 * 1,07 = 0,021 \text{ Litros} \quad (39)$$

$$V_{\text{reserva}} = \text{Capacidad volumétrica total} * 0,029 = 2,90 \text{ Litros} \quad (40)$$

$$V_{\text{vaporizado}} = C_{vc} * 1,1 = 5,89 \text{ Litros} \quad (41)$$

$$V_{\text{útil}} = 0,021 + 2,90 + 5,89 = 8,81 \text{ Litros} \quad (42)$$

$$\text{Presión estática} = \text{Cota} * 0,1 \quad (43)$$

$$\text{Presión estática} = 13,65\text{m} * 0,1 = 1,365 \text{ bar}$$

$$\text{Presion maxima} = 10 \text{ bar}$$

$$\text{Presion mínima} = 0,5 * \text{Presión estática} = 1,86 \text{ bar} \quad (44)$$

$$\text{Coeficiente de presión} = \frac{\text{Presión max}}{\text{Presión max} - \text{Presión min}} = 1,219 \text{ bar} \quad (45)$$

$$\text{Volumen vaso} = \text{CoefPresion} * V_{\text{útil}} = 10,75 \cong 11 \text{ litros} \quad (46)$$

El volumen calculado para el vaso de expansión es de 11 litros, pero se aproximará a 12 litros para buscar un vaso de expansión comercial, cabe destacar que el cálculo se ha realizado para agua sin ningún tipo de aditivo ni anticongelante, por tanto, el coeficiente de dilatación es mucho más bajo, por ese motivo si se utilizara anticongelante o cualquier aditivo, el volumen del vaso de expansión sería más grande conforme aumente el coeficiente de dilatación.

7.9 Cálculo del intercambiador de calor

Para realizar una correcta instalación se debe separar el fluido circulante por los captadores del agua de consumo, para ello se utiliza un intercambiador de calor de placas ya que el volumen es demasiado elevado como para utilizar sistemas de intercambio dentro del acumulador o de serpentín.

Para el correcto funcionamiento se va a calcular la potencia mínima de intercambio de calor necesaria y después se seleccionará un intercambiador comercial que cumpla con los requisitos.

$$\text{Potencia mínima} = \frac{\text{Superficie de captacion} * \text{Potencia mínima}}{1000}$$

$$\text{Potencia mínima} = \frac{(5 * 1,89 \text{ m}) * 421,56 \text{ kW}}{1000} = 3,98 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia mínima} = 3422,18 \text{ kcal}$$

(47)

Por tanto, se escoge un intercambiador de calor que sea capaz de suministrar la potencia mínima calculada. Se acaba eligiendo un intercambiador específico para instalaciones termo solares con placas termo soldadas con una potencia de 5 kW [16].



Ilustración 34 - Intercambiador de calor

7.10 Sistema de control

Para el correcto funcionamiento de la instalación es recomendable utilizar sistemas de control automáticos que cambien la configuración de la misma dependiendo de la estación del año, irradiación recibida, volumen de agua restante, y un gran abanico de factores configurables.

Para este apartado se recurre a la búsqueda de empresas especializadas en este tipo de sistemas de control y se llega a la conclusión de que la mejor opción para nuestra instalación es proponer la instalación de una centralita de control para instalaciones de energía solar térmica **S118 de SISTENA S.A.**[17]

Este sistema está diseñado para las funciones de:

- Regulación de bombeo.
- Medidas de temperatura mediante sondas PT1000.
- Activación de los sistemas de apoyo.
- Función antilegionella automática.
- Protecciones de seguridad.
- Antihielo.
- Enfriamiento por alta temperatura.
- Ajuste automático de los balances de funcionamiento y bombas mediante PWM.

Con estas funciones podremos controlar automáticamente la totalidad del sistema y hacerlo más independiente de la comunidad de vecinos.



Ilustración 35 - Centralita de control, interfaz de usuario

7.11 Elección del espesor de aislante

Para dimensionar el aislante necesario, es imprescindible conocer que en el documento DB-HE2 se indican los espesores mínimos de aislamiento térmico.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

Tabla 7 - Espesores mínimos de aislamiento en interiores

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
$140 < D$	45	50	60

Tabla 8 - Espesores mínimos de aislamiento en exteriores

En el **Real decreto 1027/2007, de 20 de julio**, especifica que los espesores mínimos que tengan funcionamiento continuo como redes de agua deben ser aumentados en 5 mm, por tanto:

Las tuberías del sistema tienen un diámetro exterior de 35 mm, por tanto, el aislamiento debe ser de 35 mm, pero para cumplir con la normativa indicada por el RITE, el aislante deberá tener un espesor de 40 mm.

La conductividad térmica de referencia aplicada en el RITE es de 0,04 W/m*K a 10°C. La instalación se compone en su mayoría de tubos de cobre cuya conductividad es igual a la mencionada en el RITE, por lo que se concluye que el espesor mínimo indicado en las tablas 8 y 9 es válido sin la necesidad de utilizar las ecuaciones planteadas en el documento técnico.[18]

Es por ello por lo que el aislante seleccionado de 40 mm es de la marca Armaflex, modelo XG 40.[19]

7.12 Selección de accesorios

Para el correcto funcionamiento de la instalación es necesario realizar una correcta selección de accesorios:

7.12.1 Purgadores

Para esta sección se escogen purgadores automáticos verticales que irán dispuestos en las zonas más altas de la instalación y a la salida de los captadores, asegurando al menos una capacidad 100 cm^3 como indica la normativa vigente en España.

Por tanto, se eligen los purgadores automáticos verticales marca EMMETI (Ilustración 36), con un rango de evacuación de 0,5 bar hasta 7 bar.[20].



Ilustración 36 -Purgador automático

7.12.2 Válvulas antirretorno

Siguiendo a la normativa española más concretamente lo establecido en el RITE, las válvulas antirretorno son obligatorias cuando se utilizan equipos que utilicen energía solar térmica, y se colocan en cada punto donde sea peligroso el flujo inverso del fluido tanto para el consumo como para la instalación.

Por ese motivo se selecciona la marca RS, que fabrica válvulas antirretorno de 35 mm recomendadas para su uso en sistemas solares.[21].



Ilustración 37 - Válvula antirretorno de 35mm

7.12.3 Válvulas de esfera

Este tipo de válvulas son necesarias tanto como medida de seguridad por la posibilidad de cortar tramos de tubería, como por la gran facilidad que otorgan para mantenimientos o reparaciones ya que permite seccionar tramos de la instalación y poder cambiar elementos específicos sin tener que retirar grandes tramos de tubería o realizar grandes obras.

Especificado en la normativa española, se obliga a tener estos sistemas entre cada uno de los elementos importantes de la instalación, por tanto, se va a buscar productos de alta calidad que puedan permanecer en perfecto estado el mayor tiempo posible.

Las válvulas elegidas son de la marca ARCO que es una marca reconocida por el sector y que ofrece productos de muy buena calidad, en concreto el modelo elegido es *Válvula de esfera PN10 H-H* escogido por su capacidad de resistencia a altas temperaturas y competitividad calidad precio [22].



Ilustración 38 -Válvula de esfera

7.12.4 Filtros

Los filtros son una parte muy importante de este tipo de instalaciones, evitando la entrada de micropartículas, sedimentos o cualquier protuberancia que impida el correcto funcionamiento de las bombas, obstruya tuberías u ocasione el mal funcionamiento de alguna parte de la instalación.

Para ello se escoge un filtro de la marca ARCO, indicado para este tipo de instalaciones compuesto de latón y cumpliendo con los rangos de temperatura que se va a someter [22, p. 99].



Ilustración 39 - Filtro de latón

7.12.5 Contador

Para tener información de la instalación, consumos instantáneos, consumos totales, cantidad de uso por vecino entre otras características, se utilizan contadores específicos de agua caliente, para ello se puede colocar en la instalación contadores de la marca COHISA, modelo MTH indicado para instalaciones solares de instalación horizontal, con la idea de contabilizar el uso de la instalación de cada vecino [23].



Ilustración 40 - Contador de ACS

7.12.6 Válvulas mezcladoras termostáticas

Aunque el intercambio de calor se haga en la sala de máquinas, es necesario la disposición de válvulas mezcladoras termostáticas en cada vivienda que regulen la temperatura a la que los usuarios desean que salga el agua, es por eso por lo que se decide utilizar las válvulas de marca ARCO, modelo termo plus [22, p. 190]



Ilustración 41 - Válvula termostática

7.12.7 Accesorios de racorería

Los accesorios de racorería restantes serán facilitados por la empresa ARCO, que fabrica todo tipo de accesorios necesarios para instalaciones de ACS, como racores, reducciones, juntas, codos...

7.12.8 Válvulas de descarga

Un apartado muy importante en las instalaciones es la seguridad, por ello la normativa española obliga a la instalación de válvulas de seguridad que sean capaces de descargar si se llega a determinada presión.

Se ha fijado anteriormente una presión máxima de 10 bar, que es la presión máxima a la empieza a producirse deterioro en los componentes seleccionados, por ello se escoge una válvula de seguridad regulable de la marca ARCO [22, p. 157]



Ilustración 42 - Válvula de seguridad

7.12.9 Manómetros

Los manómetros son esenciales y obligatorios en las instalaciones para tener una orientación de la presión a la que se encuentra el sistema en cada momento que se quiera revisar, por tanto, se utilizan manómetros de alta precisión, la marca escogida es HECAPO ya que vende manómetros de muy buena calidad y con un precio razonable.

Se escoge el modelo HECAPO 5005130 que puede medir tanto presión como temperatura [24].



Ilustración 43 - Manómetro

7.13 Hipòtesis del vaciado de los depósitos y estimaciones de uso

Se va a estudiar cuanto tardan los depósitos en calentar agua mientras se utiliza, dando diversas hipótesis y tiempos.

Para realizar este cálculo se necesita saber cuánto porcentaje del depósito ha sido gastado y a cuanta temperatura entra el agua fría de red, que se va a utilizar a la temperatura más desfavorable del año 10,8 °C.

Se va a utilizar el principio de conservación de la energía y para ello:

$$(T1)(V1) + (T2)(V2) = (Tf)(Vf)$$

Siendo:

T1 = Temperatura del agua caliente restante en el depósito (60 grados Celsius)

V1 = Volumen de agua caliente restante en el depósito (200 litros)

T2 = Temperatura de agua fría agregada de la red (10,8 grados Celsius)

V2 = Volumen de agua fría agregada de la red (300 litros, ya que se rellena hasta los 500 litros totales)

Tf = Temperatura final del agua en el depósito

Vf = Volumen total del agua en el depósito después de llenarlo nuevamente (500 litros)

$$(60)(200) + (10,8)(300) = (Tf)(500)$$

$$(Tf) = 30,48 \text{ °C}$$

(48)

El depósito estará a 30,48 °C al rellenarse nuevamente después de gastar el 60% de su capacidad, por tanto, esa agua tardará en calentarse en el mes más desfavorable:

$$\text{Tiempo calentamiento (s)} = \frac{\text{Volumen (m}^3\text{)} * C_p * \Delta T}{\text{Potencia kW}}$$

Siendo:

- T = Tiempo de calentamiento en segundos.
- V = Volumen a calentar
- c_p = Capacidad calorífica del fluido
- ΔT = Incremento de temperatura entre la entrada y la salida.
- P = Potencia en kW del sistema.

$$\text{Tiempo calentamiento (s)} = \frac{0,5 \text{ (m}^3\text{)} * 4181,5 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \times \text{°C}\right) * (60 - 30,48)}{1,748 \text{ kW}} = 35,308 \text{ (s)}$$

$$\frac{35308 \text{ (s)}}{3600} \cong 9,8 \text{ horas}$$

(49)

Este es el tiempo que tardaría un depósito en calentar el agua rellenada después de haberse vaciado por el uso un 60%, hay que tener en cuenta que se disponen de 2 depósitos exactamente iguales que se alimentan de los mismos captadores, por tanto aunque se gastara el 60% de los dos depósitos continuará existiendo una reserva de 400 litros de agua caliente para los vecinos y cabe destacar que el 60% de la capacidad total de los depósitos supera por 60 litros la demanda del edificio, siendo así un porcentaje seguro teniendo en cuenta que todos los cálculos se hacen para el mes más desfavorable.

Para asegurar voy a repetir el cálculo gastando un 25% (250 Litros) y gastando un 80% (800 Litros)

Se vuelve a utilizar el principio de conservación de la energía para obtener la temperatura de la mezcla una vez vaciado el porcentaje del depósito a estudiar.

25% del depósito vaciado.

$$(T1)(V1) + (T2)(V2) = (Tf)(Vf)$$

$$(60)(375) + (10,8)(125) = (Tf)(500)$$

$$(Tf) = 47,7 \text{ °C}$$

(50)

El depósito estará a 47,7 °C al rellenarse nuevamente después de gastar el 25% de su capacidad, por tanto, esa agua tardará en calentarse en el mes más desfavorable:

$$\text{Tiempo calentamiento (s)} = \frac{0,5 \text{ (m}^3\text{)} * 4181,5 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \times \text{°C}\right) * (60 - 47,7)}{1,748 \text{ kW}} = 14711,8 \text{ (s)}$$

$$\frac{14711,8 \text{ (s)}}{3600} \cong 4 \text{ horas}$$

(51)

80% del depósito vaciado.

$$(T1)(V1) + (T2)(V2) = (Tf)(Vf)$$

$$(60)(100) + (10,8)(400) = (Tf)(500)$$

$$(Tf) = 20,64 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

(52)

El depósito estará a 20,64 °C al rellenarse nuevamente después de gastar el 80% de su capacidad, por tanto, esa agua tardará en calentarse en el mes más desfavorable:

$$\text{Tiempo calentamiento (s)} = \frac{0,5 \text{ (m}^3\text{)} * 4181,5 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right) * (60 - 20,64)}{1,748 \text{ kW}} = 47077,7 \text{ (s)}$$

$$\frac{47077,7 \text{ (s)}}{3600} \cong 13 \text{ horas}$$

(53)

Tras el análisis de las hipótesis relativas al vaciado de los depósitos debido al uso, se ha observado que la disminución del nivel de agua en los depósitos afecta a la temperatura total de la mezcla, por lo tanto, una solución viable consiste en vaciar los depósitos de forma intercalada, utilizando el 25% de su capacidad.

En este sentido, el primer depósito vaciaría 250 litros de agua caliente y se detendría, permitiendo que el siguiente depósito se vacíe otro 25% mientras el primero se rellena, y así sucesivamente.

Dado que el tiempo requerido para volver a calentar el depósito es de tan solo 4 horas en el mes más desfavorable, la mayoría del tiempo el resto del año sería más que suficiente. En caso de una demanda mayor, se puede configurar un sistema de control junto con las sondas correspondientes para ajustar los porcentajes de vaciado según la estación del año. Esto se debe a que en invierno se requiere más tiempo para calentar los depósitos en comparación con el verano, lo que podría permitir el uso de un solo depósito durante los meses más cálidos.

Por ejemplo, a continuación, se va a repetir el cálculo del tiempo de calentamiento en un mes de verano.

25% del depósito vaciado en junio.

$$\text{Irradiacion} = \frac{7,48 \text{ kW}}{\text{dia}} * 1000 \text{ W} = 7480 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} / \text{dia}$$

$$\left(\frac{7.48 \text{ kWh}}{\text{m}^2} \right) / \text{hs} = \left(\frac{7480 \text{ Wh}}{\text{m}^2} \right) / 12,4 \text{ h} = 603,22 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\eta = 0,754$$

$$603,22 * 0,754 = 454,82 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$454,82 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} * 1,89 = 859,64 \text{ W/m}^2$$

$$(T1)(V1) + (T2)(V2) = (Tf)(Vf)$$

$$(60)(375) + (23,6)(125) = (Tf)(500)$$

$$(Tf) = 50,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Tiempo calentamiento (s)} = \frac{0,5 \text{ (m}^3) * 4181,5 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{x}^\circ\text{C} \right) * (60 - 50,9)}{4,298 \text{ kW}} = 4426,6 \text{ (s)}$$

$$\frac{4426,6 \text{ (s)}}{3600} \cong 1,23 \text{ horas}$$

(54)

80% del depósito vaciado.

$$(T1)(V1) + (T2)(V2) = (Tf)(Vf)$$

$$(60)(100) + (23,6)(400) = (Tf)(500)$$

$$(Tf) = 30,88 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Tiempo calentamiento (s)} = \frac{0,5 \text{ (m}^3) * 4181,5 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{x}^\circ\text{C} \right) * (60 - 30,88)}{4,298 \text{ kW}} = 14165,3 \text{ (s)}$$

$$\frac{14165,3 \text{ (s)}}{3600} \cong 3,93 \text{ horas}$$

(55)

60% del depósito vaciado.

$$(T1)(V1) + (T2)(V2) = (Tf)(Vf)$$

$$(60)(200) + (23,6)(300) = (Tf)(500)$$

$$(Tf) = 38,16 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{T tiempo calentamiento (s)} = \frac{0,5 \text{ (m}^3\text{)} * 4181,5 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \times \text{ }^{\circ}\text{C}\right) * (60 - 38,16)}{4,298 \text{ kW}} = 10624 \text{ (s)}$$

$$\frac{10624 \text{ (s)}}{3600} \cong 2,95 \text{ horas}$$

(56)

Como se puede ver, en el mes de junio no existiría ningún problema para cubrir la demanda del edificio, el tiempo de calentamiento es mucho más bajo debido a la potencia que generan los captadores por la irradiación del sol, pero pese a este factor hay que tener en cuenta la cantidad de horas de sol según el mes.

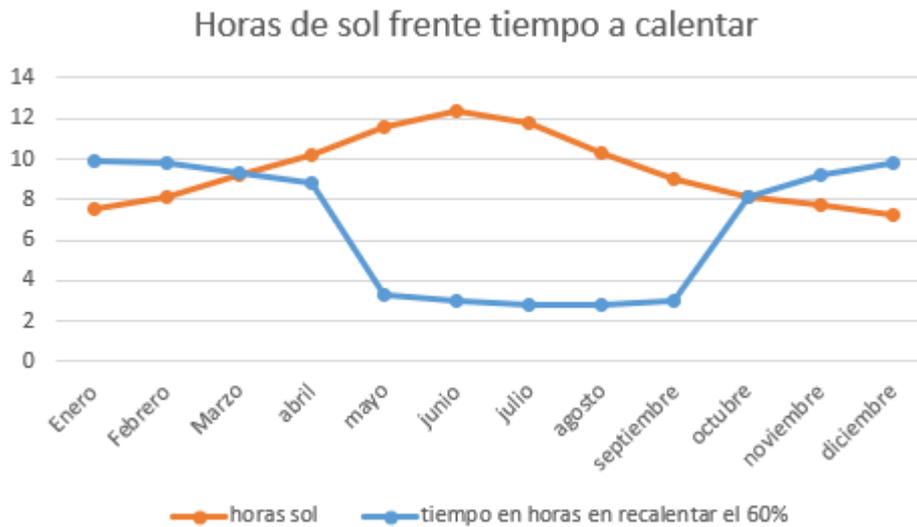


Ilustración 44 - Gráfica horas de sol / tiempo en calentar

En el gráfico anterior se observa como Enero, Febrero, Noviembre y Diciembre son meses críticos para el sistema pues teniendo en cuenta la potencia de irradiación solar y la cantidad de volumen a calentar, nuestro sistema necesita más horas solares que las que tienen esos días, por tanto y gracias al análisis realizado sobre la hipótesis en diciembre, aunque necesite más horas de las que se puede proporcionar para calentar, el depósito tiene un sobredimensionamiento del 44% lo que hace factible que el sistema siga funcionando con normalidad.

7.14 Alternativas de distribución

A la hora de seleccionar el emplazamiento idóneo de la azotea para colocar las placas solares, se presentan dos opciones factibles. La primera opción consiste en colocar los 5 captadores sobre una plancha metálica que cubre el hueco de la escalera del edificio. Desde el punto de vista estructural, se determinó que la plancha metálica de 3 cm de grosor sería capaz de soportar el peso, provocando un desplazamiento máximo en el punto de apoyo de 0,162 mm y generando una tensión de Von Mises de $2,16 * 10^6$ N/m². Aunque estos resultados podrían parecer aceptables, es importante tener en cuenta otros factores, como el estado actual de la plancha y su soporte.

En la situación actual, la plancha metálica se encuentra apoyada superficialmente sobre una delgada lámina de hormigón de 0,5 mm, la cual está completamente afectada por la presencia de humedad. Este factor tiene un impacto crucial en la resistencia estructural y dificulta la colocación de los captadores solares en esa zona. Aunque teóricamente la plancha podría soportar el peso, en la realidad existen numerosos factores adicionales que afectarían esa resistencia. Cabe destacar que se intentó solucionar el problema de humedad hace 3 años, pero los resultados no fueron satisfactorios, ya que requeriría cambiar toda la cubierta y colocar una nueva, lo cual incrementaría de manera significativa el presupuesto disponible.

La simulación anteriormente mencionada se ha realizado con SolidWorks, añadiendo una carga puntual sobre el material indicado, esta carga es la suma del peso de todas las placas en carga, con un coeficiente de mayoración de 2.

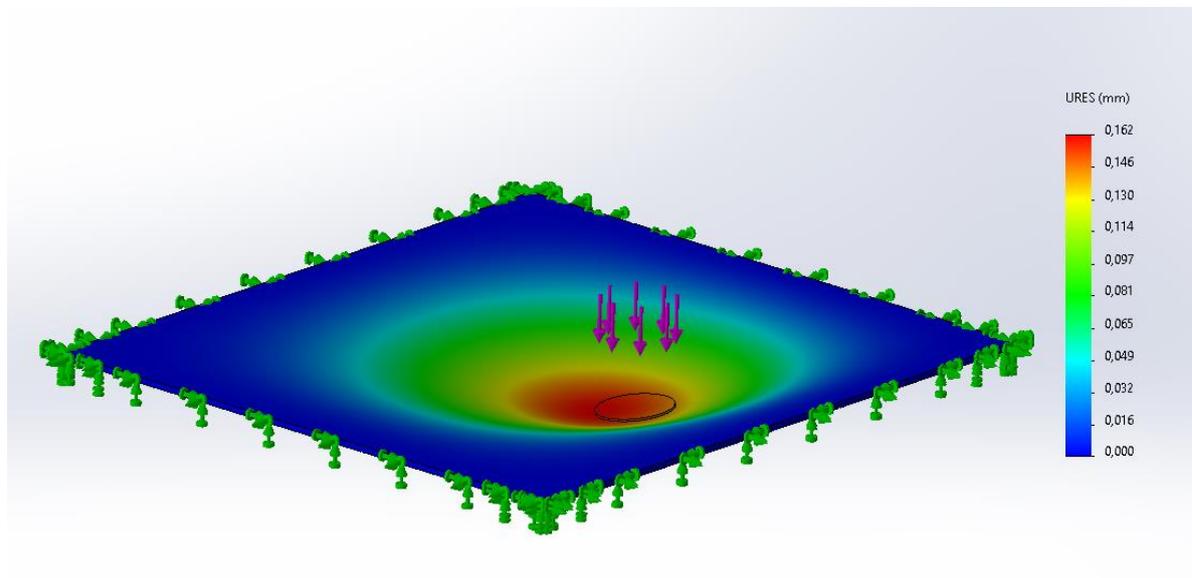


Ilustración 45 - Simulación cargas de la plancha metálica (desplazamientos)

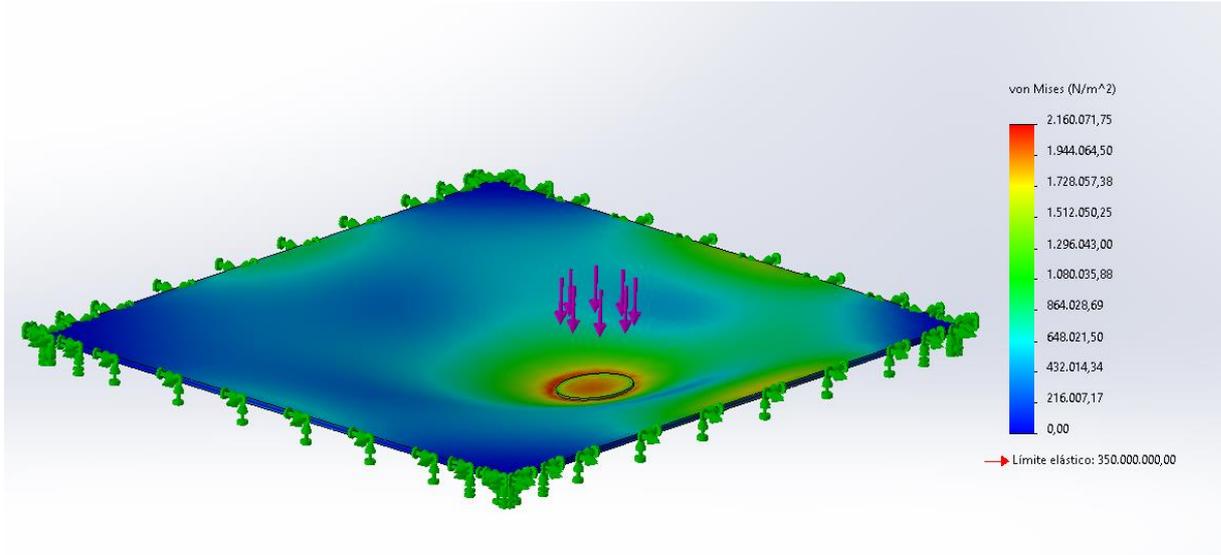


Ilustración 46 - Simulación cargas de la plancha metálica (Von Misses)

Una vez se tienen los resultados de la plancha metálica, se ha estudiado el segundo emplazamiento disponible, que trata de colocar los captadores directamente sobre el mismo soporte, pero apoyado y fijado al suelo de la azotea. Para realizar este cálculo primero se ha observado la composición de las distintas capas de la azotea hasta la vivienda, componiéndose de un forjado unidireccional de 25+5 cm de espesor, con hormigón HA-25/B/20/I/a.

Introducidos los datos en SolidWorks, tanto de las cargas como del material se obtiene:

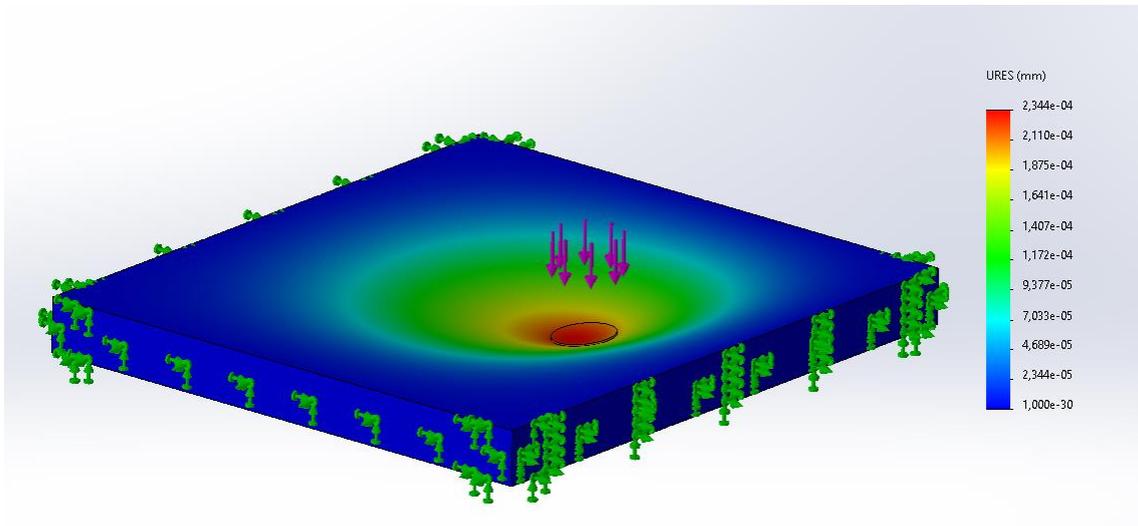


Ilustración 47 - Simulación cargas sobre el suelo de la azotea (Desplazamientos)

En esta simulación se puede ver que el desplazamiento es casi nulo, dando un valor máximo de $2,34 \cdot 10^{-4} \text{ mm}$, el cual es mucho menor y más seguro que la primera opción.

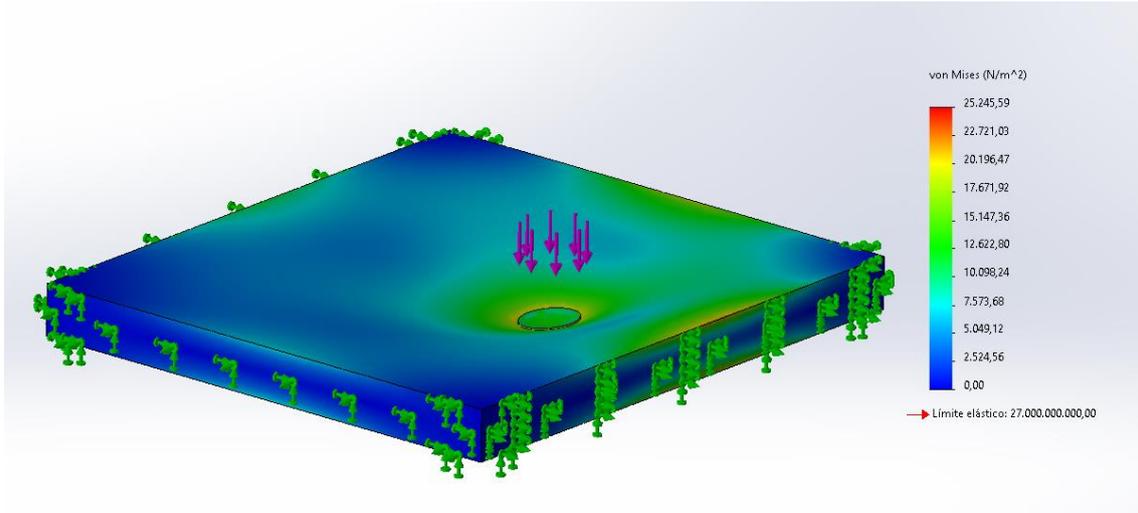


Ilustración 48 - Simulación cargas sobre el suelo de la azotea (Von Misses)

A continuación, se muestra un renderizado de las opciones de colocación de captadores y se recalca que la opción escogida será la segunda.

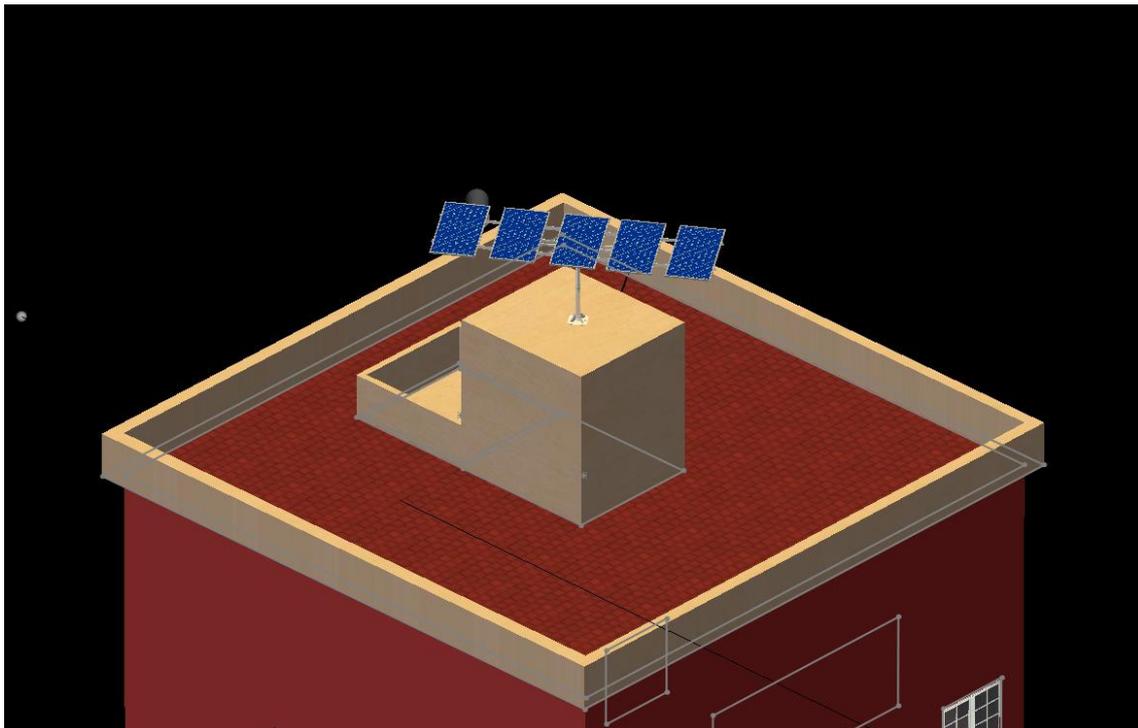
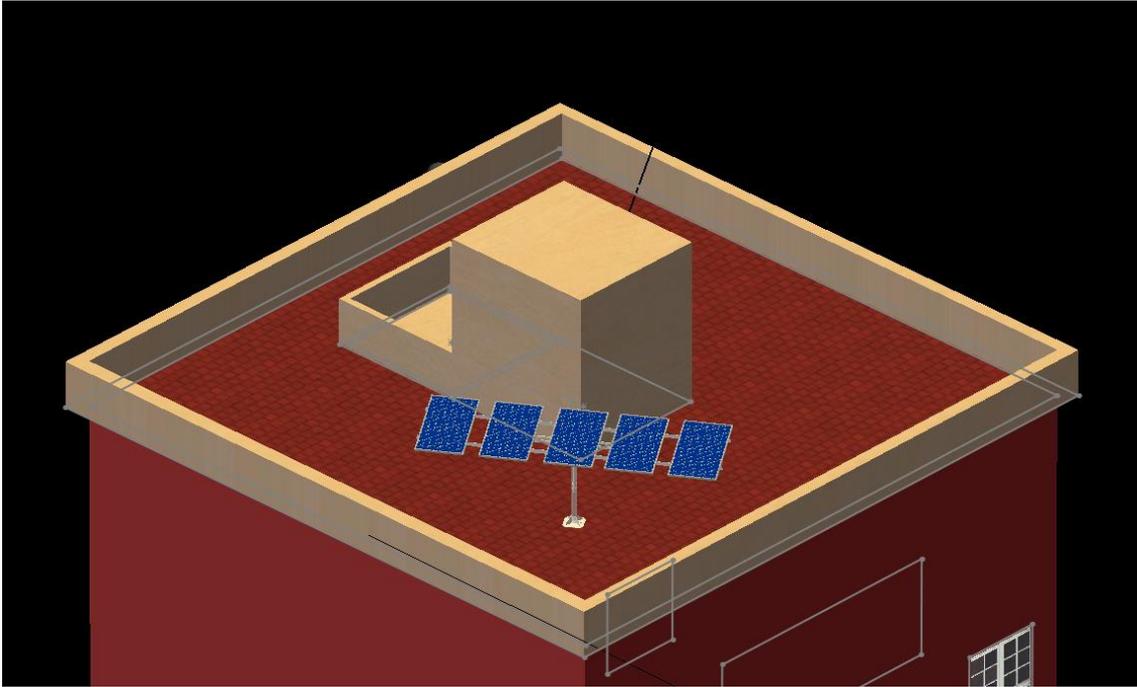


Ilustración 49 - Distribución 1



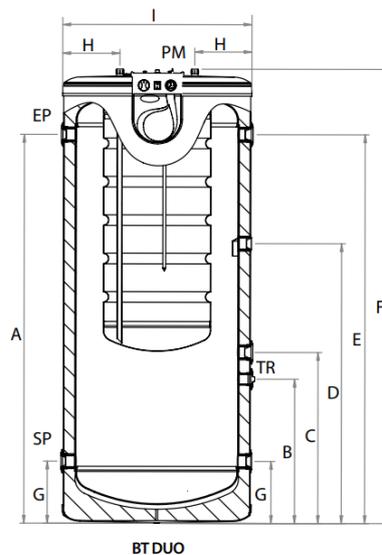
Il·lustració 50 - Distribució 2

7.15 Sistema auxiliar obligatori

En España es obligatorio el uso de sistemas auxiliares de apoyo y además que garanticen la posibilidad de elevar la temperatura hasta 70 °C y mantenerla durante 2 horas en los depósitos de inercia para evitar la proliferación de este tipo de bacterias.

Por ese motivo el depósito escogido dispone de una resistencia eléctrica de 3,5 kW para poder cumplir la normativa vigente.

El tratamiento contra la legionelosis se realiza dos veces al año según lo indicado en el **BOE-A-2022-10297** [9].



Il·lustració 51 - Detalle del sistema auxiliar incorporado

7.16 Implicaciones medioambientales

Esta instalación fototérmica utiliza la energía solar que es una fuente de energía renovable y limpia que aprovecha al máximo la radiación solar para generar calor lo cual reduce la dependencia de fuentes de energía no renovables como por ejemplo los combustibles fósiles, lo que también disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero contribuyendo así a mitigar el cambio climático y los impactos asociados como la acidificación de los océanos.

Estas instalaciones provocan un menor consumo de energía convencional ya que no tiene la necesidad de utilizar combustibles convencionales, por tanto, la fototérmica lleva a un ahorro energético y económico que de gran manera también promueve un uso más eficiente de los recursos energéticos y una mayor autosuficiencia energética.

Todos estos factores contribuyen a una menor contaminación de aire lo cual mejora la calidad local y reduce impactos negativos para la salud que vienen ligados a las emisiones de gases como dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y materiales particulados.

7.17 Estudio del ahorro energético

Para el estudio de ahorro energético basamos los resultados en el apartado del presupuesto que se encuentra más adelante en la sección presupuesto.

Para este apartado se va a calcular tanto el precio actual del coste energético necesario para calentar el volumen de agua gastado frente al precio energético de la instalación solar.

Actualmente la instalación no dispone de ningún sistema común para calentar el agua, por tanto, cada vecino tiene su sistema, el cálculo de rentabilidad se va a basar según la demanda que aplica según el CTE de 28 L por persona, por tanto, el edificio debe calentar 560 L cada 24 horas.

En la Tabla 10, se observa la demanda por vecino que asciende a:

Puerta	Litros/día
Puerta 1,2	224
Puerta 3	84
Puerta 4	56
Puerta 5	84
Puerta 6	112

Tabla 9 - Detalle de la demanda

- Puerta 1 y 2

$$Q = 224 * 1 * (60 - 10,8)$$

$$Q = 11020,8 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ kcal} = 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh} \quad 11020,8 \text{ kcal} * 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh/kcal} = 12,81 \text{ kWh}$$

- Puerta 3

$$Q = 84 * 1 * (60 - 10,8)$$

$$Q = 4131,8 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ kcal} = 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh} \quad 4132,8 \text{ kcal} * 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh/kcal} = 4,80 \text{ kWh}$$

- Puerta 4

$$Q = 56 * 1 * (60 - 10,8)$$

$$Q = 2755,2 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ kcal} = 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh} \quad 2755,2 \text{ kcal} * 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh/kcal} = 3,20 \text{ kWh}$$

- Puerta 5

$$Q = 84 * 1 * (60 - 10,8)$$

$$Q = 4131,8 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ kcal} = 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh} \quad 4132,8 \text{ kcal} * 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh/kcal} = 4,80 \text{ kWh}$$

- Puerta 6

$$Q = 112 * 1 * (60 - 10,8)$$

$$Q = 5510,4 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ kcal} = 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh} \quad 5510,4 \text{ kcal} * 1,16 * 10^{-3} \text{ kWh/kcal} = 6,40 \text{ kWh}$$

(57)

Se va a suponer un rendimiento de cada termo eléctrico del 80%

Puerta	kWh teóricos	kWh reales
Puerta 1,2	12,81	10,24
Puerta 3	4,80	3,84
Puerta 4	3,20	2,56
Puerta 5	4,80	3,84
Puerta 6	6,40	5,12
		25.6 kWh

Vecino	Demanda energética del edificio (kWh)	Precio del kWh actual en Iberdrola (€)	Gasto del edificio al día (€)	Gasto del edificio al mes (€)	Gasto del edificio anual (€)
Puerta 1 y 2	10,24	0,196	2,003	62,123	745,47
Puerta 3	3,84	0,196	0,751	23,296	279,55
Puerta 4	2,56	0,196	0,501	15,530	186,36
Puerta 5	3,84	0,196	0,751	23,296	279,55
Puerta 6	5,12	0,196	1,002	31,061	372,73
Total	25,6	0,196	5,010	155,307	1863,69 €

Tabla 10 - Gasto anual del edificio

En la tabla 11 se observa que el edificio tiene un gasto anual de 1863,69 euros, cuyo dato va a ser utilizado para el cálculo de amortización de la instalación.

Se ha utilizado el precio medio del kWh en Iberdrola para estimar el gasto de calentar el agua y poder así comprobar si la instalación es rentable.

A continuación, se estudia el porcentaje de uso por vecino de la instalación ya que no a todos los vecinos les saldrá igual de rentable la instalación:

$$\text{Porcentaje de uso} = \frac{\text{Demanda energética}}{\text{Demanda total}}$$

Vecino	Porcentaje de uso
Puerta 1 y 2	40%
Puerta 3	15%
Puerta 4	10%
Puerta 5	15%
Puerta 6	20%

Tabla 11 - Porcentaje de uso

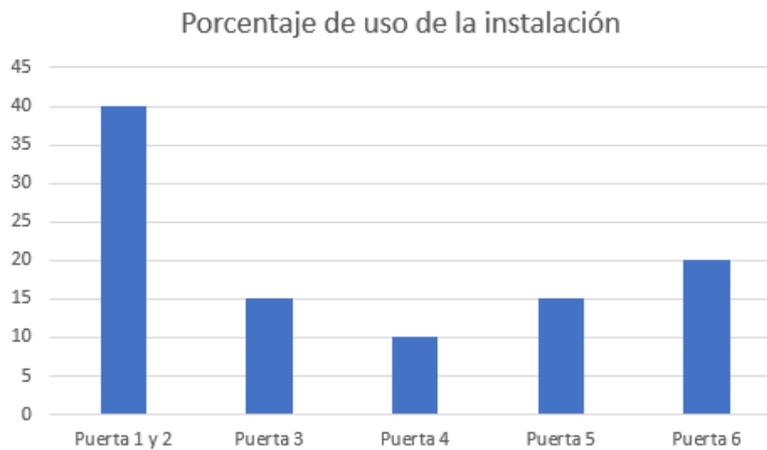


Tabla 12 - Gráfico de porcentaje de uso

A continuación, se calcula cuanto se tarda en recuperar la inversión de la instalación partiendo de su precio final indicado en el presupuesto.

$$\text{T tiempo en recuperar} = \frac{\text{Precio de la instalación}}{\text{Gasto energético anual}}$$

$$\text{T tiempo en recuperar} = \frac{31617,71 \text{ €}}{1863,70 \text{ €}} = 17 \text{ años}$$

(58)

El resultado del tiempo de recuperación es de 17 años, lo cual es considerable teniendo en cuenta que la vida útil del producto se estima en 25 años. Sin embargo, es importante destacar que existen diversas subvenciones que ayudan a recuperar parte de la inversión, facilitando su realización a largo plazo.

Las subvenciones pueden ser aplicadas siempre y cuando cumplas un requisito general de consumir al menos el 80% de la energía que se genera y el gobierno puede asumir hasta un 40% del precio total del proyecto. [25]

Por lo tanto, se mostrará la rentabilidad del sistema sin subvenciones y posteriormente con las subvenciones aplicadas, las cuales minimizan el coste inicial y facilitan que el tiempo de recuperación sea menor.

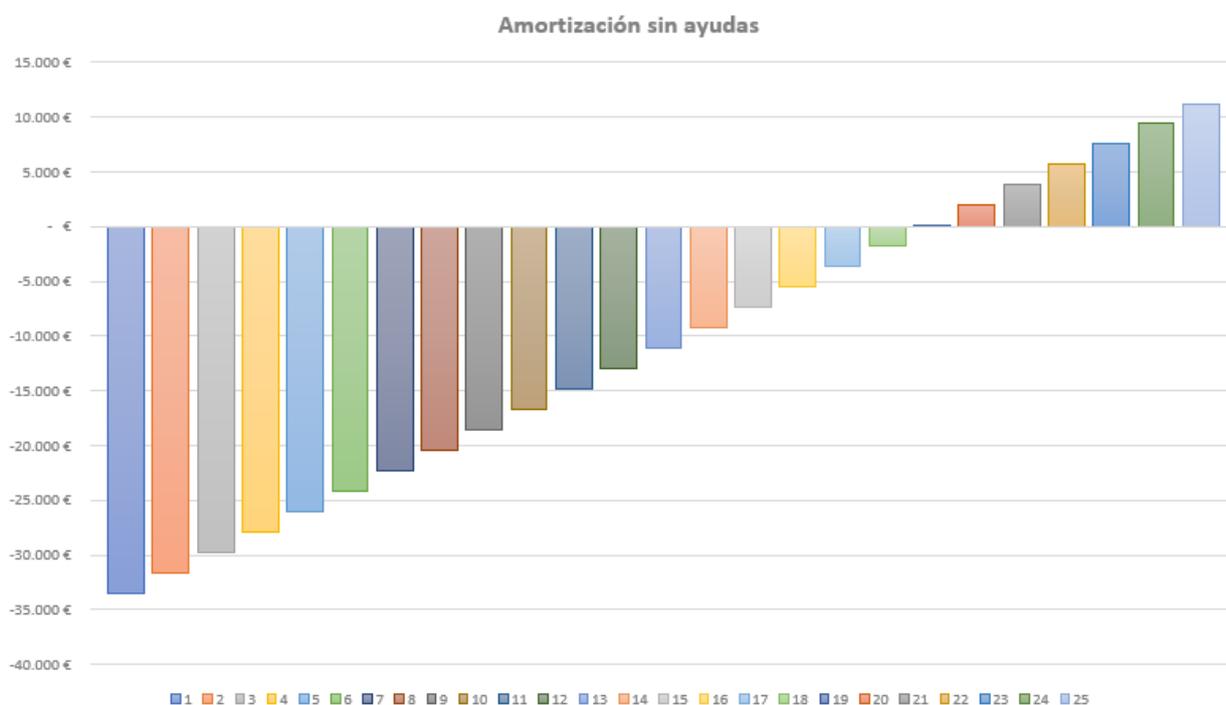


Ilustración 52 - Gráfico de amortización (Inversión/año) sin subvenciones aplicadas

La ilustración 52 muestra detalladamente el progreso de la instalación con el paso de los años, partiendo del precio total del coste de la instalación menos el coste energético total anual. A partir de este punto, se suma anualmente el ahorro hasta encontrar el punto de recuperación de la inversión, que en este caso se encuentra a los 17 años.

Sin embargo, como se muestra en la ilustración 53, al aplicar las subvenciones que facilita la Generalitat Valenciana el costo inicial disminuye hasta los 18.790€ debido a que se aplica un 40% del costo total, es por eso por lo que la recuperación es más rápida, dando como resultado la recuperación total de la inversión a los 10 años, dejando así un margen de 15 años hasta la estimación de la vida útil de la instalación, consiguiendo así 15 años de beneficio, que asciende hasta un ahorro de 23.894€

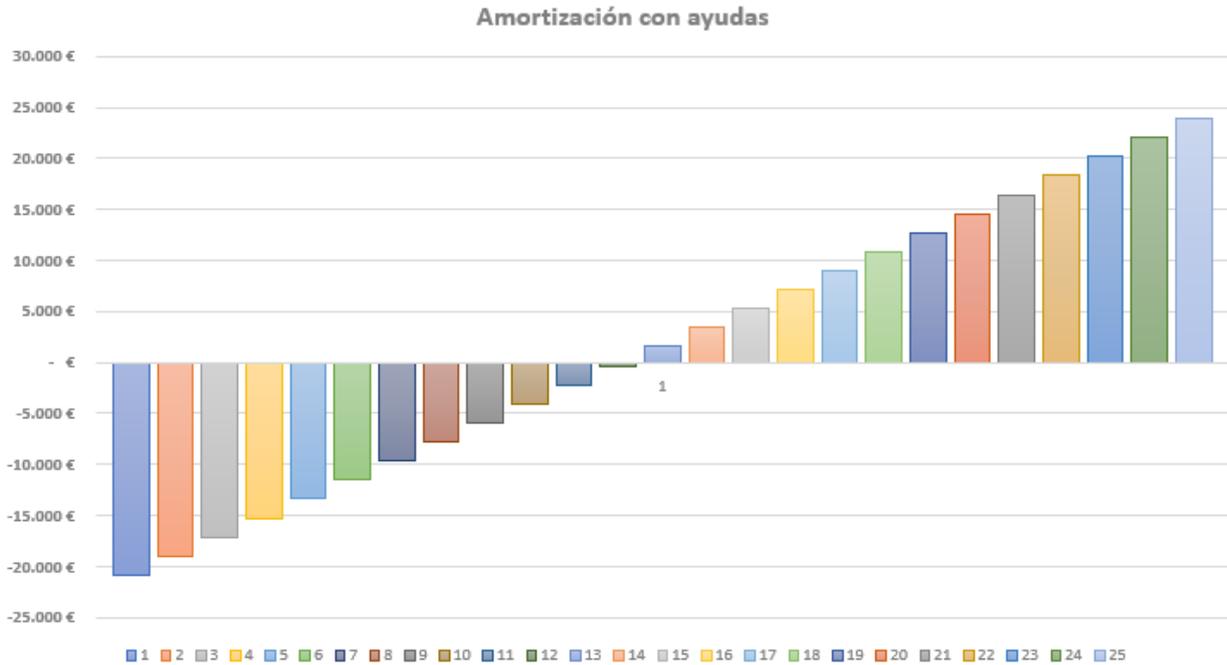


Ilustración 53 - Gráfico de amortización con subvenciones aplicadas

7.18 Frecuencia de mantenimientos estimada

El mantenimiento preventivo y periódico de las instalaciones fototérmicas pueden prever muchos problemas y se convierte en una parte esencial, es por ello por lo que es necesario planificar los mantenimientos de cada uno de los componentes de la instalación asegurando así la duración y fiabilidad de la instalación.

Revisando la documentación de cada producto de la instalación se realiza una tabla de mantenimientos y frecuencias, así como las tareas a realizar.

Equipo	Frecuencia	Mantenimiento a aplicar
Captadores	8 meses	Comprobación de la superficie captadora, limpieza, observación visual, búsqueda de fugas, comprobaciones de aprietes, revisión accesorios y purgadores.
Bombas	12 meses	Comprobación del estado general de las bombas, revisión de fugas, prueba de cavitación y comprobación de pérdidas de presión en puntos de consumo.
Tuberías	12 meses	Revisar estado de tuberías, buscar indicios de corrosión, búsqueda de fugas, revisión del aislante y posibles humedades generadas.
Instrumentación	12 meses	Comprobación de exactitud de los instrumentos de medida.
Acumuladores	6 meses	Revisión visual, comprobación de temperaturas, comprobación del estado del ánodo de sacrificio, comprobación de la normativa de legionela y la capacidad de llegar a 70°C
Soportes	12 meses	Revisión del estado de los soportes, búsqueda de corrosión y comprobación de pares de apriete.
Válvulas de seguridad	12 meses	Comprobación de que el sistema de seguridad funciona.

Tabla 13 - Plan de mantenimiento

7.19 Verificación de la instalación mediante CHEQ4

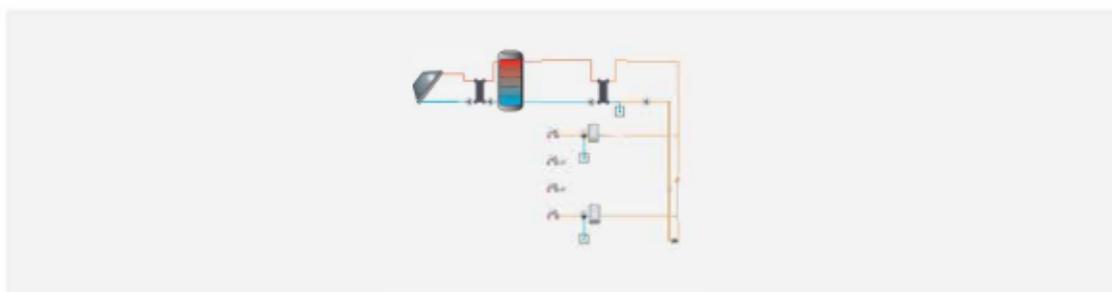


La instalación solar térmica especificada CUMPLE los requerimientos mínimos especificados por el HE4

Datos del proyecto	
Nombre del proyecto	Dimensionamiento solar térmica ACS
Comunidad	Valenciana
Localidad	Valencia
Dirección	Calle benifayó 27

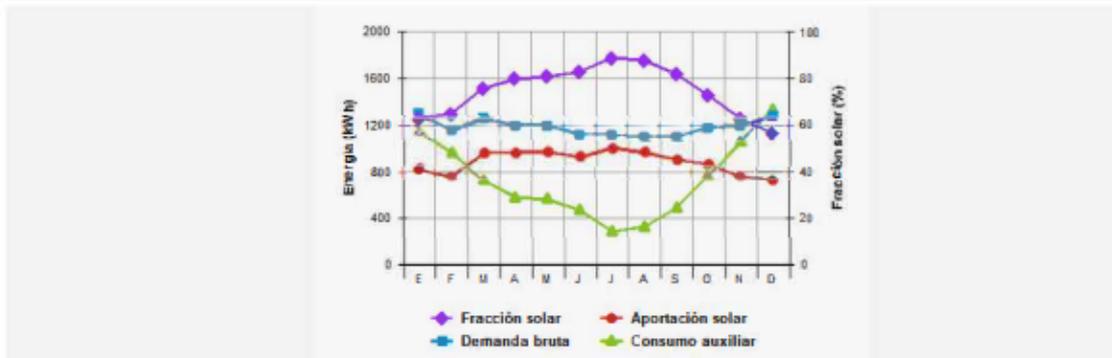
Datos del autor	
Nombre	Juan Carlos Sanchez Lopez
Empresa o institución	Universidad Politecnica de Valencia
Email	jcsanlop@epsa.upv.es
Teléfono	

Características del sistema solar



Localización de referencia	Valencia (Valencia/València)
Altura respecto la referencia [m]	0
Sistema seleccionado	Instalación con consumo múltiple semicentralizada
Demanda [l/día a 60°C]	560
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 [%]	75
Demanda neta [kWh]	10.774
Demanda bruta [kWh]	14.299
Aporte solar [kWh]	10.672
Consumo auxiliar [kWh]	8.715
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	4.810

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	ROTHSOL 207 (Roth) NPS-25116	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	- Verificar vigencia	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	5,0	<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 [°]	45,0	<input type="checkbox"/>
Circuito primario/secundario		
Caudal circuito primario [l/h]	993	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	0,0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	70,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	15,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	40,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	espuma de poliuretano	<input type="checkbox"/>
Sistema de apoyo		
Tipo de sistema	Termo eléctrico	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Electricidad	<input type="checkbox"/>
Acumulación		
Volumen [l]	1.000,0	<input type="checkbox"/>
Distribución		
Longitud del circuito de distribución [m]	58,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	35,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	40,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	espuma de polietileno	<input type="checkbox"/>
Distribución subestaciones		
Longitud del circuito de distribución [m]	0,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	35,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	40,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	espuma de poliuretano	<input type="checkbox"/>

Ilustración 54 - Resumen CHEQ4

El programa indica el cumplimiento de la normativa HE4 y las exigencias básicas del CTE para este tipo de instalaciones.

8 Conclusiones

Con el presente proyecto se puede llegar a la conclusión de que la energía solar en Valencia ofrece muchas posibilidades para pequeñas y grandes comunidades de vecinos, así como para todo el mundo que quiera intentar pasar al autoconsumo y dejar la dependencia de grandes empresas.

Se puede observar cómo es factible el autoconsumo y el gran ahorro mayormente a largo plazo, son inversiones costosas a las cuales cuesta decidir, pero que al final la energía que se puede llegar a producir con la irradiación solar es muy elevada y la eficiencia de los sistemas actuales son más que capaces para hacer de todo un conjunto sostenible y beneficioso para el medio ambiente.

Así mismo, al inicio del documento de este proyecto se habían fijado diversos objetivos para la resolución del problema planteado los cuales se ha ido buscando el cumplimiento de estos.

En relación con el primer y segundo objetivo fijado, se ha realizado un diseño y dimensionamiento de la instalación siguiendo con la normativa vigente en España y que es necesaria para la puesta en marcha de la instalación, así mismo se ha analizado la demanda y se han recopilado datos climáticos de la zona para poder dimensionar correctamente, así como la selección de componentes teniendo en cuenta los factores climáticos, las normativas y directrices de los diversos documentos técnicos.

Se estableció un objetivo de demanda diaria y se calculó para superarlo y se sobredimensionó para hacer que el sistema no pueda fallar ni en el momento más desfavorable.

También se analizaron las alternativas teniendo en cuenta la eficiencia de la instalación para así promover que las pérdidas por flujo de calor fueran las mínimas posibles y que el número de captadores necesarios no fuera excesivo ni superara la cantidad máxima indicada por el fabricante.

De la misma manera se ha realizado un presupuesto completamente detallado de la instalación para obtener el precio aproximado y poder realizar los pertinentes cálculos de rentabilidad y beneficios.

Se finalizaban los objetivos mencionando que se intentaba lograr una solución económica, efectiva y sostenible que cumpla con las regulaciones actuales y satisfaga las necesidades diarias de las viviendas lo cual ha sido posible cumplir a lo largo de este proyecto y se ha hecho énfasis en cumplir normativas y asegurar que todos los vecinos puedan tener ACS instantáneo incluso en las condiciones desfavorables más extremas.

9 Referencias bibliográficas

- [1] EfcSolar, «¿Quién fue el inventor de los paneles solares? », *El primer prototipo para generar electricidad con energía solar*. <https://www.efcsolar.com/blog/charles-fritts-inventor-de-los-paneles-solares/>
- [2] Idoia Arnabat, «Ventajas del uso de energía solar térmica en redes de climatización», *CALOR Y FRIO*, 15 de abril de 2016. <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/energia-solar/ventajas-uso-energia-solar-termica-en-redes-de-climatizacion.html>
- [3] Naciones Unidas, «Objetivos y metas del desarrollo sostenible», Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [4] EUMETSAT y AEMET, «Atlas de radiación solar en España», *Atlas de radiación solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT*, p. 107.
- [5] Atecyr, «AISLAM», *AISLAM para cálculo de espesor óptimo de aislamiento térmico*. <https://www.certificadosenergeticos.com/aislam-calculo-espesor-minimo-aislamiento-termico>
- [6] IDAE y Gobierno de España, «CHEQ4», *CHEQ4*. <https://cheq4.idae.es>
- [7] M. Y. A. U. MINISTERIO DE TRANSPORTES, «Documento Básico HE», 14 de junio de 2022.
- [8] ClimateData-org, «Clima Valencia», *Diagrama de temperatura Valencia, 2021*. <https://es.climate-data.org/europe/espana/comunidad-valenciana/valencia-845/>
- [9] C. Acumulador, D. E. Acs, I. Aislamiento, D. P. De, y A. Densidad, «BT DUO Catálogo», 2014. Disponible en: www.domusa.es
- [10] Roth Ibérica S. A. U, «Rothsol 207», *Captador solar térmico plano de alto rendimiento*, 2023. <https://www.roth-spain.com/energia-solar-termica/rothsol>
- [11] PRESSMAN, «Pérdidas de carga en tuberías», 2023. <http://www.eepm.es/wp-content/uploads/2018/04/PRESSMAN-Pérdida-de-Carga-en-Tuberías.pdf>
- [12] Movilidad y agenda urbana Ministerio de transportes, «Código técnico de la edificación», *Documento Básico HS*, pp. 91-92, 2022, [En línea]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DBHS.pdf>
- [13] Pirobloc, «Cálculo de pérdidas de carga», 10 de enero de 2019. <https://www.pirobloc.com/blog-es/calculo-perdidas-carga/>
- [14] Grundfos, «Selección de equipos y bombas», *CM 1-2 A-R-I-E-AQQE F-A-A-N*. Disponible en: <https://product-selection.grundfos.com/es/products/cm-cme/cm/cm-1-2-97514413?pumpsystemid=2145863156&tab=variant-sizing-results>
- [15] Grundfos, «Selección de equipos y bombas», *ALPHA SOLAR 25-145 180*, [En línea]. Disponible en: <https://product-selection.grundfos.com/es/products/alpha/alpha-solar/alpha-solar-25-145-180-98989297?pumpsystemid=2146181729&tab=variant-specifications>

- [16] Nuevas Energías Renovables, «INTERCAMBIADOR SOLAR 5KW - 30kw». <https://nuevasenergias.es/intercambiador-placa-soldada/797-intercambiador-solar-5kw-30kw.html>
- [17] SISTENA SA, «Sistema de control S118». Disponible en: <https://sistena.es/wp/productos/>
- [18] Boletín oficial del estado, «Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.», *BOE-A-2007-15820*, 29 de agosto de 2007. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-15820-consolidado.pdf>
- [19] Armacell, «ArmaFlex XG». <https://local.armacell.com/es/armacell-spain/productos/aislamiento-termico/armaflex-xg/>
- [20] EMMETI, «Purgadores de aire automáticos», 2023, Disponible en: <https://emmeti.com/es/productos/calefaccion/componentes-para-central-termica/purgador-de-aire-automatico-varia>
- [21] Amidata S.A.U y RS PRO, «Válvula antirretorno RS PRO, 2 to 8bar, 6,35 mm», Disponible en: <https://es.rs-online.com/web/p/valvulas-neumaticas-antirretorno/1762267>
- [22] ARCO SP, «Catálogo ARCO 2023». Disponible en: https://valvulasarco.com/wp-content/uploads/2022/02/Catalogo-2021-Arco_SP.pdf
- [23] Contihidra S.L y COHISA, «Contador de Agua Caliente ». <https://cohisa.com/contadores-de-agua-caliente/contador-mth/>
- [24] Hecapo, «Accesorios de cobre para fontanería», 2023. <https://hecapo.com>
- [25] GVA Generalitat Valenciana, «Ayudas para la realización de instalaciones de autoconsumo con fuentes de energía renovable».

ANEXOS

PLIEGO DE CONDICIONES

Índice del pliego de condiciones

Objeto y campo de aplicación.....	94
Normativa general.....	94
Normativa específica.....	95
Normativa de captadores.....	95
Acumulación.....	95
Sistema de intercambio.....	96
Diseño del circuito hidráulico.....	96
Diseño del sistema auxiliar.....	96
Sistema de control.....	97
Normativa aplicada y normas de consulta.....	97-98

1 Objeto y campo de aplicación

El objeto de este apartado es conocer y establecer los requisitos técnicos mínimos que tienen que cumplir este tipo de instalaciones fototérmicas, así como todas las características de ejecución y normativas que garanticen el correcto funcionamiento y seguridad de la instalación propuesta.

2 Normativa general

La instalación propuesta en este documento debe aplicar el Reglamento de instalaciones térmicas de edificios (RITE), las instrucciones técnicas (IT) y un conjunto de normas denominadas (UNE) específicas para la generación de energía solar térmica y en el Código técnico de la edificación (CTE)

Por tanto, debemos cumplir de forma general los siguientes aspectos:

- El fluido utilizado para el circuito primario debe ser agua de red, o agua con aditivos según las características climáticas del emplazamiento. Si fuera necesario se utilizan aditivos como anticongelantes.
- El pH del fluido debe estar entre 5 y 9 y la salinidad no debe exceder los 500 mg/l
- El contenido de calcio no debe superar los 200 mg/l
- El sistema debe estar diseñado para que cuando existan altas radiaciones solares sin consumo de agua caliente no se produzca sobrecalentamiento del circuito.
- En sistemas de ACS, donde el agua en los puntos de consumo puede superar los 60 °C debe estar instalado un sistema automático de mezclado.
- El sistema no debe superar la máxima temperatura permitida
- Se tienen que cumplir requisitos especificados en la norma UNE 12976-1 para la verificación de presiones en los puntos de consumo.
- En estos sistemas con recirculación forzada se debe utilizar válvulas antirretornos para evitar los flujos inversos no intencionados.
- Prevención de la legionelosis: El Real Decreto 865/2003 indica que la temperatura de agua en el circuito de distribución nunca debe ser inferior a 50 °C en el punto más alejado y previo a la mezcla para la protección anti-quemaduras. La instalación debe ser capaz de alcanzar la temperatura de 70 °C y no se permite la utilización de ningún componente de acero galvanizado.

3 Normativa específica

Para que los elementos que componen la instalación propuesta cumplan la legislación vigente en España, deben cumplirse los siguientes requisitos:

3.1 Normativa de captadores

El Código técnico de la edificación especifica diversa normativa sobre los captadores y la instalación de estos:

- Los captadores seleccionados deben tener una certificación según la legislación vigente y es necesaria la presentación de la certificación.
- La orientación e inclinación debe considerarse según unos límites de pérdidas establecidos en el CTE.
- Los captadores deben posicionarse en filas con el mismo número de elementos y se puede configurar el conexionado de la instalación tanto en paralelo como en serie o mixto teniendo en cuenta la obligación de instalar válvulas de cierre en la entrada a las baterías de captadores, entre bombas y zonas donde facilite el seccionado de tramos para el mantenimiento, sustitución etc.
- La superficie de una fila de captadores no puede superar 10 m² para ACS el número de captadores en serie no puede superar lo indicado en el CTE, DB H4.
- Se debe evitar la estanqueidad en los captadores
- El sistema de soporte debe cumplir la normativa ENV 1991-2-3 y ENV 1991- 2-4 en referencia a los valores máximos de carga de nieve y velocidades de viento.
- El diseño debe ser capaz de permitir dilataciones térmicas sin transmitir cargas que afecten al sistema de soporte de los captadores.
- Los topes de sujeción no deben generar sombra sobre los captadores.

3.2 Acumulación

- Los depósitos acumuladores de ACS y sus partes en contacto con el agua de consumo deben cumplir los requisitos establecidos en la UNE EN 12897.
- Preferentemente los acumuladores se dispondrán en configuración vertical y ubicados en zonas interiores
- Si el acumulador está conectado directamente a la red de distribución de ACS debe utilizarse termómetros visibles por el usuario y capaz de elevar la temperatura de 60 °C a 70 °C para prevenir legionelosis
- En aplicaciones de ACS es necesario prever el conexionado de un sistema auxiliar que permita asegurar que el acumulador llega a 70 °C en momentos puntuales.
- Si el intercambio de calor se genera en los acumuladores se deben cumplir los requisitos establecidos en la normativa de intercambiadores de calor.
- Cuando se disponga de varios sistemas de acumulación, se debe permitir la desconexión individual de cada uno sin interrumpir el funcionamiento continuo de la instalación

3.3 Sistema de intercambio

El intercambiador del circuito de captadores que este incorporado en el depósito acumulador estará situado en la parte inferior de este y podrá ser del tipo sumergido, de serpentín o de haz tubular. Se debe poder utilizar el circuito de consumo teniendo en cuenta que la temperatura en el punto más alejado debe asegurar en 50 °C.

3.4 Diseño del circuito hidráulico

- El circuito hidráulico de un sistema pensado para su aplicación en ACS deberá cumplir los requisitos específicos mencionados en la norma UNE-EN 806-
- En cualquier caso, los materiales de este circuito deben cumplir la normativa ISO/TR 10217
- Para evitar pérdidas térmicas la longitud de tuberías debe ser lo más corta posible y evitar en la medida de lo posible las máximas pérdidas de carga posibles.
- El diseño debe tener en cuenta que los materiales no formen obturaciones de cal en los circuitos que disminuyan el rendimiento del sistema.
- En relación con las bombas, cuando se dispone de una bomba de circulación, la caída de presión debe mantener aceptablemente baja en todo el circuito
- Siempre que se permita, las bombas en línea se montan en las zonas más frías para evitar la cavitación.
- Las tuberías conectadas a las bombas deben soportarse en las inmediaciones de estas para no provocar esfuerzos de torsión o flexión.
- El diámetro de la tubería no puede ser inferior al acoplamiento de la bomba
- Los vasos de expansión deben conectarse en la aspiración de las bombas preferentemente.
- En los puntos más altos de la instalación, salida de captadores y todos los lugares donde pueda quedarse aire acumulado deben colocarse purgadores manuales o automáticos con volumen superior a 100 cm³.

3.5 Diseño del sistema auxiliar

- Para asegurar que el abastecimiento es continuo, este tipo de instalación debe tener un sistema de apoyo auxiliar.
- Está prohibido el uso de energía auxiliar en el circuito primario.
- Para el ACS, el apoyo auxiliar de energía debe cumplir el Real Decreto 865/2003.
- Si el sistema de apoyo es eléctrico la potencia debe ser inferior a 300 W por m² de superficie útil de captadores.
- Si las resistencias están sumergidas la potencia debe ser de 150 W hasta 750 W por m².

3.6 Sistema de control

- El sistema de control debe permitir el funcionamiento correcto de toda la instalación y debe aprovechar correctamente la energía captada, así como asegurar el uso de la energía auxiliar.
- Debe poder controlar el circuito primario y secundario, así como los sistemas de protección y seguridad de la instalación.
- El sistema de control debe permitir que no se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los componentes de la instalación.
- Debe asegurar que en ningún punto la temperatura del fluido baje a una temperatura de congelación.
- Las sondas de temperatura se colocan en la parte superior de los captadores para que indiquen la temperatura máxima.
- Las sondas de temperatura en el depósito de acumulación se pondrán en la parte inferior.

4 Normativa aplicada y normas de consulta

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo: *Normativa sobre la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).*

Real Decreto 865/2003, de 4 de julio: *Normas de calidad de las aguas destinadas al consumo humano.*

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero: *Normativa de prevención de riesgos laborales en materia de ergonomía y manutención de cargas.*

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril: *Normas de seguridad para equipos a presión.*

Real Decreto 1027/2007: *Normativa sobre el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).*

Reglamento de recipientes a presión RAP: *Normativa sobre el diseño y fabricación de recipientes a presión.*

NORMA UNE 100030-2005: *Normas para la prevención de legionelosis en instalaciones.*

NORMA UNE 112076:2004 IN: *Normativa para el aislamiento térmico en instalaciones industriales.*

NORMA UNE 157001:2014: *Normas de calidad en el laboratorio clínico.*

NORMA UNE-EN 806-1:2001: *Normativa para el cálculo y diseño de instalaciones de fontanería y saneamiento.*

NORMA UNE-EN 12975-1: *Normas para sistemas solares térmicos. Captadores solares.*

NORMA UNE-EN 12975-2: *Normas para sistemas solares térmicos. Equipos de control y seguridad.*

NORMA UNE-EN 12976-1: *Normativa para sistemas solares térmicos. Sistemas de calentamiento solar de agua.*

NORMA UNE-EN 12976-2: *Normativa para sistemas solares térmicos. Sistemas de calentamiento solar de agua con soporte de líquido.*

NORMA UNE-EN 12977-1: *Normas para sistemas solares térmicos. Colectores solares térmicos.*

NORMA UNE-EN 12977-2: *Normas para sistemas solares térmicos. Sistemas solares térmicos domésticos.*

NORMA UNE-EN 12977-3: *Normas para sistemas solares térmicos. Sistemas solares térmicos industriales.*

ITC/2761/2008: *Instrucción Técnica Complementaria para instalaciones de gas en edificios.*

ITC/71/2007: *Instrucción Técnica Complementaria para instalaciones de gas en establecimientos industriales.*

ITC BT: *Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.*

DB-HE1: *Documento Básico del Código Técnico de la Edificación. Limitación de la demanda energética.*

DB-HE2: *Documento Básico del Código Técnico de la Edificación. Rendimiento de las instalaciones térmicas.*

DB-HE4: *Documento Básico del Código Técnico de la Edificación. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.*

DB HS4: *Documento Básico del Código Técnico de la Edificación. Salubridad.*

BOE-A-2007-18398: *Boletín Oficial del Estado, normativa de fecha 18 de agosto de 2007.*

DOUE-L-2002-80842: *Diario Oficial de la Unión Europea, normativa de fecha 12 de marzo de 2002.*

NTP 691: *Norma Técnica de Prevención sobre equipos de protección individual.*

NTP 692: *Norma Técnica de Prevención sobre manipulación manual de cargas.*

ENV 61024-1: *Norma Europea de Vigilancia Ambiental. Parte 1: Guía para el establecimiento y el desarrollo de programas de vigilancia ambiental.*



PRESUPUESTO



Índice presupuesto

Cuadro de precios N°1.....	103 - 105
Cuadro de precios N°2.....	105-110
Presupuesto por capítulos	112-119
Resumen del presupuesto.....	120

1 Cuadro de precios

Cuadro de precios nº 1

Advertencia

Los precios designados en letra en este cuadro, con la rebaja que resulte en la subasta en su caso, son los que sirven de base al contrato, y se utilizarán para valorar la obra ejecutada, siguiendo lo prevenido en la Cláusula 46 del Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado, considerando incluidos en ellos los trabajos, medios auxiliares y materiales necesarios para la ejecución de la unidad de obra que definan, conforme a lo prescrito en la Cláusula 51 del Pliego antes citado, por lo que el Contratista no podrá reclamar que se introduzca modificación alguna en ello, bajo ningún pretexto de error u omisión.

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1	Ud El Rothsol 207 es un captador o colector solar térmico plano que utiliza la energía solar para producir agua caliente sanitaria	585,00	QUINIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS
2	Ud Soportes comerciales para Rothsol 207 fabricados por Roth	56,65	CINCUENTA Y SEIS EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS
3	Ud Soporte vertical motorizado o sin motorizar para paneles solares fotovoltaicos o fototérmicos de la marca Roth, fabricado por Roth Iberica	237,93	DOSCIENTOS TREINTA Y SIETE EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS
4	Ud Purgador automatico de aire marca GENEBRE	8,24	OCHO EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS
5	Ud Para el conexionado a las placas desde 35mm de la tubería hasta 3/4"	1,44	UN EURO CON CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
6	Ud Tornillería necesaria para la instalación de las placas sobre los soportes y la fijación de accesorios	20,60	VEINTE EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS
7	Ud Codos listos para soldar	2,06	DOS EUROS CON SEIS CÉNTIMOS
8	Ud Vaso de expansión	92,70	NOVENTA Y DOS EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS
9	Ud Manómetro de glicerina marca WIKA	12,36	DOCE EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS
10	Ud Válvula antirretorno RS PRO, 2 to 8bar, 6,35 mm	13,39	TRECE EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS
11	Ud Valvula de esfera de 35mm marca ARCO	12,36	DOCE EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS
12	Ud Conexiones tipo T listas para soldar	2,06	DOS EUROS CON SEIS CÉNTIMOS
13	Ud CM 1-2 A-R-I-E-AQQE F-A-A-N	618,00	SEISCIENTOS DIECIOCHO EUROS
14	Ud Manómetros de glicerina	12,36	DOCE EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS
15	Ud Codos listos para soldar de cobre	2,06	DOS EUROS CON SEIS CÉNTIMOS
16	Ud Válvulas antirretorno RS	13,39	TRECE EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS
17	Ud Válvulas de esfera marca ARCO	12,36	DOCE EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS
18	Ud Conexiones tipo T	2,06	DOS EUROS CON SEIS CÉNTIMOS
19	Ud ALPHA SOLAR 25-145-180.	1.030,00	MIL TREINTA EUROS
20	Ud Manómetros	12,36	DOCE EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS
21	Ud Codos de cobre	2,06	DOS EUROS CON SEIS CÉNTIMOS
22	Ud Válvulas de bola	12,36	DOCE EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS



Cuadro de precios nº 1			
Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
23	Ud Válvulas antirretorno 35mm RS	13,39	TRECE EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS
24	Ud Conexiones tipo T	2,06	DOS EUROS CON SEIS CÉNTIMOS
25	Ud Depósito de inercia de 500 litros en acero al carbono ideal para evitar arranques y paros en el circuito de calefacción. Permite el intercambio en el interior del depósito.	1.049,00	MIL CUARENTA Y NUEVE EUROS
26	Ud Marca WABCO	46,35	CUARENTA Y SEIS EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS
27	Ud Acople para 1/2	12,36	DOCE EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS
28	Ud SISTENA S.A	207,03	DOSCIENTOS SIETE EUROS CON TRES CÉNTIMOS
29	m Cableado necesario	3,09	TRES EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS
30	m Tubería de cobre de 35mm	17,51	DIECISIETE EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS
31	m Aislante de 40mm ARMAFLEX	9,27	NUEVE EUROS CON VEINTISIETE CÉNTIMOS
32	h Instalador de captadores solares	15,45	QUINCE EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS
33	h Instalador fontanería general	12,36	DOCE EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS
34	h Ingeniero del proyecto	25,75	VEINTICINCO EUROS CON SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS
35	h Ayudante general	8,00	OCHO EUROS
36	h Ayudante general	8,00	OCHO EUROS
37	h Ayudante general	8,00	OCHO EUROS
38	h Ayudantes	8,24	OCHO EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS
39	h Instalador tuberías	15,45	QUINCE EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS
40	h Ayudante instalador tuberías	8,24	OCHO EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS
41	h Electricista	15,45	QUINCE EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS
42	h Instalador depósitos de inercia	15,45	QUINCE EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS
43	h Instalador fontanería bombas	15,45	QUINCE EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS
44	h Instalador fontanería depósitos	15,45	QUINCE EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS
45	h Instalador fontanería captadores	15,45	QUINCE EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS

Cuadro de precios nº 2

Advertencia: Los precios del presente cuadro se aplicarán única y exclusivamente en los casos que sea preciso abonar obras incompletas cuando por rescisión u otra causa no lleguen a terminarse las contratadas, sin que pueda pretenderse la valoración de cada unidad de obra fraccionada en otra forma que la establecida en dicho cuadro.

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1.1	1 Sistema de captación		
	Ud El Rothsol 207 es un captador o colector solar térmico plano que utiliza la energía solar para producir agua caliente sanitaria (Medios auxiliares) Captadores RothSol 207 1,000 Ud 567,961 3% Costes indirectos	567,96	17,04
1.2	Ud Soportes comerciales para Rothsol 207 fabricados por Roth (Medios auxiliares) Soportes Rothsol 207 1,000 Ud 55,000 3% Costes indirectos	55,00	1,65
			585,00
1.3	Ud Soporte vertical motorizado o sin motorizar para paneles solares fotovoltaicos o fototérmicos de la marca Roth, fabricado por Roth Iberica (Medios auxiliares) Soporte vertical para Rothsol 207 1,000 Ud 231,000 3% Costes indirectos	231,00	6,93
			56,65
1.4.1	1.4 Accesorios sistema de captación		
	Ud Purgador automatico de aire marca GENEBRE (Medios auxiliares) Purgadores de aire automaticos 1,000 Ud 8,000 3% Costes indirectos	8,00	0,24
1.4.2	Ud Para el conexionado a las placas desde 35mm de la tuberia hasta 3/4" (Medios auxiliares) Reducciones de diametro 1,000 Ud 1,400 3% Costes indirectos	1,40	0,04
			8,24
1.4.3	Ud Tornilleria necesaria para la instalacion de las placas sobre los soportes y la fijacion de accesorios (Medios auxiliares) Tornilleria 1,000 Ud 20,000 3% Costes indirectos	20,00	0,60
			1,44
2.1	2 Circuito primario		
	Ud Vaso de expansion (Medios auxiliares) Vaso de expansion 1,000 Ud 90,000 3% Costes indirectos	90,00	2,70
			92,70

Cuadro de precios nº 2					
Nº	Designación	Importe			
		Parcial (Euros)	Total (Euros)		
2.2	Ud Manómetro de glicerina marca WIKA (Medios auxiliares) Manómetros	1,000 Ud	12,000	12,00	12,36
	3% Costes indirectos			0,36	
2.3	Ud Válvula antirretorno RS PRO, 2 to 8bar, 6,35 mm (Medios auxiliares) Valvula antirretorno	1,000 Ud	13,000	13,00	13,39
	3% Costes indirectos			0,39	
2.4	Ud Valvula de esfera de 35mm marca ARCO (Medios auxiliares) Válvula de bola	1,000 Ud	12,000	12,00	12,36
	3% Costes indirectos			0,36	
2.5	Ud Conexiones tipo T listas para soldar (Medios auxiliares) Conexiones tipo T	1,000 Ud	2,000	2,00	2,06
	3% Costes indirectos			0,06	
2.6	Ud Codos listos para soldar (Medios auxiliares) Codos	1,000 Ud	2,000	2,00	2,06
	3% Costes indirectos			0,06	
3.1	3 Circuito secundario Ud CM 1-2 A-R-I-E-AQQE F-A-A-N (Medios auxiliares) Bomba del circuito secundario	1,000 Ud	600,000	600,00	618,00
	3% Costes indirectos			18,00	
3.2	Ud Manómetros de glicerina (Medios auxiliares) Manómetros	1,000 Ud	12,000	12,00	12,36
	3% Costes indirectos			0,36	
3.3	Ud Codos listos para soldar de cobre (Medios auxiliares) Codos	1,000 Ud	2,000	2,00	2,06
	3% Costes indirectos			0,06	
3.4	Ud Válvulas antirretorno RS (Medios auxiliares) Válvulas antirretorno	1,000 Ud	13,000	13,00	13,39
	3% Costes indirectos			0,39	

Cuadro de precios nº 2			
Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
3.5	Ud Válvulas de esfera marca ARCO (Medios auxiliares) Válvulas de bola 3% Costes indirectos	1,000 Ud 12,000	12,00 0,36
			12,36
3.6	Ud Conexiones tipo T (Medios auxiliares) Conexiones tipo T 3% Costes indirectos	1,000 Ud 2,000	2,00 0,06
			2,06
4 Circuito de recirculación			
4.1	Ud ALPHA SOLAR 25-145-180. (Medios auxiliares) Bomba del circuito de recirculación 3% Costes indirectos	1,000 Ud 1.000,000	1.000,00 30,00
			1.030,00
4.2	Ud Manómetros (Medios auxiliares) Manómetros 3% Costes indirectos	1,000 Ud 12,000	12,00 0,36
			12,36
4.3	Ud Codos de cobre (Medios auxiliares) Codos 3% Costes indirectos	1,000 Ud 2,000	2,00 0,06
			2,06
4.4	Ud Válvulas antirretorno 35mm RS (Medios auxiliares) Válvulas antirretorno 3% Costes indirectos	1,000 Ud 13,000	13,00 0,39
			13,39
4.5	Ud Válvulas de bola (Medios auxiliares) Válvulas de bola 3% Costes indirectos	1,000 Ud 12,000	12,00 0,36
			12,36
4.6	Ud Conexiones tipo T (Medios auxiliares) Conexiones tipo T 3% Costes indirectos	1,000 Ud 2,000	2,00 0,06
			2,06
5 Sistema de acumulación			
5.1	Ud Depósito de inercia de 500 litros en acero al carbono ideal para evitar arranques y paros en el circuito de calefacción. Permite el intercambio en el interior del depósito. (Medios auxiliares) Depósito de inercia FERCO 3% Costes indirectos	1,000 Ud 1.018,447	1.018,45 30,55
			1.049,00

Cuadro de precios nº 2					
Nº	Designación	Importe			
		Parcial (Euros)	Total (Euros)		
5.2	Ud Marca WABCO (Medios auxiliares) Válvulas de descarga 3% Costes indirectos	1,000 Ud	45,000	45,00 1,35	46,35
	5.3	Ud Acople para 1/2 (Medios auxiliares) Acople para 1/2 3% Costes indirectos	1,000 Ud	12,000	
6 Sistema de control					
6.1	Ud SISTENA S.A (Medios auxiliares) Centralita de control para instalaciones ... 3% Costes indirectos	1,000 Ud	201,000	201,00 6,03	207,03
	6.2	m Cableado necesario (Medios auxiliares) Cableado necesario 3% Costes indirectos	1,000 m	3,000	
7 Tuberías y aislante					
7.1	m Tubería de cobre de 35mm (Medios auxiliares) Tubería de cobre de 35mm 3% Costes indirectos	1,000 m	17,000	17,00 0,51	17,51
	7.2	m Aislante de 40mm ARMAFLEX (Medios auxiliares) Aislante de 40mm ARMAFLEX 3% Costes indirectos	1,000 m	9,000	
8 Mano de obra					
8.1	h Instalador de captadores solares (Medios auxiliares) Instalador de captadores solares 3% Costes indirectos	1,000 h	15,000	15,00 0,45	15,45
	8.2	h Ayudantes (Medios auxiliares) Ayudante 3% Costes indirectos	1,000 h	8,000	
8.3	h Instalador tuberías (Medios auxiliares) Instalador tuberías 3% Costes indirectos	1,000 h	15,000	15,00 0,45	15,45

Cuadro de precios nº 2					
Nº	Designación	Importe			
		Parcial (Euros)	Total (Euros)		
8.4	h Ayudante instalador tuberías (Medios auxiliares) Ayudante instalador tuberías	1,000 h	8,000	8,00	8,24
	3% Costes indirectos			0,24	
8.5	h Electricista (Medios auxiliares) Electricista	1,000 h	15,000	15,00	15,45
	3% Costes indirectos			0,45	
8.6	h Instalador depósitos de inercia (Medios auxiliares) Instalador depósitos de inercia	1,000 h	15,000	15,00	15,45
	3% Costes indirectos			0,45	
8.7	h Instalador fontanería bombas (Medios auxiliares) Instalador fontanería bombas	1,000 h	15,000	15,00	15,45
	3% Costes indirectos			0,45	
8.8	h Instalador fontanería depósitos (Medios auxiliares) Instalador fontanería depósitos	1,000 h	15,000	15,00	15,45
	3% Costes indirectos			0,45	
8.9	h Instalador fontanería captadores (Medios auxiliares) Instalador fontanería captadores	1,000 h	15,000	15,00	15,45
	3% Costes indirectos			0,45	
8.10	h Instalador fontanería general (Medios auxiliares) Instalador fontanería general	1,000 h	12,000	12,00	12,36
	3% Costes indirectos			0,36	
8.11	h Ingeniero del proyecto (Medios auxiliares) Ingeniero del proyecto	1,000 h	25,000	25,00	25,75
	3% Costes indirectos			0,75	
8.12	h Ayudante general (Medios auxiliares) Ayudante general	1,000 h	7,767	7,77	8,00
	3% Costes indirectos			0,23	
8.13	h Ayudante general (Medios auxiliares) Ayudante general	1,000 h	7,767	7,77	8,00
	3% Costes indirectos			0,23	
					8,00



Cuadro de precios nº 2			
Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
8.14	h Ayudante general (Medios auxiliares)		
	Ayudante general	1,000 h	7,767
	3% Costes indirectos		0,23
			8,00

2 Presupuesto por capítulos



Instalación fototérmica para acumulación de ACS en Valencia, España.

Página 1

Presupuesto parcial nº 1 Sistema de captación

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
1.1	01-1	Ud	El Rothsol 207 es un captador o colector solar térmico plano que utiliza la energía solar para producir agua caliente sanitaria	5,000	585,00	2.925,00
1.2	01-2	Ud	Soportes comerciales para Rothsol 207 fabricados por Roth	5,000	56,65	283,25
1.3	01-3	Ud	Soporte vertical motorizado o sin motorizar para paneles solares fotovoltaicos o fototérmicos de la marca Roth, fabricado por Roth Iberica	1,000	237,93	237,93
1.4 Accesorios sistema de captación						
1.4.1	01-4.1	Ud	Purgador automatico de aire marca GENEBRE	1,000	8,24	8,24
1.4.2	01-4.2	Ud	Para el conexionado a las placas desde 35mm de la tubería hasta 3/4"	4,000	1,44	5,76
Total presupuesto parcial nº 1 Sistema de captación :						3.460,18

Instalación fototérmica para acumulación de ACS en Valencia, España.

Página 2

Presupuesto parcial nº 2 Circuito primario

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
2.1	02-2	Ud	Vaso de expansion	1,000	92,70	92,70
2.2	02-3	Ud	Manómetro de glicerina marca WIKA	1,000	12,36	12,36
2.3	02-4	Ud	Válvula antiretorno RS PRO, 2 to 8bar, 6,35 mm	1,000	13,39	13,39
2.4	02-5	Ud	Valvula de esfera de 35mm marca ARCO	3,000	12,36	37,08
2.5	02-6	Ud	Conexiones tipo T listas para soldar	1,000	2,06	2,06
Total presupuesto parcial nº 2 Circuito primario :						157,59



Instalación fototérmica para acumulación de ACS en Valencia, España.

Página 3

Presupuesto parcial nº 3 Circuito secundario

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
3.1	03-1	Ud	CM 1-2 A-R-I-E-AQQE F-A-A-N	1,000	618,00	618,00
3.2	03-2	Ud	Manómetros de glicerina	7,000	12,36	86,52
3.3	03-3	Ud	Codos listos para soldar de cobre	6,000	2,06	12,36
3.4	03-4	Ud	Válvulas antirretorno RS	7,000	13,39	93,73
3.5	03-5	Ud	Válvulas de esfera marca ARCO	20,000	12,36	247,20
3.6	03-6	Ud	Conexiones tipo T	6,000	2,06	12,36
Total presupuesto parcial nº 3 Circuito secundario :						1.070,17

Instalación fototérmica para acumulación de ACS en Valencia, España.
Presupuesto parcial nº 4 Circuito de recirculación

Página 4

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
4.1	04-1	Ud	ALPHA SOLAR 25-145-180.	1,000	1.030,00	1.030,00
4.2	04-2	Ud	Manómetros	2,000	12,36	24,72
4.3	04-3	Ud	Codos de cobre	4,000	2,06	8,24
4.4	04-5	Ud	Válvulas antirretorno 35mm RS	2,000	13,39	26,78
4.5	04-4	Ud	Válvulas de bola	3,000	12,36	37,08
4.6	04-6	Ud	Conexiones tipo T	1,000	2,06	2,06
Total presupuesto parcial nº 4 Circuito de recirculación :						1.128,88

Instalación fototérmica para acumulación de ACS en Valencia, España.

Página 5

Presupuesto parcial nº 5 Sistema de acumulación

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
5.1	05-2	Ud	Depósito de inercia de 500 litros en acero al carbono ideal para evitar arranques y paros en el circuito de calefacción. Permite el intercambio en el interior del depósito.	2,000	1.049,00	2.098,00
5.2	05-3	Ud	Marca WABCO	2,000	46,35	92,70
5.3	05-4	Ud	Acople para 1/2	4,000	12,36	49,44
Total presupuesto parcial nº 5 Sistema de acumulación :						2.240,14

Instalación fototérmica para acumulación de ACS en Valencia, España.

Página 6

Presupuesto parcial nº 6 Sistema de control

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
6.2	06-2	m	Cableado necesario	40,000	3,09	123,60
Total presupuesto parcial nº 6 Sistema de control :						123,60



Instalación fototérmica para acumulación de ACS en Valencia, España.

Página 7

Presupuesto parcial nº 7 Tuberías y aislante

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
7.1	07-1	m	Tubería de cobre de 35mm	111,000	17,51	1.943,61
7.2	07-2	m	Aislante de 40mm ARMAFLEX	111,000	9,27	1.028,97
Total presupuesto parcial nº 7 Tuberías y aislante :						2.972,58

Instalación fototérmica para acumulación de ACS en Valencia, España.

Página 8

Presupuesto parcial nº 8 Mano de obra

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
8.1	MO-1	h	Instalador de captadores solares	8,000	15,45	123,60
8.2	MO-2	h	Ayudantes	8,000	8,24	65,92
8.3	MO-3	h	Instalador tuberías	100,000	15,45	1.545,00
8.4	MO-4	h	Ayudante instalador tuberías	100,000	8,24	824,00
8.5	MO-5	h	Electricista	58,000	15,45	896,10
8.6	MO-6	h	Instalador depósitos de inercia	16,000	15,45	247,20
8.7	MO-7	h	Instalador fontanería bombas	40,000	15,45	618,00
8.8	MO-8	h	Instalador fontanería depósitos	40,000	15,45	618,00
8.9	MO-9	h	Instalador fontanería captadores	40,000	15,45	618,00
8.10	MO-10	h	Instalador fontanería general	40,000	12,36	494,40
8.11	MO-11	h	Ingeniero del proyecto	100,000	25,75	2.575,00
8.12	MO-12	h	Ayudante general	40,000	8,00	320,00
8.13	MO-13	h	Ayudante general	40,000	8,00	320,00
8.14	MO-14	h	Ayudante general	40,000	8,00	320,00
Total presupuesto parcial nº 8 Mano de obra :						9.585,22

3 Resumen del presupuesto

Proyecto: Instalación fototérmica para acumulación de ACS en Valencia, España.

Capítulo	Importe	%
Capítulo 1 Sistema de captación.....	3.460,18	16,68
Capítulo 1.4 Accesorios sistema de captación.....	14,00	0,07
Capítulo 2 Circuito primario.....	157,59	0,76
Capítulo 3 Circuito secundario.....	1.070,17	5,16
Capítulo 4 Circuito de recirculación.....	1.128,88	5,44
Capítulo 5 Sistema de acumulación.....	2.240,14	10,80
Capítulo 6 Sistema de control.....	123,60	0,60
Capítulo 7 Tuberías y aislante.....	2.972,58	14,33
Capítulo 8 Mano de obra.....	9.585,22	46,22
Presupuesto de ejecución material	20.738,36	
0% de gastos generales.....	0,00	
0% de beneficio industrial.....	0,00	
Suma	20.738,36	
21% IVA.....	4.355,06	
Presupuesto de ejecución por contrata	25.093,42	
Honorarios de Ingeniero		
Proyecto	8,00% sobre PEM	1.659,07
IVA	21% sobre honorarios de Proyecto	348,40
	Total honorarios de Proyecto	2.007,47
Dirección de obra	10,00% sobre PEM	2.073,84
IVA	21% sobre honorarios de Dirección de obra	435,51
	Total honorarios de Dirección de obra	2.509,35
	Total honorarios de Ingeniero	4.516,82
Honorarios de Aparejador		
Dirección de obra	8,00% sobre PEM	1.659,07
IVA	21% sobre honorarios de Dirección de obra	348,40
	Total honorarios de Aparejador	2.007,47
	Total honorarios	6.524,29
	Total presupuesto general	31.617,71

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de TREINTA Y UN MIL SEISCIENTOS DIECISIETE EUROS CON SETENTA Y UN CÉNTIMOS.

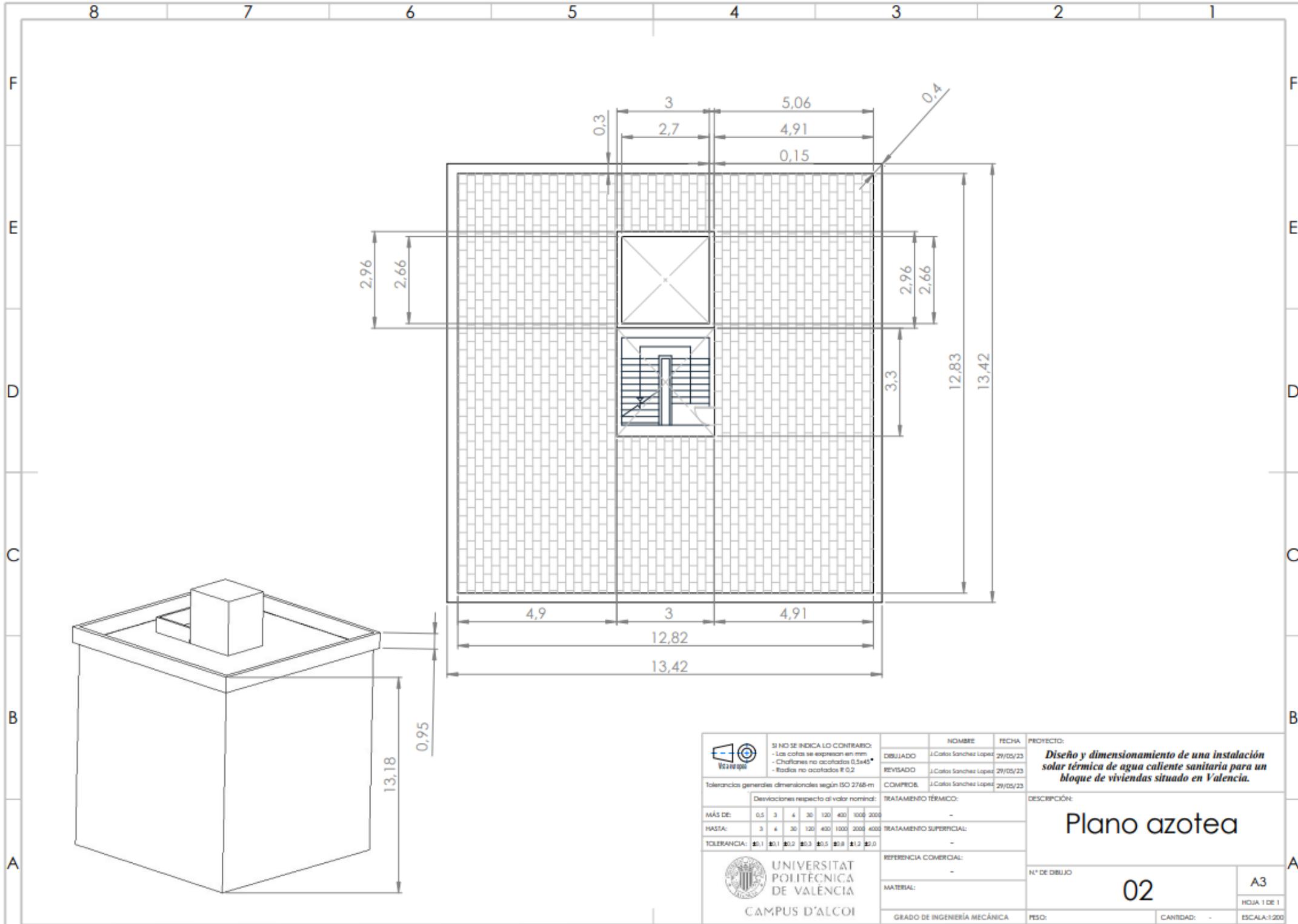




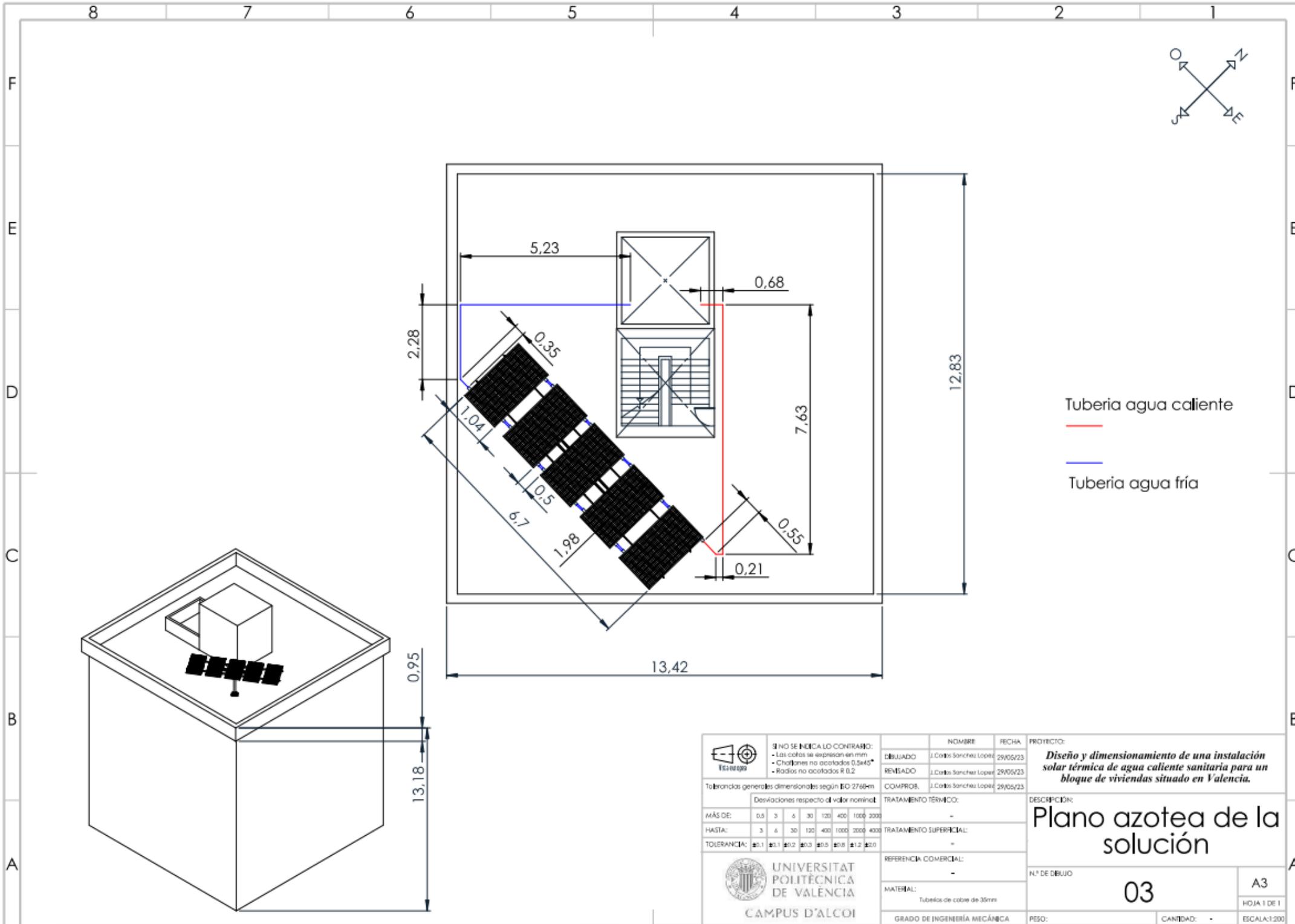
PLANOS

Índice planos

Plano de emplazamiento.....	124
Plano de la azotea.....	125
Plano de la azotea con la solución propuesta.....	126
Plano esquema de los circuitos de la solución.....	127
Plano 3D de la azotea.....	128



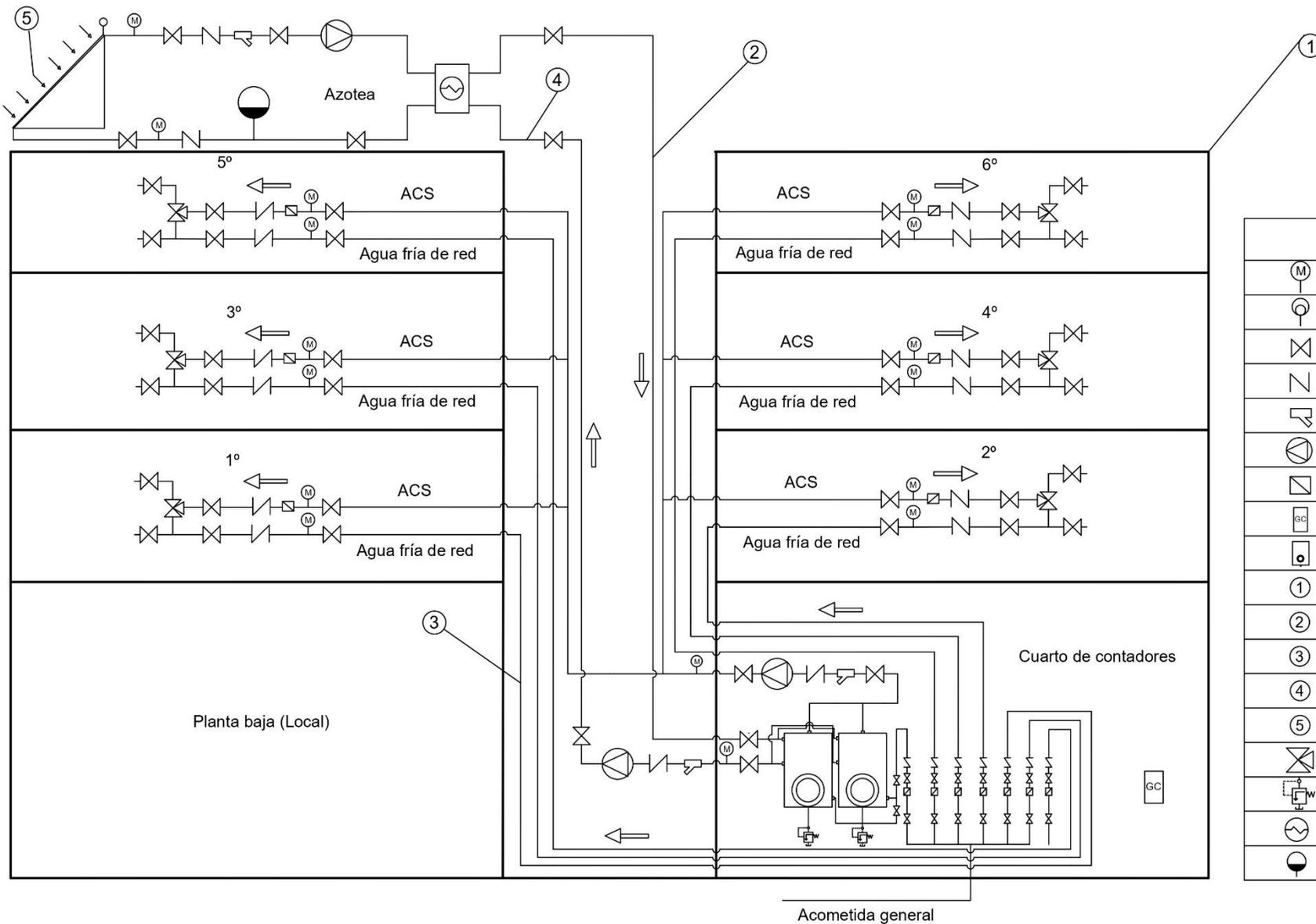
		SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - Los cotas se expresan en mm - Chalfanes no acotados 0,5x45° - Radios no acotados R 0,2		NOMBRE: _____ FECHA: _____		PROYECTO: Diseño y dimensionamiento de una instalación solar térmica de agua caliente sanitaria para un bloque de viviendas situado en Valencia.																												
Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m Desviaciones respecto al valor nominal:		DIBUJADO: J.Cotx Sanchez Lopez 29/05/23 REVISADO: J.Cotx Sanchez Lopez 29/05/23		COMPROB.: J.Cotx Sanchez Lopez 29/05/23		DESCRIPCIÓN: <h1>Plano azotea</h1>																												
<table border="1"> <tr> <td>MÁS DE:</td> <td>0,5</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>30</td> <td>120</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>HASTA:</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>30</td> <td>120</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> <td>4000</td> </tr> <tr> <td>TOLERANCIA:</td> <td>±0,1</td> <td>±0,1</td> <td>±0,2</td> <td>±0,3</td> <td>±0,5</td> <td>±0,8</td> <td>±1,2</td> <td>±2,0</td> </tr> </table>		MÁS DE:	0,5	3	4	30	120	400	1000	2000	HASTA:	3	4	30	120	400	1000	2000	4000	TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0	TRATAMIENTO TÉRMICO: _____ TRATAMIENTO SUPERFICIAL: _____		REFERENCIA COMERCIAL: _____ MATERIAL: _____		N° DE DIBUJO: <h1>02</h1>	
MÁS DE:	0,5	3	4	30	120	400	1000	2000																										
HASTA:	3	4	30	120	400	1000	2000	4000																										
TOLERANCIA:	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2,0																										
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI		GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA		PESO: _____ CANTIDAD: _____		A3 HOJA 1 DE 1 ESCALA: 1:200																												



Tuberia agua caliente
 Tuberia agua fría

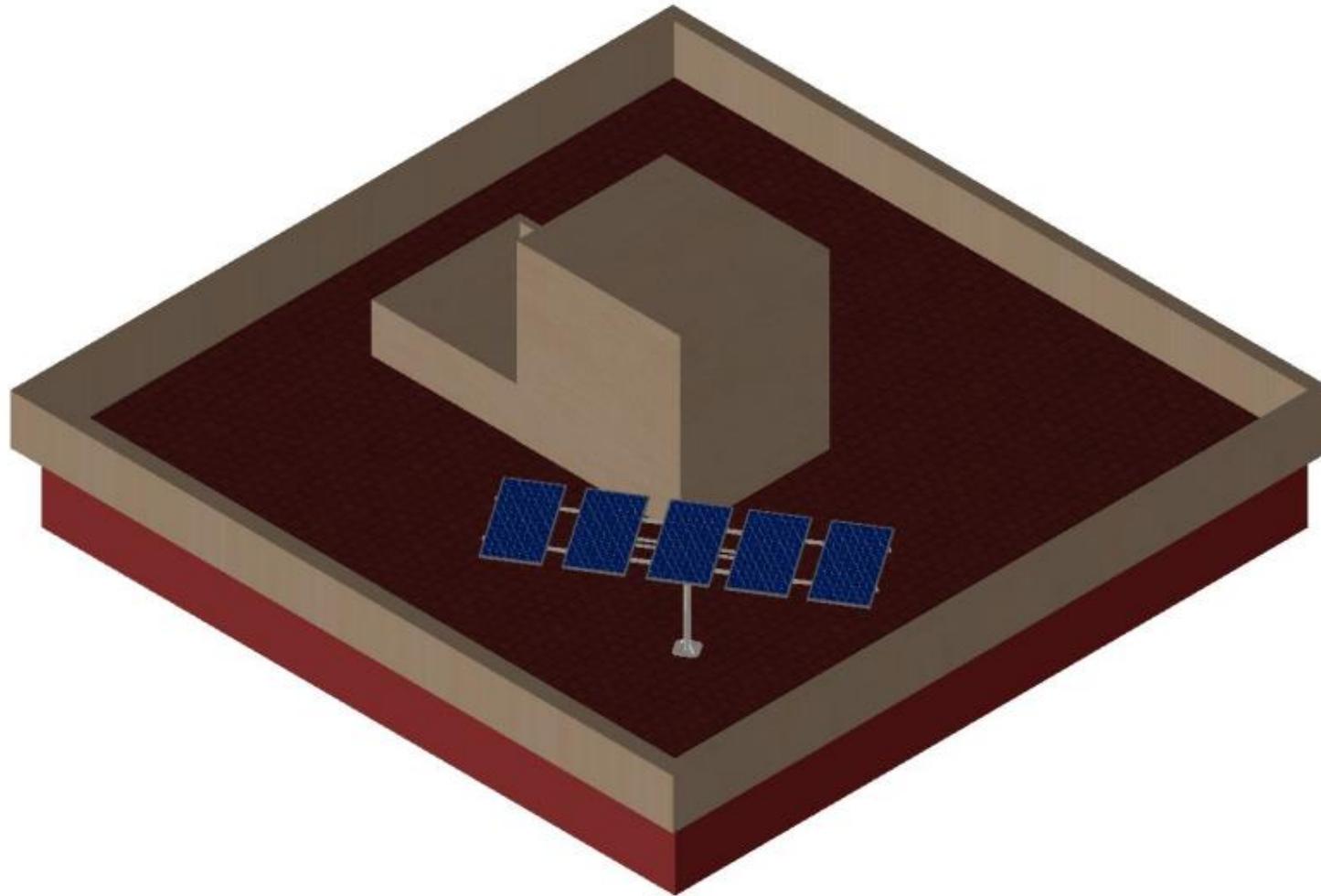
	SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - Las cotas se expresan en mm. - Charlines no acotados 0.5x45° - Radios no acotados R 0.2	NOMBRE	FECHA	PROYECTO:																																	
	Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m	DIBUJADO: J. Cortés Sánchez López REVISADO: J. Cortés Sánchez López COMPROB.: J. Cortés Sánchez López	29/05/23	29/05/23	29/05/23																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Desviaciones respecto al valor nominal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MÁS DE:</td> <td>0.5</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>100</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>HASTA:</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>120</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> <td>4000</td> </tr> <tr> <td>TOLERANCIA:</td> <td>±0.1</td> <td>±0.1</td> <td>±0.2</td> <td>±0.3</td> <td>±0.5</td> <td>±0.8</td> <td>±1.2</td> <td>±2.0</td> </tr> </tbody> </table>	Desviaciones respecto al valor nominal							MÁS DE:	0.5	3	6	30	100	400	1000	2000	HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	TOLERANCIA:	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2.0	TRATAMIENTO TÉRMICO: TRATAMIENTO SUPERFICIAL:	- -
	Desviaciones respecto al valor nominal																																				
MÁS DE:	0.5	3	6	30	100	400	1000	2000																													
HASTA:	3	6	30	120	400	1000	2000	4000																													
TOLERANCIA:	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2.0																													
REFERENCIA COMERCIAL: MATERIAL: Tubos de cobre de 35mm	GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA	PESO: CANTIDAD:	ESCALA: 1:200																																		

DESCRIPCIÓN: Diseño y dimensionamiento de una instalación solar térmica de agua caliente sanitaria para un bloque de viviendas situado en Valencia.	
Plano azotea de la solución	
N.º DE DIBUJO	03
HOJA 1 DE 1	A3



Leyenda	
	Manómetro
	Purgador de aire
	Válvula de corte
	Válvula antirretorno
	Filtro
	Bomba de agua
	Contador
	Grupo de control de bombas
	Depósito de inercia 500L
	Líneas separadoras de estancias
	Línea de ACS
	Línea de agua fría de red
	Línea de recirculación
	Captadores solares
	Válvula mezcladora termostática
	Válvula de descarga
	Intercambiador de calor
	Vaso de expansión

	AUTOR: Juan Carlos Sánchez López	Diseño y dimensionamiento de una instalación solar térmica de agua caliente sanitaria para un bloque de viviendas situado en Valencia.
	Formato: A3	
PLANO: Esquema de los circuitos de la solución adoptada	FECHA: 30/05/2023	Nº PLANO: 04
	ESCALA: ORIGINAL A3 N/A	HOUA 1 DE 1



 SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: - Las cotas se expresan en mm. - Chofarles no acotados 0.5x45°. - Buzos no acotados R 0.2	NOMBRE	FECHA	PROYECTO:																											
	DIBUJADO	J.Casas Sanchez Lopez	29/05/23	Diseño y dimensionamiento de una instalación solar térmica de agua caliente sanitaria para un bloque de viviendas situado en Valencia.																										
	REVISADO	J.Casas Sanchez Lopez	29/05/23																											
	COMPROB.	J.Casas Sanchez Lopez	29/05/23	DESCRIPCIÓN:																										
Tolerancias generales dimensionales según ISO 2768-m Desviaciones respecto al valor nominal:	TRATAMIENTO TÉRMICO:	Vista 3D azotea																												
<table border="1"> <tr> <td>MÁS DE:</td> <td>0.5</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>100</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>HASTA:</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>100</td> <td>400</td> <td>1000</td> <td>2000</td> <td>4000</td> </tr> <tr> <td>TOLERANCIA:</td> <td>±0.1</td> <td>±0.1</td> <td>±0.2</td> <td>±0.3</td> <td>±0.5</td> <td>±0.8</td> <td>±1.2</td> <td>±2.0</td> </tr> </table>	MÁS DE:	0.5	3	6	30	100	400	1000	2000	HASTA:	3	6	30	100	400	1000	2000	4000	TOLERANCIA:	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2.0	TRATAMIENTO SUPERFICIAL:	N° DE DIBUJO 05	
MÁS DE:	0.5	3	6	30	100	400	1000	2000																						
HASTA:	3	6	30	100	400	1000	2000	4000																						
TOLERANCIA:	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2.0																						
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI	REFERENCIA COMERCIAL:	ESCALA: 1/200																												
	MATERIAL:	CANTIDAD: -																												
	GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA	PESO:																												

