



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA GALILEO GALILEI DE VALENCIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ALUMNO: ALBERCA CONESA, ELENA

TUTOR: PAYÁ HERRERO, JORGE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

CURSO 2019-2020

RESUMEN

La Residencia Universitaria Galileo Galilei, un edificio con gran ocupación anual, cuenta actualmente con un sistema convencional de producción de agua caliente sanitaria (ACS) y busca implantar el uso de energías renovables en el edificio.

Por ello, en el presente proyecto se realiza un análisis del consumo de ACS a partir de los datos oficiales de ocupación y facturas de gas. Seguidamente se procede al diseño de la instalación incluyendo el dimensionado y selección de todos sus componentes, así como el emplazamiento de los mismos y su interconexión. Se asegurará el cumplimiento de la normativa vigente en todos los aspectos a tratar.

Además, se realizará un análisis económico a través de un presupuesto detallado obteniendo así el coste total de la instalación y el período de retorno de la inversión inicial, punto a partir del cual la instalación comenzará a generar beneficios económicos.

Por último, en cuanto a los beneficios medioambientales, se obtendrá la cifra de toneladas de CO₂ que se dejan de verter durante la vida útil de la instalación al suprimir el sistema actual caldera de gas.

PALABRAS CLAVE

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA, ACUA CALIENTE SANITARIA, RESIDENCIA UNIVERSITARIA, ENERGÍAS RENOVABLES

CONTENIDO DEL PROYECTO

MEMORIA.....	6
PLIEGO DE CONDICIONES.....	112
PRESUPUESTO.....	132
PLANOS	148

ÍNDICE DE FIGURAS

MEMORIA

Figura 1.-Ubicación del edificio	10
Figura 2.-Vista del edificio	11
Figura 3.- Distribución de la planta 1.....	12
Figura 4.-Distribución de las plantas 2 a 5	13
Figura 5.-Zona de ocio de la terraza	14
Figura 6.-Entorno del edificio	15
Figura 7.-Datos técnicos de la caldera actual	16
Figura 8.-Pérdidas por inclinación y orientación	19
Figura 9.-Consumo total diario de ACS	23
Figura 10.-Consumo de ACS según las facturas de gas	26
Figura 11.-Comparativa de consumos con y sin galerías	27
Figura 12.-Comparativa entre CTE y las facturas	28
Figura 13.-Zonas climáticas	29
Figura 14.-Esquema de la instalación	31
Figura 15.-Acumulador	33
Figura 16.-Esquema de flujos de energía en el captador solar	34
Figura 17.-Datos técnicos del captador	35
Figura 18.-Curvas de rendimiento del captador	36
Figura 19.-Distancia entre baterías	37
Figura 20.-Simulación inicial en Cheq4	38
Figura 21.-Simulación con inclinación de 55°	39
Figura 22.-Simulación final con 160 captadores inclinados 55°	40
Figura 23.-Selección del aerotermo	41
Figura 24.-Distribución de los captadores	42
Figura 25.-Curvas de congelación de dos preparados de entilenglicol y propilenglicol.....	44
Figura 26.-Selección de la tubería principal	48
Figura 27.-Selección de tuberías en catálogo.....	50
Figura 28.-Esquema hidráulico	51
Figura 29.-Detalle del esquema hidráulico: conexión de captadores	52
Figura 30.-Curva de pérdidas de carga en el captador	55
Figura 31.-Selección de la bomba del circuito primario	57
Figura 32.-Curvas de rendimiento de la bomba TPE2 65-180 y punto de funcionamiento.....	57
Figura 33.-Selección del vaso de expansión	61
Figura 34.-Selección en catálogo del vaso de expansión del circuito secundario	63

Figura 35.-Estrategia de regulación.....	66
--	----

PRESUPUESTO

Figura 36.-Diagrama circular del PEM	145
Figura 37.-Presupuesto total	147

ÍNDICE DE TABLAS

MEMORIA

Tabla 1.-Ocupación diaria	15
Tabla 2.-Contribución solar mínima	18
Tabla 3.-Demanda de ACS para distintos tipos distintos al residencial privado	21
Tabla 4.-Consumo diario de ACS según el CTE	22
Tabla 5.-Consumo de gas natural.....	24
Tabla 6.-Temperatura del agua de red	25
Tabla 7.-Consumo diario de ACS según la factura del gas	25
Tabla 8.-Consumo eléctrico.....	27
Tabla 9.-Litros diarios definitivos	29
Tabla 10.-Contribución solar mínima	30
Tabla 11.-Diametros minimos en mm para tuberías de instalaciones solares.....	46
Tabla 12.-Coeficiente k1 de corrección de temperatura	47
Tabla 13.-Diámetros de las tuberías.....	51
Tabla 14.-Aislante.....	52
Tabla 15.-Selección del espesor del aislante	53
Tabla 16.-Pérdidas en el circuito de impulsión.....	53
Tabla 17.-Longitud de tuberías en el circuito de impulsión.....	54
Tabla 18.-Logitud de tuberías en el circuito de retorno	54
Tabla 19.-Pérdidas totales en las tuberías del circuito primario	55
Tabla 20.-Pérdidas totales en el circuito primario	56
Tabla 21.-Volumen de fluido en las tuberías.....	59
Tabla 22.-Coeficiente k1 del circuito secundario.....	61
Tabla 23.-Volumen del fluido en las tuberías del circuito secundario	63

PRESUPUESTO

Tabla 30.-PEM: Captadores	134
Tabla 31.-PEM: Acumuladores	135
Tabla 32.-PEM: Aerotermo	136
Tabla 33.-PEM: Bomba del circuito primario	137
Tabla 34.-PEM: Bomba del circuito secundario.....	138
Tabla 35.-PEM: Vaso de expansión del circuito primario	139
Tabla 36.-PEM: Vaso de expansión del circuito secundario.....	140

Tabla 37.-PEM: Tuberías 76.1x1.5mm	141
Tabla 38.-PEM: Tuberías 28x1.5mm.....	142
Tabla 39.-PEM: Tuberías 12x1mm	142
Tabla 40.-PEM: Intercambiador de placas	143
Tabla 41.-Resumen del PEM.....	144
Tabla 42.-Presupuesto total	146

ÍNDICE DE ECUACIONES

MEMORIA

Ecuación 1.-Consumo diario CTE	22
Ecuación 2.-Consumo diario de gas	24
Ecuación 3.-Demandaa térmica	24
Ecuación 4.-Litros diarios de ACS	25
Ecuación 5.-Superficie de captación.....	34
Ecuación 6.-Número de captadores	34
Ecuación 7.-Rendimiento de un captador.....	36
Ecuación 8.-Rendimiento del captador seleccionado	36
Ecuación 9.-Superficie total de captación	41
Ecuación 10.-Potencia del aerotermo	41
Ecuación 11.-Caudal por batería	46
Ecuación 12.-Caudal total	46
Ecuación 13.-Coeficiente k2 de corrección de viscosidad	47
Ecuación 14.-Pérdidas de carga por metro en la tubería principal.....	48
Ecuación 15.-Pérdidas de carga por metro en las tuberías de conexión con las baterías.....	49
Ecuación 16.-Pérdida de carga por metro en las tuberías de interconexión de los captadores ...	49
Ecuación 17.-Pérdidas de carga en el circuito de impulsión	54
Ecuación 18.-Pérdidas de carga en el circuito de retorno	54
Ecuación 19.-Pérdidas en los accesorios	56
Ecuación 20.-Volumen del vaso de expansión	58
Ecuación 21.-Volumen del fluido en los captadores	58
Ecuación 22.-Volumen del fluido en el intercambiador de placas	58
Ecuación 23.-Volumen total	59
Ecuación 24.-Coeficiente de dilatación	59
Ecuación 25.-Coeficientes a y b	60
Ecuación 26.-Coeficiente de presión	60
Ecuación 27.-Volumen contenido en captadoresy tuberías	60
Ecuación 28.-Pérdida de carga por metro de tubería del circuito secundario	61
Ecuación 29.-Pérdidas de carga en los accesorios del circuito secundario	62
Ecuación 30.-Curvas de rendimiento de la bomba MAGNA3 50-180	62
Ecuación 31.-Coeficiente de dilatación del circuito secundario	63
Ecuación 32.-Coeficiente de presión del circuito secundario	63
Ecuación 33.-Volumen del vaso de expansión del circuito secundario	63
Ecuación 34.-Ahorro anual	67
Ecuación 35.-Período de retorno de la inversión inicial	67

MEMORIA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.-OBJETO DEL PROYECTO	9
2.-DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	10
2.1.-DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	11
2.2-OCUPACIÓN	14
2.3.-ENTORNO DEL EDIFICIO.....	15
2.4.-SISTEMA ACTUAL DE ACS.....	16
3.- ENERGÍA SOLAR FOTOTÉRMICA EN ESPAÑA	17
3.1.-EVOLUCIÓN DEL SECTOR	17
3.2.-NORMATIVA APLICABLE	17
3.2.1.-ÁMBITO NACIONAL	17
3.2.2.-ÁMBITO AUTONÓMICO	19
3.2.3.-ÁMBITO MUNICIPAL.....	19
4.-METODOLOGÍA	20
5.-DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE ACS	21
5.1.-DEMANDA ENERGÉTICA	21
5.1.1.- CONSUMO DIARIO DE ACS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL CTE	21
5.1.2-CONSUMO DIARIO DE ACS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LAS FACTURAS	23
5.1.3.-OTRAS CONSIDERACIONES	26
5.1.4.-MÉTODO SELECCIONADO	28
5.2.-CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA	29
5.3.-DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	30
6.-COMPONENTES PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN	32
6.1.-ACUMULADOR.....	32
6.1.1.- ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	32
6.1.2.-ACUMULADOR SELECCIONADO	32
6.2.-CAPTADORES SOLARES	33
6.2.1.-PREDIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.....	34
6.2.2.-SELECCIÓN DE CAPTADORES	35
6.2.3.-INCLINACIÓN Y SEPARACIÓN ENTRE CAPTADORES	37
6.2.4.-SIMULACIÓN EN CHEQ 4	37
6.2.5.- ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	38
6.2.6.- SOLUCIÓN ADOPTADA	39
6.2.7.-DISTRIBUCIÓN DE LOS CAPTADORES.....	41
7.-OTROS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN	43

7.1.-SISTEMA DE INTERCAMBIO DE CALOR	43
7.2.-FLUIDO CALOPORTADOR	43
7.3.-CIRCUITO HIDRÁULICO	45
7.3.1.-MATERIALES	45
7.3.2.-DIMENSIONADO DE TUBERÍAS	45
7.3.3.-AISLAMIENTO.....	52
7.3.4.- PÉRDIDAS DE CARGA EN EL CIRCUITO PRIMARIO	53
7.4.-BOMBAS DE CIRCULACIÓN	56
7.5.-VASO DE EXPANSIÓN	58
7.5.1.- VOLUMEN DEL FLUIDO (V)	58
7.5.2.- COEFICIENTE DE DILATACIÓN (Ce)	59
7.5.3.-COEFICIENTE DE PRESIÓN	60
7.5.4- SELECCIÓN DEL VASO DE EXPANSIÓN	60
7.6.-CIRCUITO SECUNDARIO	61
7.6.1.-PÉRDIDAS DE CARGA	61
7.6.2.-SELECCIÓN DE LA BOMBA	62
7.6.3.-SELECCIÓN DEL VASO DE EXPANSIÓN	62
7.7.-SISTEMA DE APOYO	64
7.8.-SISTEMA DE SEGURIDAD	64
7.9.-COMPONENTES DE CONTROL Y REGULACIÓN	65
7.9.1.-ESTRATEGIA DE REGULACIÓN.....	65
8.-ANÁLISIS ECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL	67
8.1.-ANÁLISIS ECONÓMICO	67
8.2.-ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL	67
9.-CONCLUSIONES.....	69
10.-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXO I: CATÁLOGOS.....	72
ANEXO II.-GRÁFICAS PARA EL DIMENSIONADO DE TUBERÍAS	86

1.-OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del proyecto es el diseño de una instalación de energía solar fototérmica para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en un edificio del sector terciario con gran demanda diaria: el Colegio Mayor Galileo Galilei ubicado en el campus de la Universitat Politècnica de València. Actualmente, el Colegio satisface íntegramente la demanda de ACS mediante una caldera de gas natural, y mediante el presente proyecto se explora la posibilidad de dotar al Colegio con una instalación de energía solar térmica.

Al estar ubicado en el campus de la universidad, cercano a sus zonas verdes y próximo a la playa, recibe una gran cantidad de radiación solar. Además, desde la propia universidad cuyos estudiantes son los principales ocupantes de la residencia, se anima cada vez más al uso de las energías renovables. Por ello, una parte de la motivación de este proyecto es precisamente dar ejemplo de concienciación medioambiental.

2.-DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El Colegio Mayor Galileo Galilei es la residencia universitaria por excelencia en la ciudad de Valencia debido a su proximidad a los campus tanto de la UPV como de la UV, haciendo que cada año cientos de estudiantes elijan este edificio para alojarse durante el curso universitario. Además, también funciona como hotel, pues cualquier persona ajena a la vida universitaria puede alojarse durante estancias cortas. Por último, a menudo se reciben en la residencia grupos numerosos de alumnos de diferentes cursos extraescolares, campamentos de verano en los meses estivales e incluso equipos de deportes.

El edificio se encuentra ubicado en la Avenida de los Naranjos s/n, Valencia. Cuenta con 5 plantas más la terraza, alcanzando una altura total de 20m.

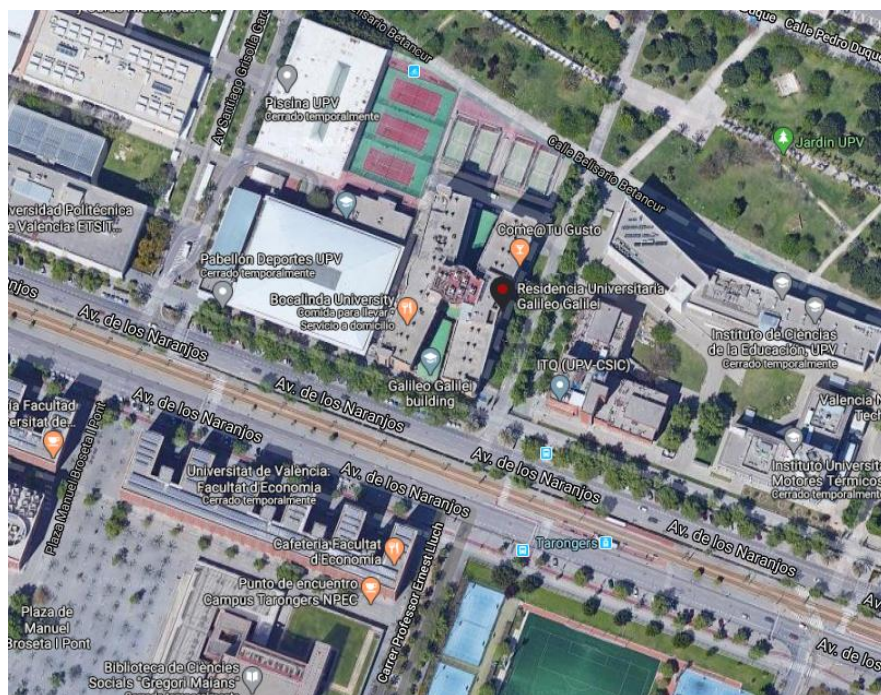


Figura 1.-Ubicación del edificio

Fuente: Google Maps



Figura 2.-Vista del edificio

Fuente: Google Maps

2.1.-DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

El edificio está dividido en dos alas idénticas en cuanto a distribución y funcionalidad. En la primera planta se encuentra la recepción, aulas de estudio, zonas comunes de ocio y el restaurante. En el resto de las plantas se encuentran las habitaciones: individuales (pequeñas y grandes), dobles y triples. Cada una de las habitaciones cuenta con un baño totalmente equipado como se muestra en el siguiente plano de distribución.

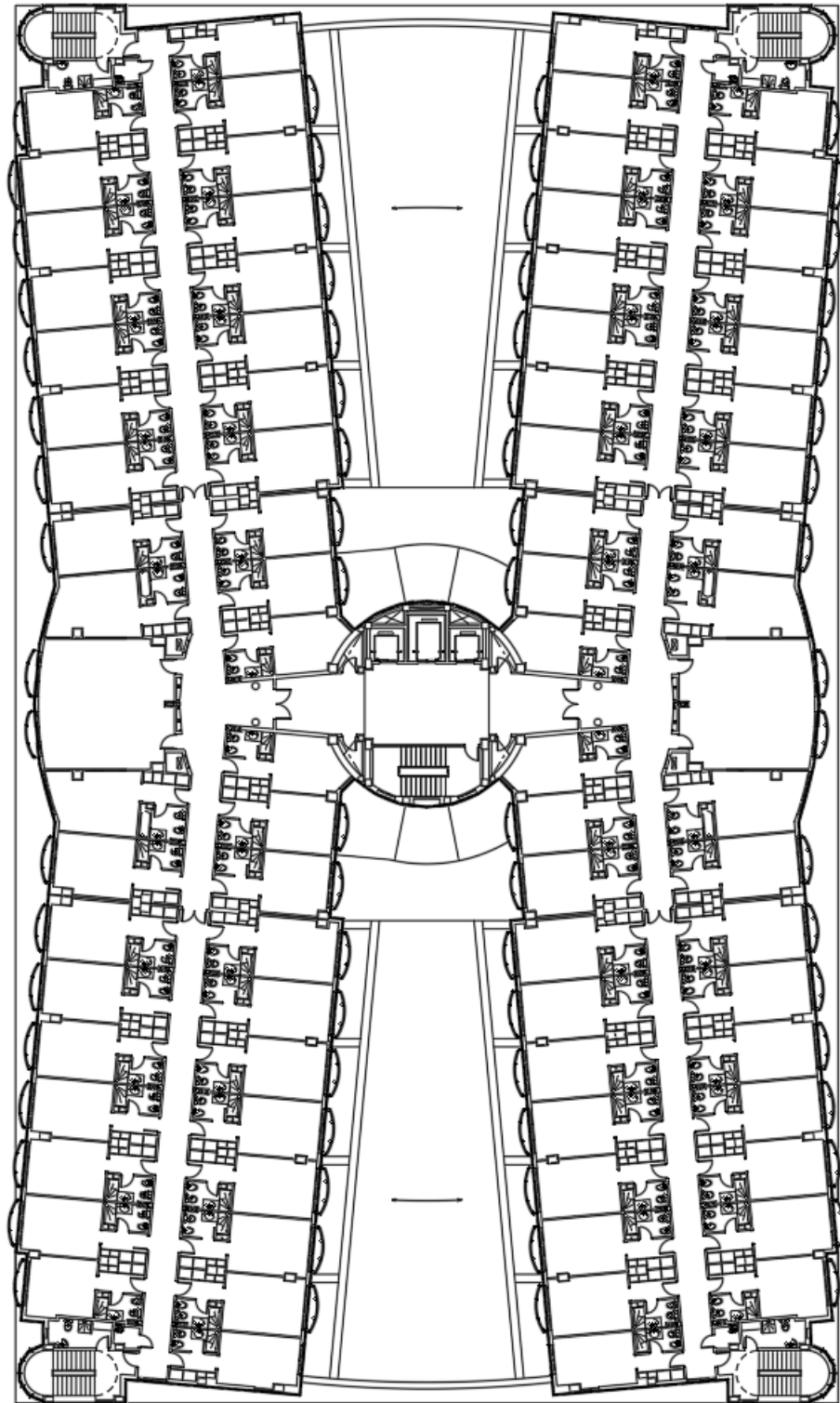


Figura 4.-Distribución de las plantas 2 a 5

En la primera planta además hay un gimnasio, pero únicamente dispone de máquinas para hacer ejercicio, no de duchas por lo tanto no se tendrá en cuenta más adelante en el proyecto

ya que no afecta a la demanda diaria de ACS. También en la primera planta hay una pequeña biblioteca y varias salas de estudio.

Por último, en la última planta se encuentra la zona de lavandería con 3 lavadoras y secadoras a disposición de los huéspedes previo pago. En cuanto a la terraza, actualmente es de uso común y está permitido subir a cualquier persona que se aloje en el edificio, contando con barbacoas y amplias zonas para el ocio.



Figura 5.-Zona de ocio de la terraza

2.2-OCUPACIÓN

Una vez conocidas las características de los huéspedes, es importante conocer la fluctuación estacional en la ocupación del edificio. Para conocer los datos a ciencia cierta, desde la residencia universitaria se ha facilitado los datos de las pernoctaciones mensuales en el año 2019. Al no disponer de datos más concretos como por ejemplo la ocupación semanal o en los fines de semana, para el cálculo de la ocupación diaria se ha tenido en cuenta únicamente la mensual y el número de días de cada mes.

MES	DÍAS	PERNOCTACIONES MES	PERNOCTACIONES DÍA
ENERO	31	20988	677
FEBRERO	28	19190	685
MARZO	31	21335	688
ABRIL	30	20540	685
MAYO	31	20764	670
JUNIO	30	15449	515
JULIO	31	22544	727
AGOSTO	31	19628	633
SEPTIEMBRE	30	19102	637
OCTUBRE	31	21472	693
NOVIEMBRE	30	20621	687
DICIEMBRE	31	20987	677

Tabla 1.-Ocupación diaria

Fuente: Residencia universitaria Galileo Galilei

2.3.-ENTORNO DEL EDIFICIO

Al encontrarse emplazado dentro del campus, los edificios que rodean al colegio mayor son edificios de investigación docencia de ambas universidades, pistas deportivas y un polideportivo. Ninguno de ellos alcanza ni supera su altura, dato a tener en cuenta para el posterior cálculo de sombras que puedan incidir sobre la terraza para determinar la distribución de los captadores solares.



Figura 6.-Entorno del edificio

Fuente: Google Maps

2.4.-SISTEMA ACTUAL DE ACS

Actualmente el sistema de que se dispone para el abastecimiento de ACS es caldera de gas natural modelo Vitromax 100LW modelo M148 de 1.4MW de con un rendimiento del 90%.

Potencia térmica útil	MW	0,65	0,85	1,1	1,4	1,8
Medidas (sin embalaje)						
Longitud	m	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
Anchura	m	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Altura	m	1,65	1,7	1,75	1,8	1,95
Peso para presión de servicio adm.de:						
6 bar	t	1,5	1,8	2,1	2,6	3,2
10 bar	t	1,7	2,0	2,4	3,0	3,8
Volumen de agua de la caldera	m ³	1,1	1,3	1,5	1,8	2,2

Figura 7.-Datos técnicos de la caldera actual

3.- ENERGÍA SOLAR FOTOTÉRMICA EN ESPAÑA

3.1.-EVOLUCIÓN DEL SECTOR

La energía solar para aplicaciones térmicas se basa en el aprovechamiento de la radiación solar por medio de captadores que transmiten la energía a un fluido. Generalmente se usa para instalaciones de agua caliente sanitaria tanto en la vivienda privada como en grandes instalaciones y edificios con gran consumo de ACS pero también puede ser usada para la climatización de piscinas o casos particulares de calefacción y refrigeración.

Muchas zonas de España cuentan con unas condiciones meteorológicas favorables para el aprovechamiento de la radiación solar y es por ello que cada vez es más frecuente encontrar este tipo de instalaciones. A nivel medioambiental los beneficios del uso de una energía renovable son obvios, pero en el plano económico estas instalaciones resultan rentables a medio o largo plazo. Durante algunos años en España el gobierno concedió subvenciones a quienes decidieran instalar energía solar, por lo cual la inversión inicial se vio reducida y el sector registró un importante crecimiento. Pero tras la crisis económica se redujo drásticamente el crecimiento económico del sector solar. A día de hoy no hay subvenciones, pero tampoco impuestos asociados a la instalación de energía solar, siendo una tecnología suficientemente madura como para que la inversión sea de poco riesgo y amortizable durante la vida útil de la instalación. Desde el punto de vista medioambiental, no cabe duda del enorme beneficio que supone calentar el ACS a partir del sol en lugar de utilizar una caldera de gas natural.

3.2.-NORMATIVA APLICABLE

3.2.1.-ÁMBITO NACIONAL

- **Real Decreto 1027/2007**, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), publicado en el «BOE» núm.207, de 29/08/2007.
- **Real Decreto 314/2006**, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, publicado en el «BOE» núm. 74, de 28 de marzo de 2006, páginas 11816 a 11831.

En el RITE se establecen las condiciones administrativas de las instalaciones, indicando que deben cumplir los requisitos técnicos fijados en la sección HE 4 “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria” del Código Técnico de la Edificación (CTE). Además, se recogen aspectos como documentación técnica o mantenimiento e inspecciones.

Por su parte el CTE, cuenta con dos partes: disposiciones generales y documentos básicos. En la sección HE 4 del Documento Básico DB HE “Ahorro de Energía” se especifican qué requisitos técnicos debe cumplir una instalación solar térmica.

El Documento Básico HE Ahorro de Energía es de obligado cumplimiento en edificios de nueva construcción, reformas, edificios con cambio de uso o ampliaciones si la demanda supera los 5000 litros. Dentro de este documento se recogen, entre otras, las siguientes exigencias:

- Consumo medio diario de ACS. A través de tablas para los distintos usos de un edificio se estipulan los litros diarios de ACS por persona.
- Contribución solar anual.
 - Contribución solar mínima. Se proporciona un mapa de España dividido en cinco zonas climáticas en base a la radiación solar media anual que reciben y una vez conocido esto y la demanda del edificio se obtiene la contribución solar mínima que oscila entre el 30% y el 70%.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 2.-Contribución solar mínima

- Contribución solar máxima. Se debe cumplir para cualquier instalación que la contribución solar no supere el 110% en ningún mes y que no haya más de tres meses consecutivos con una contribución superior al 100%, indicando las medidas a tomar en caso de incumplir alguno de estos factores.
- Pérdidas por orientación e inclinación. Se estipula un porcentaje máximo de pérdidas debidas a la variación en la orientación óptima (sur) y la inclinación óptima ($\pm 10^\circ$ la

latitud geográfica). En la siguiente figura se muestra el porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación siendo el acimut (α) el “ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar”.

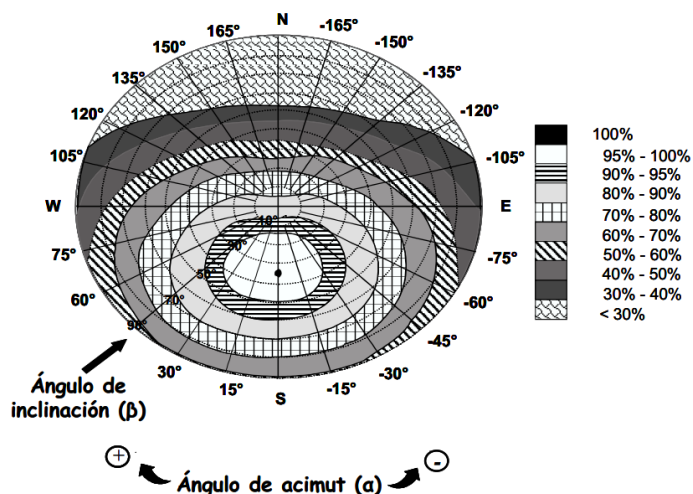


Figura 8.-Pérdidas por inclinación y orientación

3.2.2.-ÁMBITO AUTONÓMICO

En la legislación vigente de la Comunidad Valenciana no se recoge ninguna norma que afecte a este proyecto.

3.2.3.-ÁMBITO MUNICIPAL

- **Ordenanza Municipal de Captación Solar para Usos Térmicos**, publicada en el BOP el 19/03/2005. Determina los casos en que es obligatorio instalar energía solar térmica tanto en edificios como piscinas y otros aspectos como la accesibilidad y protección del paisaje haciendo mención en todo momento al CTE y al RITE.

4.-METODOLOGÍA

La metodología que se va a seguir para el diseño de la instalación solar fototérmica parte de la normativa vigente aplicable y de los datos de ocupación y consumo facilitados por la residencia universitaria. A partir de esto se determinará el consumo diario de ACS con el que se dimensionarán y seleccionarán cada uno de los componentes necesarios para el funcionamiento de la instalación: acumuladores, captadores, bombas, tuberías, etc. Además, se determinará y detallará la conexión entre todos ellos mediante planos y esquemas. Se detallarán los accesorios de la instalación y sistemas de seguridad, control y regulación.

Por último se realizará un análisis económico teniendo en cuenta la inversión inicial a fin de obtener el período de retorno a partir del cual se empieza a obtener beneficios económicos. Además, conociendo el sistema actual de obtención de ACS se podrá determinar mediante un análisis medioambiental la cantidad de gases contaminantes que se ha evitado generar con la energía solar.

5.-DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE ACS

5.1.-DEMANDA ENERGÉTICA

Para el cálculo de la demanda energética se han solicitado al propio Colegio Mayor los datos de sus facturas de gas natural y electricidad con el fin de contrastar la información real de consumo con la que se puede obtener con la aplicación del Código Técnico de la Edificación (CTE) para la producción de ACS. Así pues, este apartado se puede dividir en dos metodologías: datos obtenidos mediante el CTE y datos de las facturas.

5.1.1.- CONSUMO DIARIO DE ACS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL CTE

Conociendo el dato de ocupación diaria se puede obtener los litros diarios de ACS por persona consultando la Tabla c-Anejo F Demanda orientativa de ACS para usos distintos del residencial privado del CTE. En este caso los datos que se van a tener en cuenta son los correspondientes a Residencia (41 l/día) y Restaurante (8 l/día).

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

Tabla 3.-Demanda de ACS para distintos tipos distintos al residencial privado

Fuente: DB HE Ahorro de energía: Tabla c-Anejo F

Multiplicando estas cifras por las pernoctaciones diarias se obtiene el consumo diario de ACS, suponiendo que todos los que se alojan en el edificio hacen uso del restaurante, pues es lo más habitual al ser la pensión completa la tipología de estancia más demandada.

$$\text{Consumo diario} = 41 * \text{pernoctaciones diarias} + 8 * \text{pernoctaciones diarias}$$

Ecuación 1.-Consumo diario CTE

	PERNOCTACIONES DÍA	CONSUMO HABITACIONES (I)	CONSUMO RESTAURANTE (I)	CONSUMO DIARIO (I)
ENERO	677	27758	5416	33175
FEBRERO	685	28100	5483	33583
MARZO	688	28217	5506	33723
ABRIL	685	28071	5477	33549
MAYO	670	27462	5358	32821
JUNIO	515	21114	4120	25233
JULIO	727	29816	5818	35634
AGOSTO	633	25960	5065	31025
SEPTIEMBRE	637	26106	5094	31200
OCTUBRE	693	28398	5541	33940
NOVIEMBRE	687	28182	5499	33681
DICIEMBRE	677	27757	5416	33173
MEDIA ANUAL				32561

Tabla 4.-Consumo diario de ACS según el CTE

Representando los datos gráficamente se observa mejor la evolución anual del consumo, asumiendo que es un valor constante para todos los días de un mes:

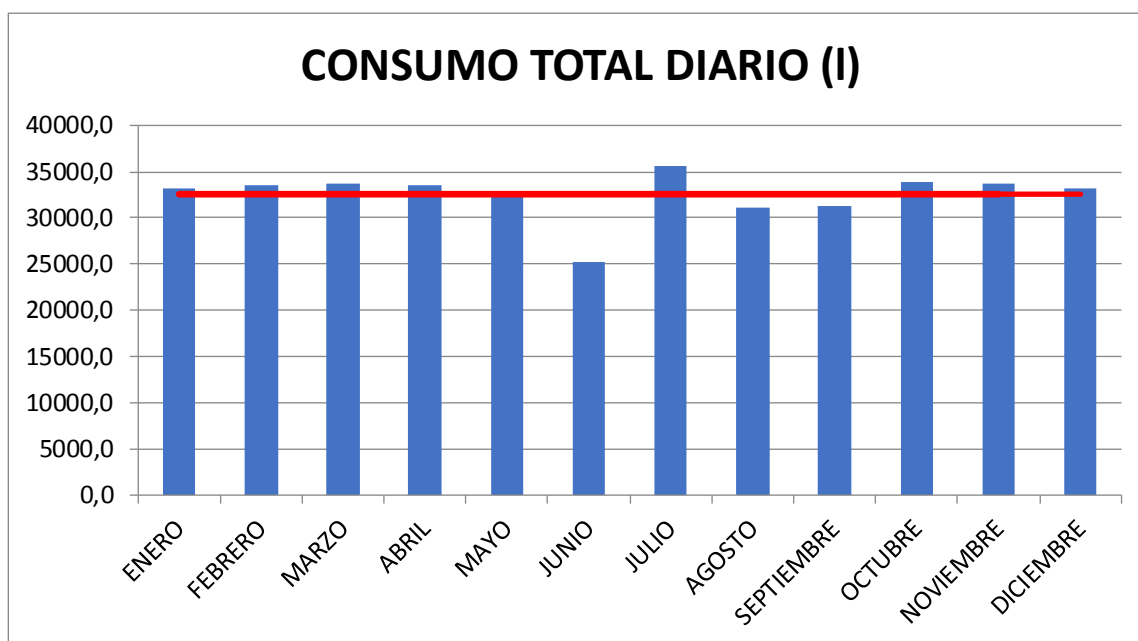


Figura 9.-Consumo total diario de ACS

Como se puede observar, el consumo en los primeros meses del año se mantiene entorno a los mismos valores. No es hasta junio cuando se nota un descenso acusado. Esto está directamente relacionado con el descenso de la ocupación, al ser el mes en que la mayoría de estudiantes abandonan la residencia al acabar el curso. Por el contrario, al mes siguiente, julio, es donde el consumo diario alcanza su pico, debido a un aumento de la ocupación gracias al turismo y los campamentos de verano. A partir de septiembre los datos se estabilizan con el inicio del nuevo curso.

5.1.2-CONSUMO DIARIO DE ACS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LAS FACTURAS

El consumo mensual de gas en el año 2019 fue el siguiente:

MES	CONSUMO DE GAS (kWh)
ENERO	71638
FEBRERO	90263
MARZO	98004
ABRIL	86097
MAYO	90954
JUNIO	70920
JULIO	69876
AGOSTO	59027
SEPTIEMBRE	61755
OCTUBRE	78616
NOVIEMBRE	81698
DICIEMBRE	81698

Tabla 5.-Consumo de gas natural

A partir de estos datos es posible conocer los litros de agua diarios que se han consumido. Una vez más, se asume que el consumo es igual para todos los días de un mes y se considera que todo el gas de la factura se ha consumido en la caldera.

Para obtener los litros diarios se sigue el siguiente procedimiento:

- Obtención del consumo de gas diario

$$\frac{kWh}{\text{día}} = \frac{kWh/mes}{n^{\circ} \text{ días mes}}$$

Ecuación 2.-Consumo diario de gas

- Obtención de la demanda térmica asumiendo un rendimiento de la caldera del 90%.

$$\frac{kWh}{\text{día}} (real) = \frac{kWh}{\text{día}} * 0.9$$

Ecuación 3.-Demanda térmica

- Conversión a kJ de los kWh/día reales
- Temperatura del ACS y del agua fría de red.

La temperatura de servicio (T_c) es igual para todos los meses del año, 60°C.

La temperatura del agua fría de red varía en función del mes y la ciudad en que se ubique la instalación, por lo tanto, es necesario consultar las tablas que estipulan esta variación, concretamente los datos que se muestran a continuación pertenecen a la Tabla 07: Temperaturas del agua de la red (UNE 94.002/95) de la Guía Técnica del Agua Cliente Sanitaria del IDAE para la ciudad de Valencia:

MES	TEMPERATURA AGUA DE RED (°C)
ENERO	10
FEBRERO	11
MARZO	12
ABRIL	13
MAYO	15
JUNIO	17
JULIO	19

AGOSTO	20
SEPTIEMBRE	18
OCTUBRE	16
NOVIEMBRE	13
DICIEMBRE	11

Tabla 6.-Temperatura del agua de red

Fuente: IDAE

- Cálculo de los litros diarios para $c_p=4.19\text{kJ/kg}$ a partir de la expresión:

$$m * c_p * (T_c - T_f) = \frac{kWh}{\text{día}}$$

Ecuación 4.-Litros diarios de ACS

$$m(l/día) = \frac{\frac{kWh}{\text{día}} (kJ)}{c_p \left(\frac{kJ}{kg}\right) * (\Delta T)(^{\circ}C)}$$

Haciendo este procedimiento para cada mes se obtienen los siguientes valores:

MES	LITROS/DÍA
ENERO	35742
FEBRERO	50867
MARZO	50925
ABRIL	47219
MAYO	50425
JUNIO	42520
JULIO	42519
AGOSTO	36816
SEPTIEMBRE	37907
OCTUBRE	44463
NOVIEMBRE	44806
DICIEMBRE	41592
MEDIA ANUAL	43817

Tabla 7.-Consumo diario de ACS según la factura del gas

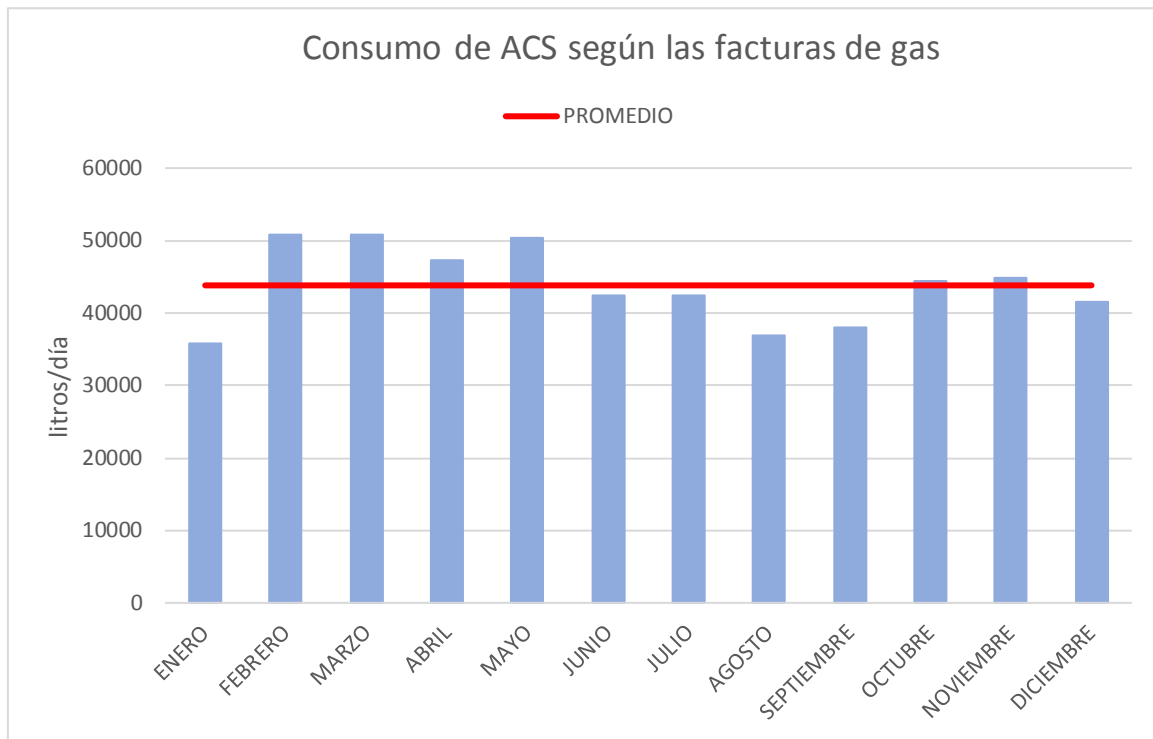


Figura 10.-Consumo de ACS según las facturas de gas

5.1.3.-OTRAS CONSIDERACIONES

5.1.3.1.-GALERÍAS COMERCIALES

El edificio cuenta en su planta baja con unas galerías en las que hay varios restaurantes y cafeterías, una imprenta y una autoescuela. Desde el colegio mayor no saben si el consumo que aparece en las facturas incluye también a estos establecimientos. Del mismo modo que se ha hecho anteriormente con las habitaciones y el restaurante principal, se ha estimado el consumo aplicando el CTE para ver en qué medida pueden variar los datos, variando la ocupación de estos locales según la autora del presente TFG como residente de la propia residencia y estudiante del campus. El resultado ha sido que en comparación con la residencia en sí, el consumo de las galerías no supone una gran variación en el total, por lo que, ante la duda, finalmente se ha optado por no tenerlas en cuenta para el diseño de la instalación. Si en la realidad la demanda fuera superior, la fracción solar sería inferior a la estimada pero en todo caso se evitarían problemas derivados de sobrecalentamientos en los captadores.

A continuación se muestra una comparativa entre el consumo obtenido para la residencia y para el caso del edificio entero, incluyendo las galerías.

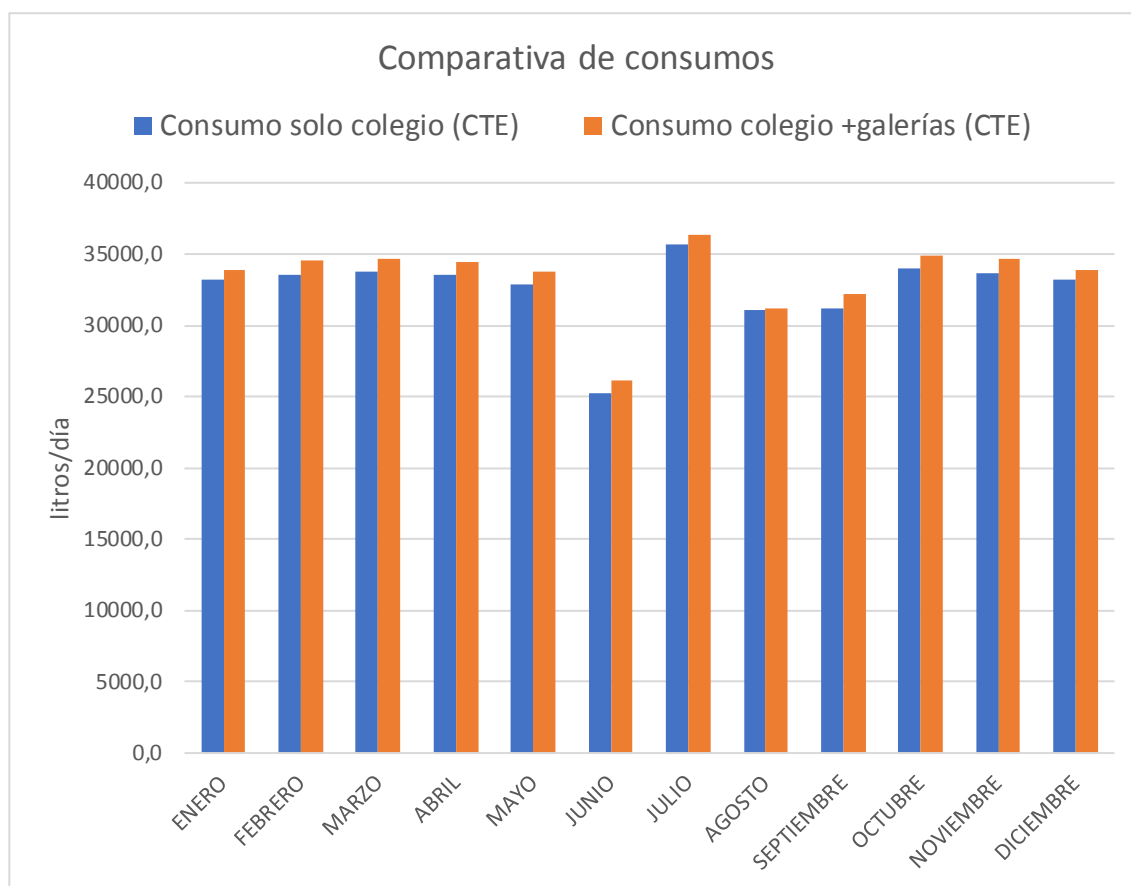


Figura 11.-Comparativa de consumos con y sin galerías

5.1.3.2.-FACTURAS ELÉCTRICAS

Se tienen los siguientes datos de consumo eléctrico de 2019:

CONSUMO ELÉCTRICO (KWh)	
ENERO	224326
FEBRERO	199919
MARZO	202018
ABRIL	184253
MAYO	204474
JUNIO	219699
JULIO	299414
AGOSTO	249444
SEPTIEMBRE	231671
OCTUBRE	219921
NOVIEMBRE	196526
DICIEMBRE	186818

Tabla 8.-Consumo eléctrico

Tras analizar el funcionamiento actual de la instalación para obtener ACS, se ha determinado que las facturas eléctricas no ofrecen ningún dato que pueda colaborar con la realización del proyecto, por lo tanto, no se las va a tener en cuenta de ahora en adelante. El consumo

eléctrico del edificio es principalmente, luz como tal y aire acondicionado o calefacción dependiendo del mes del año ya que en cada una de las habitaciones hay rejillas de ventilación.

5.1.4.-MÉTODO SELECCIONADO

Tras obtener el consumo por dos métodos diferentes es necesario realizar una comparativa entre ambos para seleccionar el más adecuado:

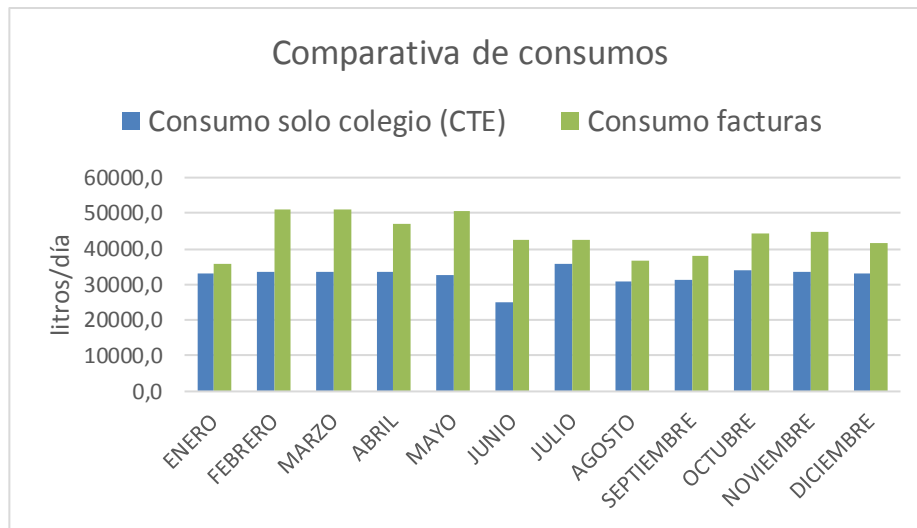


Figura 12.-Comparativa entre CTE y las facturas

Como se puede ver, el consumo de las facturas es significativamente superior en todos los meses, lo que hace pensar que lo que reflejan las facturas no es solo el gasto en ACS sino que también se está usando gas con otros fines, como por ejemplo en la cocina del restaurante o en otras zonas del edificio donde pueda haber calefacción con radiadores.

Uno de los grandes problemas a la hora de diseñar instalaciones de energía solar fototérmica es el sobredimensionado. Si se toma como consumo el más elevado se puede dar la posibilidad de que una vez llevado a cabo el proyecto se produzca un sobrecalentamiento en los captadores, por lo que es preferible dimensionar la instalación en este caso con los datos que se han obtenido de la estimación de consumo según el CTE.

En conclusión, estos son los litros diarios que se toman para el dimensionado de la instalación y su aproximación mayorada para la selección de los acumuladores. Si bien es posible que en algún mes concreto la demanda pueda ser algo mayor, y cercana a los 40,000 litros diarios, es preferible no sobredimensionar los captadores y también así trabajarán con el mejor rendimiento posible.

MES	l/día	l/día (aproximación)
ENERO	33174,6	34000
FEBRERO	33582,5	34000
MARZO	33723,1	34000
ABRIL	33548,7	34000
MAYO	32820,5	33000
JUNIO	25233,4	26000
JULIO	35634,1	36000
AGOSTO	31024,9	32000
SEPTIEMBRE	31199,9	32000
OCTUBRE	33939,6	35000
NOVIEMBRE	33681,0	35000
DICIEMBRE	33173,0	34000

Tabla 9.-Litros diarios definitivos

5.2.-CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

En la Sección HE 4 del Documento Básico HE Ahorro de Energía (DBHE) se define la contribución solar mínima como “la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales.”

Esto depende del territorio en que se encuentre la instalación, pues en España existen cinco zona climáticas diferentes y es necesario conocerla para poder entrar en las tablas de contribución solar mínima.

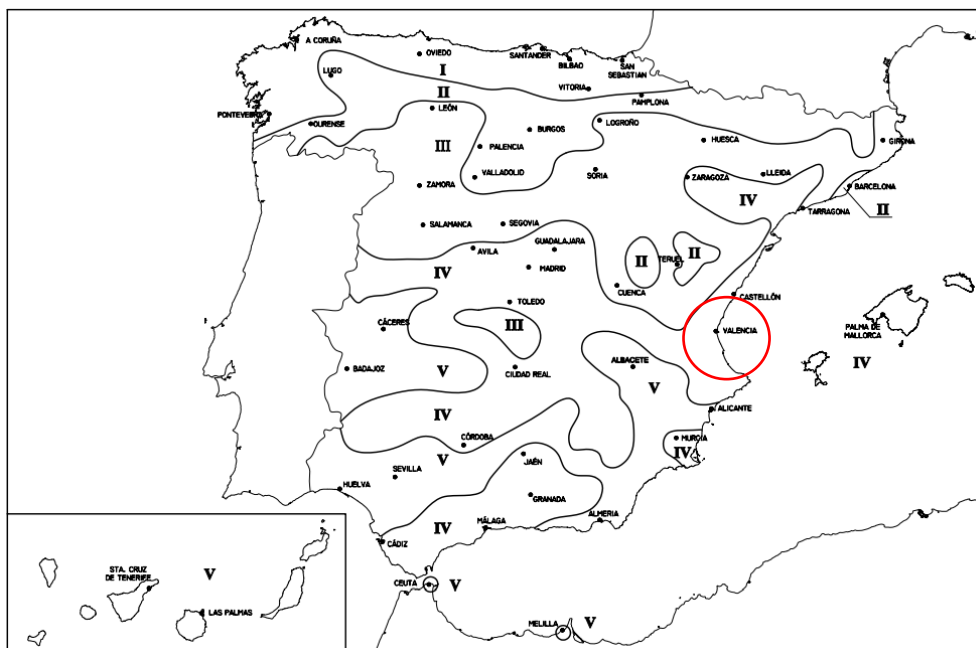


Figura 13.-Zonas climáticas

Fuente: DB HE4

Valencia se encuentra en la zona IV. Conocido esto y la demanda del edificio, de 36000l/día se obtiene que la contribución solar mínima ha de ser del 70%.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 10.-Contribución solar mínima

Fuente: DB HE4

5.3.-DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Se trata de una instalación de consumo múltiple con sistema solar térmico para la producción de ACS con acumulación solar centralizada, intercambiador de calor externo, acumulación de apoyo centralizada y conexión directa al circuito de distribución. Al tener un elevado consumo se contará con varios acumuladores de gran capacidad situados en la azotea del edificio, al igual que los captadores solares.

Para maximizar la eficiencia de la instalación se emplazarán en la zona de la terraza donde menor sombra pueda haber y la conexión será preferiblemente en paralelo para evitar las pérdidas térmicas lo máximo posible.

Además, se va a intentar diseñar el campo de captadores de forma que sea lo más compacto posible, reduciendo así el gasto en tuberías y también el consumo de las bombas de circulación del circuito primario.

La instalación consta de un circuito primario formado por el campo de captadores, un intercambiador de calor y demás elementos que se seleccionarán en los siguientes apartados, un circuito secundario encargado de suministrar agua potable directamente a la cocina del restaurante y un circuito intermedio en el que se encuentran los acumuladores.

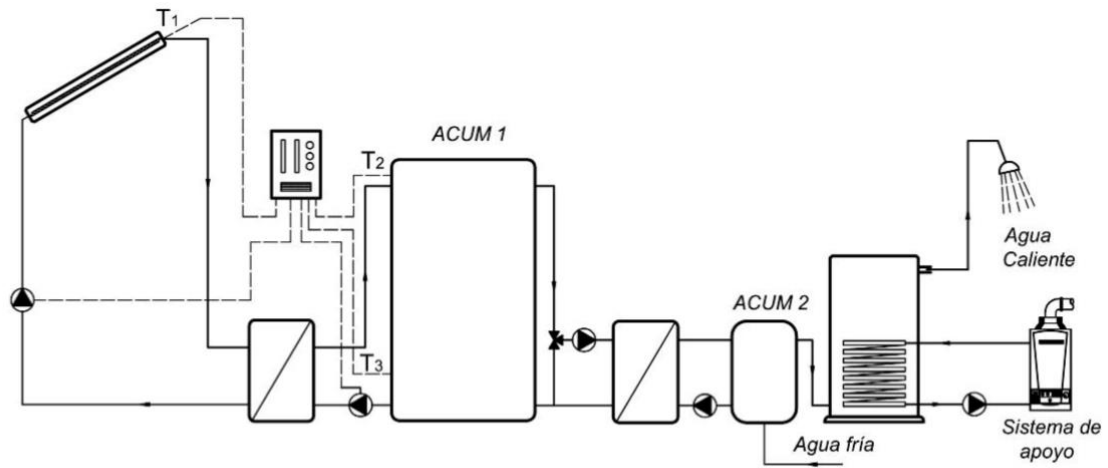


Figura 14.-Esquema de la instalación

Al producirse la acumulación en un circuito cerrado no existen problemas de legionela y pueden circular tres fluidos diferentes por la instalación (agua, agua potable y agua más anticongelante).

En los siguientes apartados se detalla la selección de los diferentes componentes de la instalación, así como sus características.

6.-COMPONENTES PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN

6.1.-ACUMULADOR

Los depósitos acumuladores sirven para almacenar el agua caliente para después distribuirla por la red. Suelen estar hechos de acero inoxidable o acero revestido. Además, cuentan con capas de aislante para disminuir el intercambio de calor entre las paredes y el exterior.

6.1.1.- ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Los acumuladores convencionales tienen una capacidad limitada, pues generalmente son de 6000 litros como máximo. Para una instalación de las dimensiones requeridas en este proyecto serían necesarios un total de seis acumuladores para llegar a los 36000 litros diarios que se necesitan. La ventaja de esta opción es que hay una mayor libertad a la hora de distribuir el peso sobre la estructura, pero desde el punto de vista económico no habría ninguna ventaja.

Por otro lado, existen acumuladores de tamaño industrial, superiores a 7000 litros de capacidad, ideales para instalaciones con gran demanda, aplicaciones industriales u otras aplicaciones especiales. Los de mayor tamaño que se pueden ajustar a las necesidades de esta instalación son los de 12.000 litros, con lo cual para esta opción solo serían necesarias tres unidades. Cuanto menor número de acumuladores sea necesario adquirir, más barato será el coste total, con lo cual esto supone un gran aliciente.

6.1.2.-ACUMULADOR SELECCIONADO

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente y consultando con diferentes catálogos, se ha seleccionado finalmente el modelo de acumulador MXV-12000-RB del fabricante Lapesa cuyas características principales se muestran a continuación:

- Capacidad: 7.000 a 12.000 litros.
- Material: acero inoxidable AISI 304 L o AISI 316 L.
- Presión de trabajo: 8 bar (opcional 10, 12 bar).
- Temperatura máxima de trabajo: 90°C.

- Boca de hombre lateral DN400
- Tratamiento interno: decapado y pasivado químicos.
- Instalación: vertical (opcional horizontal).

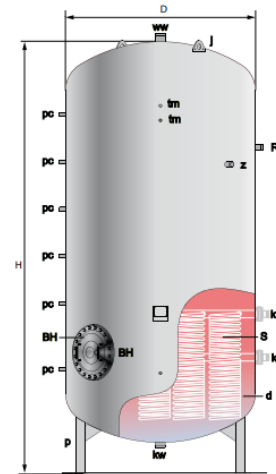


Figura 15.-Acumulador

Si la instalación lo precisara sería posible instalar un sistema de serpentines desmontables, un equipo de protección catódica, resistencias eléctricas o diferentes tipos de aislamiento térmico, todo ello fuera del precio de catálogo del acumulador.

6.2.-CAPTADORES SOLARES

Los captadores solares son la parte más importante de la instalación. Por su interior circula el agua que se calentará por la acción del sol y para ello estos elementos basan su funcionamiento en el efecto invernadero, pues la radiación solar incide sobre ellos y se queda "atrapada" en su interior rebotando gracias a su cubierta, que reduce las pérdidas por convección con respecto a los captadores que carecen de ella y asegura la estanqueidad del colector junto con la carcasa y las juntas.

Una vez esta radiación está dentro del captador, es el absorbedor el componente que se encarga de transformarla en energía térmica y transmitirla posteriormente al fluido de trabajo. Además, también disponen de aislantes para evitar las pérdidas térmicas, pueden ser materiales como la lana de vidrio, el poliestireno o la espuma de poliuretano.

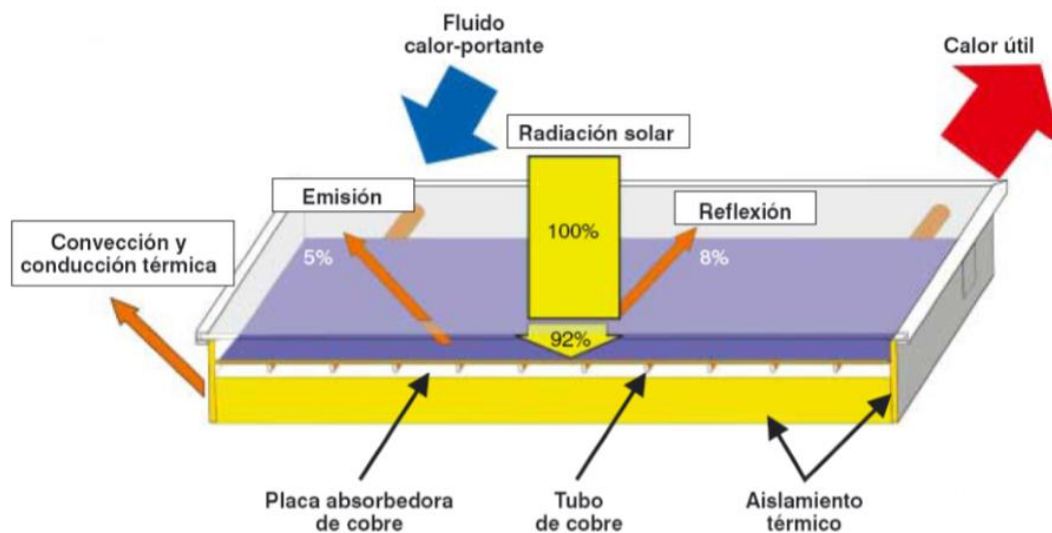


Figura 16.-Esquema de flujos de energía en el captador solar

6.2.1.-PREDIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

Antes de seleccionar un captador en concreto es útil realizar una serie de cálculos previos con datos de un captador genérico para saber el área de captadores necesaria y comprobar si es posible distribuir ese número de captadores en el espacio de que se dispone.

- Asumiendo que el caudal que circula por un captador es de un caudal de 70 l/m² y sabiendo que esta instalación trabaja con 36.000 litros se determina la superficie total de captación (S):

$$S = \frac{36000}{70} = 514.3 \text{ m}^2$$

Ecuación 5.-Superficie de captación

- Una vez conocida el área total, se toma como área del captador 2.3 m², área que variará en la selección definitiva del modelo. Con esto se conoce el número de captadores.

$$n^{\circ} \text{ captadores} = \frac{514.3}{2.3} = 224 \text{ captadores}$$

Ecuación 6.-Número de captadores

El número obtenido es un valor orientativo a partir del cual se puede comenzar a estimar el número real con la ayuda del programa Cheq 4 y la selección definitiva de un modelo de captador.

A partir de los planos facilitados por la residencia universitaria se que adjuntarán más adelante en el apartado de planos se ha podido determinar la superficie total útil de la terraza, que es de 2600 m², con lo cual la instalación es viable desde el punto de vista del espacio disponible.

6.2.2.-SELECCIÓN DE CAPTADORES

Tras consultar los catálogos de varios fabricantes y teniendo en cuenta que estén en vigencia para poder simular la instalación con Cheq4, finalmente se ha seleccionado el modelo FKC-2 S del fabricante Junkers, pues presenta una buena relación calidad-precio. Sus características técnicas se detallan a continuación.

MODELO	FKC-2 S
Montaje	Vertical
Dimensiones (mm)	1.175x2.017x87
Área total (m ²)	2,37
Área de apertura (m ²)	2,25
Área del absorbedor (m ²)	2,18
Volumen del absorbedor (l)	0,94
Peso en vacío (kg)	40
Presión trabajo máx. (bar)	6
Caudal nominal (l/h)	50
Material de la caja	Fibra de vidrio
Aislamiento	Lana mineral, de 55 mm. de espesor
Absorbedor	Altamente selectivo
Recubrimiento absorbedor	PVD
Circuito hidráulico	Parrilla de tubos
Curva de rendimiento instantáneo según EN 12975-2 (basada en el área de apertura)	
Factor de eficiencia η_0	0,77
Coef. pérdidas línea (W/m ² K)	3,216
Coef. pérdidas secundaria (W/m ² K)	0,015

Figura 17.-Datos técnicos del captador

A partir de los datos anteriores se puede obtener la curva de rendimiento del captador usando el factor de eficiencia (η_0), el coeficiente de pérdidas lineal (k_1) y el coeficiente de pérdidas secundario (k_2).

$$\eta = \eta_0 - k_1 \frac{(t_m - t_a)}{G} - k_2 \frac{(t_m - t_a)^2}{G}$$

Ecuación 7.-Rendimiento de un captador

Siendo t_m la temperatura media del fluido calculada como la media entre la temperatura de entrada y la de salida y t_a la temperatura ambiente, se estima que el término $(t_m - t_a)$ varía de 0 a 200°C. Por lo tanto, la ecuación para este modelo de captador queda tal que así:

$$\eta = 0.77 - 3.216 \frac{(t_m - t_a)}{G} - 0.015 \frac{(t_m - t_a)^2}{G}$$

Ecuación 8.-Rendimiento del captador seleccionado

Para distintos valores de irradiancia (G), las curvas de rendimiento son las siguientes:

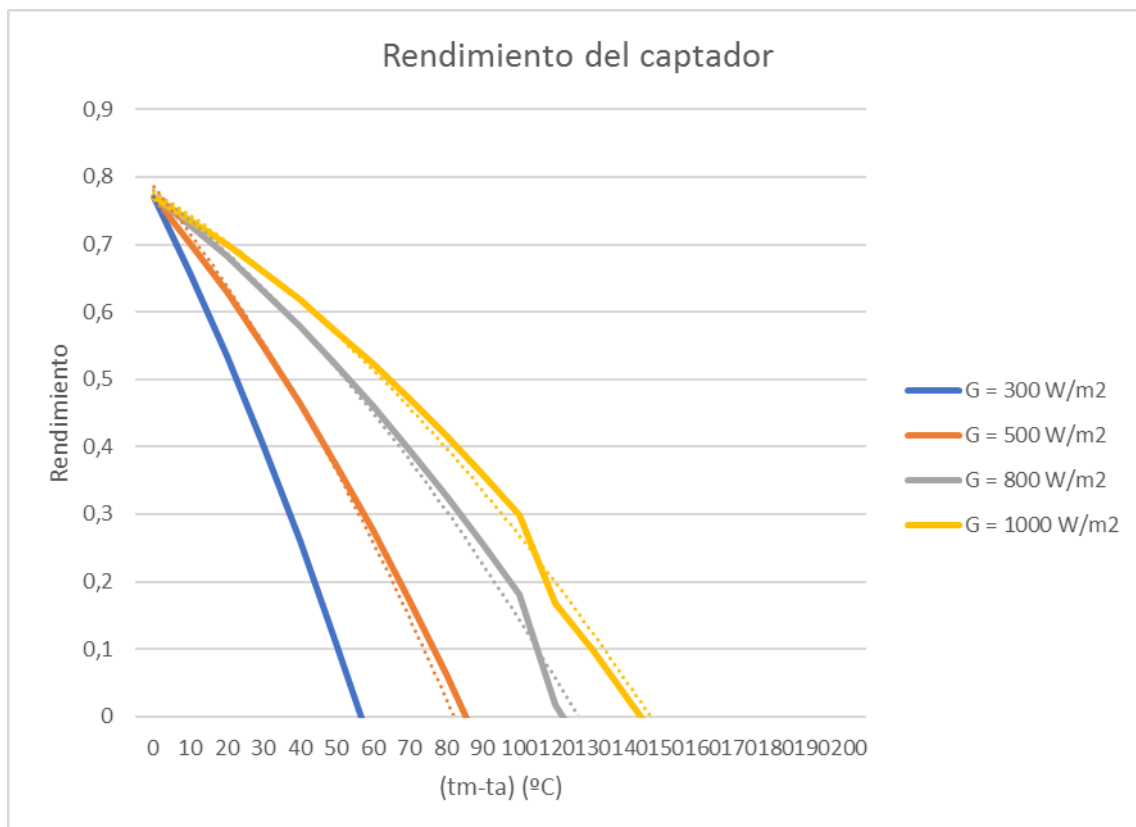


Figura 18.-Curvas de rendimiento del captador

6.2.3.-INCLINACIÓN Y SEPARACIÓN ENTRE CAPTADORES

La orientación de los captadores para que capten la mayor luz solar posible es hacia el sur y lo ideal sería que estuvieran inclinados tantos grados como la latitud del lugar de la instalación. La latitud de Valencia es de unos 40º, por lo cual se instalarán con una inclinación de 45º.

En cuanto a la separación entre filas de captadores, es necesario conocer las dimensiones de los captadores y la inclinación para evitar que unos captadores proyecten sombra sobre otros, disminuyendo el rendimiento de la instalación. Para ello se tiene en cuenta la siguiente relación trigonométrica:

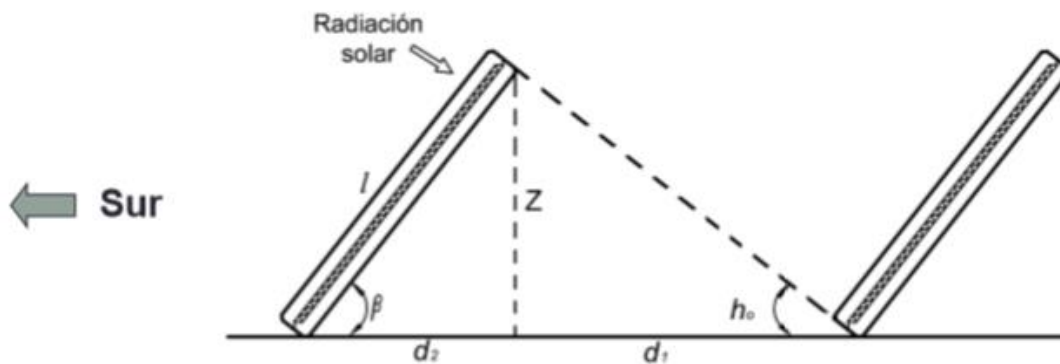


Figura 19.-Distancia entre baterías

Con $h_0 = 90^\circ - \text{latitud} - 23.5 = 27^\circ$, siendo 23.5°

$$d = d_1 + d_2 = \frac{Z}{\tan h_0} + \frac{Z}{\tan \beta} = l \frac{\text{sen} \beta}{\tan h_0} + l \frac{\text{sen} \beta}{\tan \beta}$$

$$d = 2.017 \frac{\text{sen} 45^\circ}{\tan 27^\circ} + 2.017 \frac{\text{sen} 45^\circ}{\tan 45^\circ} = 4.22m$$

6.2.4.-SIMULACIÓN INICIAL EN CHEQ 4

Para verificar que la instalación cumple con la normativa y ajustar el número de captadores para cumplir con la contribución solar mínima se introducen los datos de demanda, modelo y número de captadores establecidos en el predimensionado.

La solución a la que se llega es que es necesario instalar 151 captadores con una inclinación de 45º para llegar al 70% de contribución solar. Aun así, se incumple la normativa de no

sobrepasar el 100% de fracción solar durante más de 3 meses consecutivos, por lo tanto, esta opción no es viable.

Tabla de resultados					
Fracción Solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aporte solar (kWh)	Cons. auxiliar (kWh)	Reducción CO2 (kg)
70	621.720	626.408	436.647	203.045	94.255

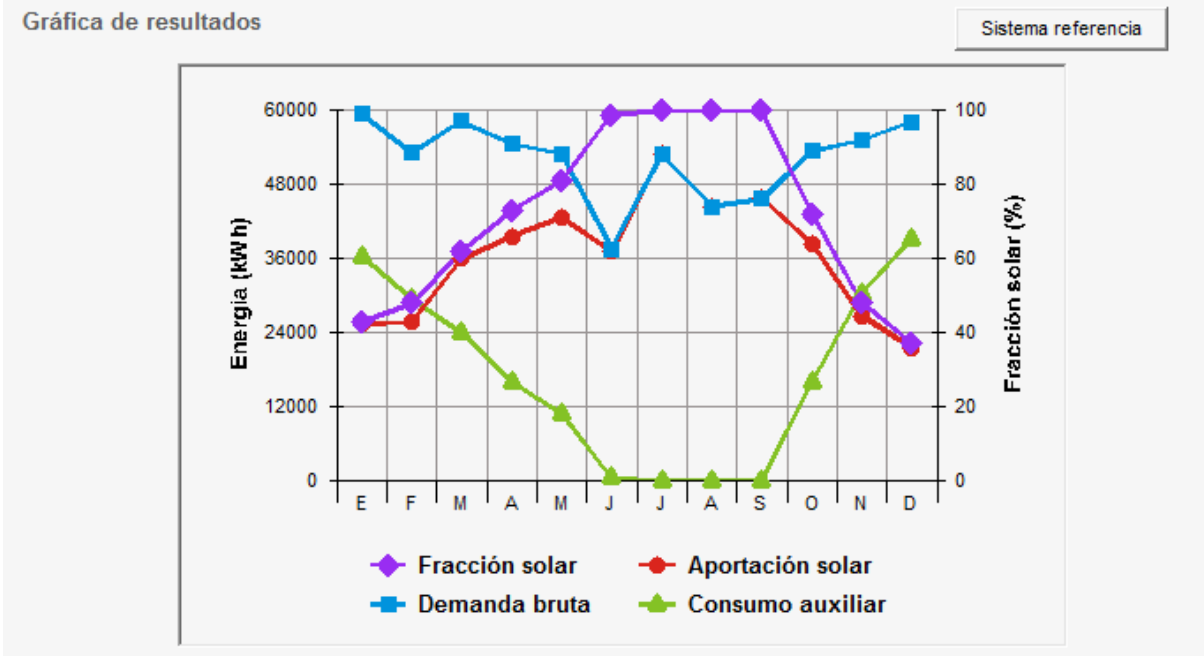


Figura 20.-Simulación inicial en Cheq4

6.2.5.- ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Puesto a que este diseño no se ajusta al Apartado 2.2.2.1 del HE4, es necesario plantear una serie de cambios para garantizar su cumplimiento.

La primera opción sería tapar parcialmente el campo de captadores durante los meses con mayor fracción solar mediante la colocación de lonas que aíslen los paneles de la radiación solar, para lo cual sería necesario un operario de mantenimiento.

Por otro lado, lo que sugiere la norma es dotar a la instalación de mecanismos para disipar el calor durante estos meses con el fin de evitar el sobrecalentamiento de los captadores.

Otras opciones serían el vaciado parcial del campo de captadores o el desvío del excedente de energía a otras aplicaciones existentes en el edificio, aunque esta última opción no es viable en este caso.

6.2.6.- SOLUCIÓN ADOPTADA

Con el fin de disminuir la radiación incidente en verano, pues es ahí donde radica el problema del diseño inicial, y maximizarla en invierno que es donde la fracción solar es más baja, se ha decidido modificar la inclinación de los captadores, aumentándola hasta los 55°. Este cambio hace que la energía disponible sea menor, pues se recibe menos radiación, por lo tanto, es necesario aumentar el número de captadores a 158 para cumplir con la demanda exigida. Al variar la inclinación también varía la distancia entre filas de captadores que se recalcula según la fórmula vista en el apartado anterior:

$$d = 2.017 \frac{\text{sen}55^\circ}{\text{tan}27^\circ} + 2.017 \frac{\text{sen}55^\circ}{\text{tan}55^\circ} = 4.4 \text{ m}$$

Este cambio evita que se superen los 3 meses consecutivos de fracción solar superior al 100%.

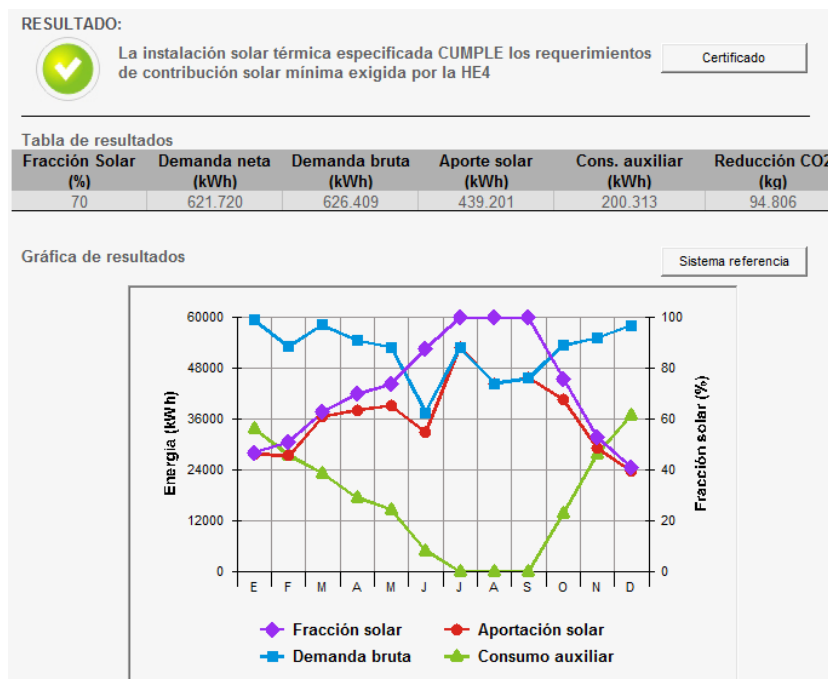


Figura 21.-Simulación con inclinación de 55°

A la hora de distribuir los captadores, la norma recomienda que se coloquen en baterías de igual número de unidades. Al ser 158 este diseño se dificulta por lo que finalmente se usarán 160 captadores. Este cambio no varía los datos de forma significativa en cuanto a fracción solar:

RESULTADO:

La instalación solar térmica especificada CUMPLE los requerimientos de contribución solar mínima exigida por la HE4

Certificado

Tabla de resultados

Fracción Solar (%)	Demanda neta (kWh)	Demanda bruta (kWh)	Aporte solar (kWh)	Cons. auxiliar (kWh)	Reducción CO2 (kg)
71	621.720	626.409	443.797	195.394	95.798

Gráfica de resultados

Sistema referencia

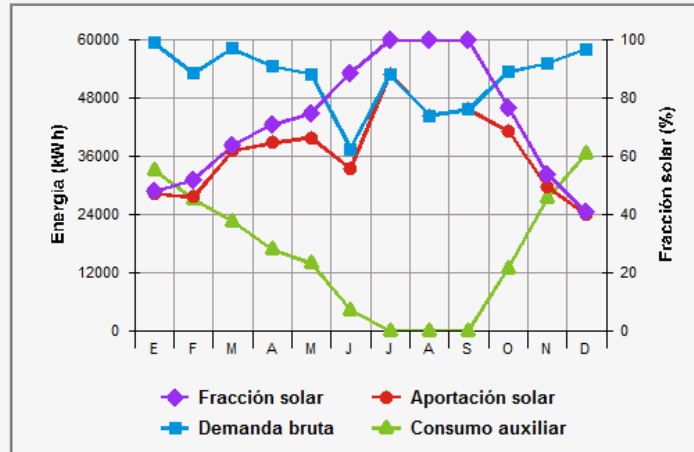


Figura 22.-Simulación final con 160 captadores inclinados 55°

Observando los datos obtenidos se aprecia que para los meses de julio, agosto y septiembre la situación, aunque está dentro de lo que recoge la normativa, es delicada. Superar el 100% de fracción solar implica que un descenso significativo en la ocupación de esos meses podría llevar a la instalación al sobrecalentamiento.

Por ejemplo, tras la situación de excepción vivida por la pandemia mundial del coronavirus, que afecta directamente al turismo y al sector hotelero, es fácil pensar que la ocupación bajará de forma significativa y si esta situación hubiera ocurrido una vez acabada la instalación de energía solar fototérmica ante los datos arrojados por el programa Cheq4, lo más probable es que existiera sobrecalentamiento en el campo de captadores.

Para evitar que esto ocurra, pues tendría consecuencias negativas en el funcionamiento de la instalación, lo más adecuado es incluir un aerotermo, es decir, un intercambiador de calor agua-aire, en la instalación con el objetivo de disipar el excedente de calor en los meses que se requiera de forma automática sin que tenga que intervenir ningún operario y garantizando el buen funcionamiento de la instalación. Este elemento va instalado en la terraza, justo donde se unta las tuberías de todos los captadores.

Cabe recalcar que este dispositivo no es necesario de cara al cumplimiento de la normativa, pero sí sería muy útil para mejorar el funcionamiento de la instalación y maximizar su vida útil.

Para seleccionarlo es preciso conocer su potencia a partir del área total de captación y el rendimiento óptico de los captadores.

$$S_{TOTAL} = n^{\circ} \text{ captadores} * \text{Área captador} = 158 * 2.25 = 355.5 \text{ m}^2$$

Ecuación 9.-Superficie total de captación

El rendimiento óptico del captador es de 0.794 de acuerdo con su ficha técnica.

$$P(W) = 1000 * 355.5 * 0.794 = 282267W \rightarrow 282.2 \text{ kW}$$

Ecuación 10.-Potencia del aerotermo

Teniendo en cuenta este dato se ha seleccionado el aerotermo modelo DGS504 B/48 del fabricante LUMELCO con 288 kW de potencia y cuyas características principales se muestran a continuación:

Modelos y precios							
	Potencia disipada (kW)	Modelo	Caudal m ³ /h	PC (Kpa)	Vent x Pot	Dim (mm)	P.V.R.
Monofásico o Trifásico	8	DGS401 A/4	0,6	5,3	1 x 285	780 x 555 x 362	1.145 €
	16	DGS401 A/4	1,2	17,9	1 x 285	780 x 555 x 362	1.145 €
	24	DGS401 A/4	1,7	28,6	1 x 285	780 x 555 x 362	1.145 €
	32	DGS401 B/8	2,3	15,4	1 x 285	780 x 555 x 362	1.255 €
	40	DGS402 A/11	2,9	9	2 x 285	1380 x 555 x 362	1.760 €
	48	DGS402 A/11	3,5	13,8	2 x 285	1380 x 555 x 362	1.760 €
Trifásico	56	DGS501 A/11	4	17,9	1 x 780	1105 x 828 x 428	2.060 €
	64	DGS501 B/14	4,6	16,5	1 x 780	1105 x 828 x 428	2.300 €
	72	DGS501 B/14	5,2	21,6	1 x 780	1105 x 828 x 428	2.300 €
	80	DGS501 C/16	5,8	24,1	1 x 780	1105 x 828 x 428	2.510 €
	96	DGS502 A/20	6,9	15,1	2 x 780	2005 x 828 x 428	2.940 €
	112	DGS502 A/20	8,1	20,3	2 x 780	2005 x 828 x 428	2.940 €
	120	DGS502 A/20	8,7	22,9	2 x 780	2005 x 828 x 428	2.940 €
	144	DGS502 B/24	10,4	28,9	2 x 780	2005 x 828 x 428	3.490 €
	160	DGS502 C/32	11,6	21	2 x 780	2005 x 828 x 428	4.020 €
	184	DGS503 A/28	13,3	27,5	3 x 780	2905 x 828 x 428	4.770 €
	200	DGS503 B/34	14,5	28,2	3 x 780	2905 x 828 x 428	5.300 €
	224	DGS503 B/40	16,2	21,8	3 x 780	2905 x 828 x 428	5.300 €
	240	DGS503 C/44	17,4	25,4	3 x 780	2905 x 828 x 428	5.840 €
	264	DGS503 C/64	19,1	10,5	3 x 780	2905 x 828 x 428	5.840 €
	288	DGS504 B/48	20,8	26,8	4 x 780	3805 x 828 x 428	6.960 €
	320	DGS504 C/64	23,1	19,4	4 x 780	3805 x 828 x 428	7.755 €

Figura 23.-Selección del aerotermo

6.2.7.-DISTRIBUCIÓN DE LOS CAPTADORES

Los captadores se distribuirán en la cubierta del edificio en 16 baterías de 10 unidades conectadas en paralelo con retorno invertido, que asegura que las pérdidas sean iguales en

todas las baterías, dándose así el equilibrio hidráulico como se muestra en el siguiente esquema:

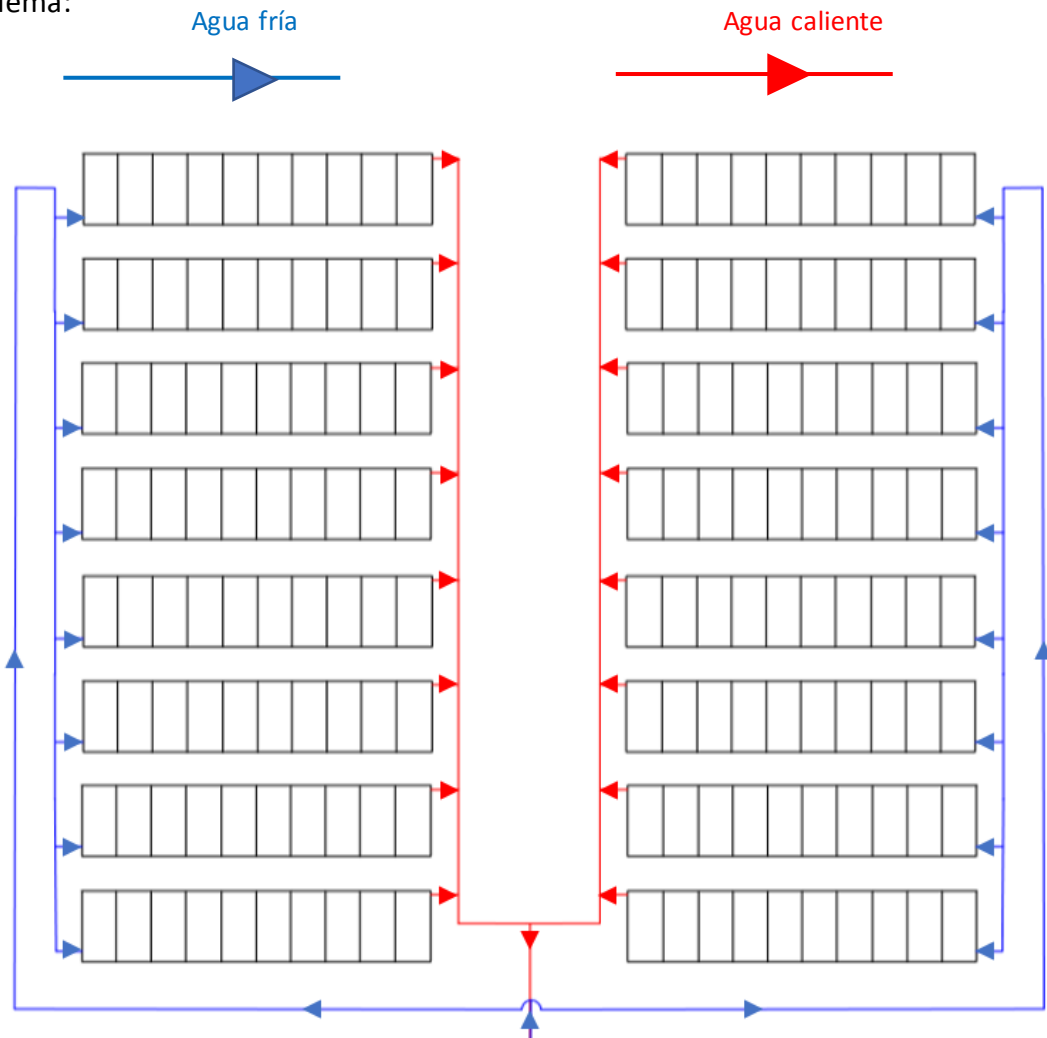


Figura 24.-Distribución de los captadores

7.-OTROS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

7.1.-SISTEMA DE INTERCAMBIO DE CALOR

Según estipula la normativa, la potencia de intercambio no puede ser menos a 500W, siendo recomendable que tenga un valor de entre 600W a 650W. Para la superficie de captación de la instalación, 360 m², la potencia de intercambio ha de ser:

$$P = 650 * 360 = 234000 W \rightarrow 234 kW$$

Consultando el catálogo de intercambiadores de placas del fabricante Aldingas se ha seleccionado el modelo ALDIN H3/35 con una potencia de 324 kW, valor superior al necesario pero condicionado por el elevado caudal del circuito primario.

Modelos	Nº placas	Potencia (kW)	Primario 80 – 65°C		Secundario 10 – 60°C		P.V.P. AISI 316 L Espesor 0,5mm	P.V.P. AISI 316 L Espesor 0,4mm
			Caudal (m³/h)	Pérdida de carga (mca)	Caudal (m³/h)	Pérdida de carga (mca)		
Aldin H3/7	7	18	1,03	0,26	0,31	0,03	939 €	925 €
Aldin H3/9	9	64	3,67	1,87	1,10	0,21	988 €	970 €
Aldin H3/11	11	92	5,27	2,25	1,58	0,28	1.038 €	1.016 €
Aldin H3/13	13	122	6,99	2,61	2,10	0,34	1.088 €	1.062 €
Aldin H3/15	15	152	8,71	2,95	2,61	0,38	1.138 €	1.108 €
Aldin H3/17	17	173	9,92	2,98	2,98	0,38	1.188 €	1.154 €
Aldin H3/19	19	192	11,01	2,99	3,30	0,37	1.237 €	1.199 €
Aldin H3/21	21	209	11,98	2,99	3,59	0,36	1.287 €	1.245 €
Aldin H3/23	23	225	12,90	2,98	3,87	0,35	1.337 €	1.291 €
Aldin H3/25	25	241	13,81	2,98	4,14	0,33	1.387 €	1.337 €
Aldin H3/27	27	257	14,73	2,98	4,42	0,33	1.436 €	1.383 €
Aldin H3/29	29	273	15,65	2,98	4,69	0,32	1.486 €	1.429 €
Aldin H3/31	31	290	16,62	2,99	4,99	0,31	1.536 €	1.474 €
Aldin H3/33	33	307	17,60	3,00	5,28	0,31	1.586 €	1.520 €
Aldin H3/35	35	324	18,57	3,00	5,57	0,31	1.636 €	1.566 €
Aldin H3/37	37	341	19,55	2,99	5,86	0,31	1.685 €	1.612 €
Aldin H3/39	39	359	20,58	2,99	6,17	0,31	1.735 €	1.658 €

7.2.-FLUIDO CALOPORTADOR

El fluido caloportador es aquel que pasa por el absorbedor y transfiere la energía térmica absorbida a otras partes del sistema. Este fluido puede ser desde agua hasta aceites de silicona pasando por líquidos orgánicos sintéticos o mezclas de agua y anticongelante. Esta última opción es la más usada y a la que se va a recurrir para este proyecto, pues a pesar de aumentar la toxicidad, viscosidad y dilatación, aumenta la temperatura de ebullición y disminuye la temperatura de congelación.

Ya que la proporción de anticongelante está directamente relacionada con la temperatura ambiental es preciso conocer la temperatura mínima histórica de la ciudad de Valencia y aplicarle un factor de seguridad de 5°C para asegurar que el fluido no se va a congelar.

Según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), la temperatura mínima registrada en el observatorio de Valencia ciudad fue de -7.2°C el 11 de febrero de 1956. Por lo tanto, para la selección del anticongelante, se tendrá en cuenta una temperatura de -12.2°C.

Las dos opciones que se barajan son una mezcla de agua más propilenglicol o agua más etilenglicol. Introduciendo el dato de temperatura en la siguiente gráfica de dos preparados comerciales se obtiene la proporción de cada mezcla:

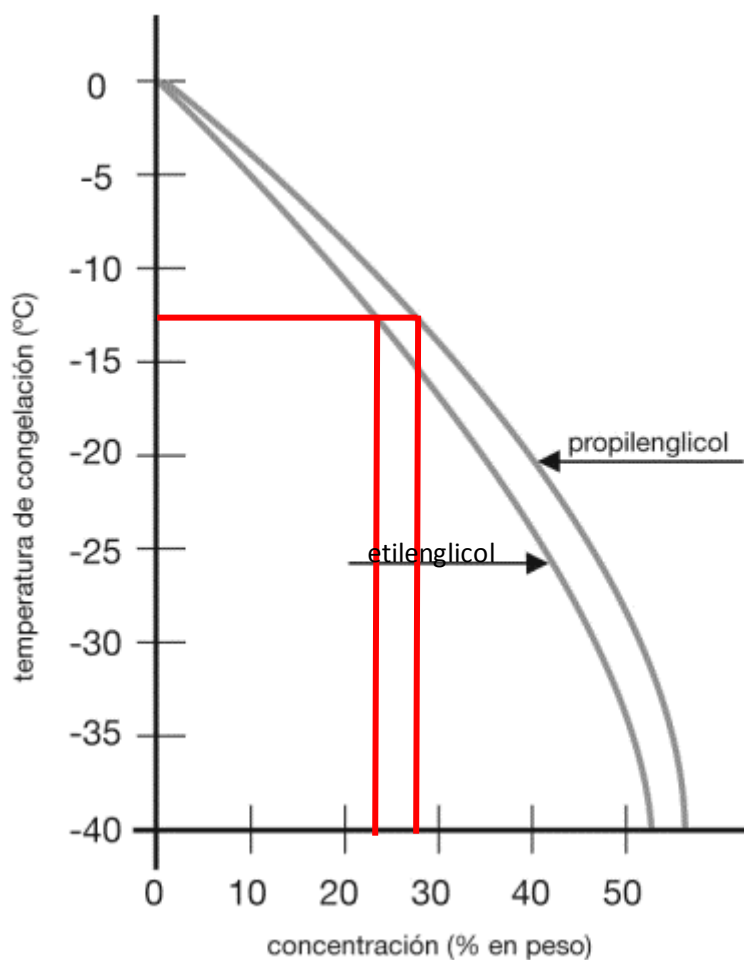


Figura 25.-Curvas de congelación de dos preparados de etilenglicol y propilenglicol

Fuente: <https://certificacionenergetica.info/>

La mezcla de etilenglicol debe ser un 23% anticongelante y 77% agua, mientras que la mezcla con propilenglicol debe ser 28% anticongelante y 72% agua.

Dado que en ambas opciones los porcentajes son muy similares, la selección se basará en las propiedades de los anticongelantes, valorando su toxicidad y biodegradabilidad ya que esto será importante en caso de fuga.

Analizando las fichas de seguridad de ambos fluidos se llega a la conclusión de que el propilenglicol es la opción más adecuada.

Para el posterior diseño del sistema hidráulico hay que conocer las propiedades de la mezcla seleccionada. Para ello se consultan las tablas de viscosidad y densidad del propilenglicol que se adjuntan como anexo a esta memoria, obteniendo los siguientes resultados.

$$v_{congelación} = v_{-12.2^{\circ}C} = 10 \text{ centipoises}$$

$$v_{funcionamiento} = v_{60^{\circ}C} = 0.8 \text{ centipoises}$$

$$\delta_{congelación} = \delta_{-12.2^{\circ}C} = 1.032 \frac{g}{cm^3}$$

$$\delta_{funcionamiento} = \delta_{60^{\circ}C} = 1 \frac{g}{cm^3}$$

7.3.-CIRCUITO HIDRÁULICO

7.3.1.-MATERIALES

A pesar de que el ACS no esté destinada al consumo humano, el simple hecho de estar en contacto con las personas hace que la normativa obligue a que sea potable. Por ello, el material de las tuberías por las que circula no debe afectar a su potabilidad. En el apartado 4.6.1 del CTE se recogen una serie de materiales metálicos y termoplásticos aptos para el diseño de tuberías. Los más usuales son el acero inoxidable o el cobre.

7.3.2-DIMENSIONADO DE TUBERÍAS

Sabiendo que el caudal que circula por un captador es de $50 \frac{l}{h}$ por cada metro cuadrado como figura en la ficha técnica y que su área es de $2.25m^2$, se obtiene que el caudal que trasiega un captador es de $112.5 \frac{l}{h}$ ($0.1125 \frac{m^3}{h}$).

Al tener baterías de 10 captadores, el caudal de cada batería es:

$$Q_{bat} = 112.5 * 10 = 1125 \frac{l}{h} \rightarrow 1.125 \frac{m^3}{h}$$

Ecuación 11.-Caudal por batería

Al tener 16 baterías, el caudal total:

$$Q_{total} = Q_{bat} * 16 = 18000 \frac{l}{h} \rightarrow 18 \frac{m^3}{h}$$

Ecuación 12.-Caudal total

Para este tipo de instalación se exige que la pérdida de carga por metro de tubería sea menor a 100mm c.a. aunque es recomendable que no sea superior a 40 mm c.a. y que la velocidad de circulación se encuentre entre los 2.5 m/s y los 0.3 m/s, datos a tener en cuenta a la hora de dimensionar los tres tipos de tubería de la instalación: tubería principal, tuberías de conexión con las baterías y tuberías de conexión entre captadores.

Se puede hacer una primera estimación del diámetro de las tuberías en función del caudal a través de tablas basadas en instalaciones ya existentes:

Caudal (l/h)	Diámetro tubo acero(mm)	Diámetro tubo cobre(mm)
Menos de 800	20	18
De 801 a 1500	25	22
De 1501 a 2200	32	28
De 2201 a 4500	50	42
De 4501 a 8500	65	50
De 8501 a 14000	80	80
De 14001 a 25000	100	100

Tabla 11.-Diametros minimos en mm para tuberías de instalaciones solares

cuando la distancia del campo de captadores al local de máquinas es menor o igual a 50m

Para este caso se estima que los diámetros rondarán los 100mm, 28mm y 18mm respectivamente en caso de usar tuberías de cobre, pero es necesario realizar un análisis más detallado que se adecue a las necesidades de la instalación.

Por ello, para conocer el diámetro de cada una de las tuberías, se entra con el dato de caudal en el ábaco correspondiente a las tuberías de cobre, que relaciona el caudal el diámetro de la tubería, la velocidad del fluido y las pérdidas de presión por metro de tubería.

Las pérdidas de carga están referidas a agua como fluido caloportador y una temperatura de 45°C. En el caso de 60°C con una mezcla de agua y propilenglicol hay que multiplicar el valor que se obtiene en el ábaco por:

- Un coeficiente k1 en función de la temperatura según la tabla que se muestra a continuación

Temperatura del agua (°C)	5	10	20	40	45	50	60	80	90	95
Factor corrector	1.24	1.18	1.09	1.02	1.00	0.99	0.96	0.92	0.91	0.91

Tabla 12.-Coeficiente k1 de corrección de temperatura

- Un coeficiente k2 referente a la viscosidad de la mezcla de agua más propilenglicol con respecto al agua:

$$K_2 = \sqrt[4]{\frac{v_{mezcla}}{v_{agua a 60^\circ C}}}$$

Ecuación 13.-Coeficiente k2 de corrección de viscosidad

Se conoce el dato de la viscosidad de la mezcla calculado previamente, 0.8 centipoises, y de igual modo se obtiene la del agua a 60°C y del mismo modo se estima que la viscosidad del agua a 60°C es de 0.48 centipoises. Así pues:

$$K_2 = \sqrt[4]{\frac{v_{mezcla}}{v_{agua a 60^\circ C}}} = \sqrt[4]{\frac{0.8}{0.48}} = 1.6$$

Una vez conocidos los coeficientes de pérdidas y procurando que las pérdidas de carga por metro no superen los 40 mm c.a., se determina el diámetro de la tubería y la velocidad del fluido en función del caudal. Se sigue el mismo procedimiento para todas las tuberías.

- Tubería principal

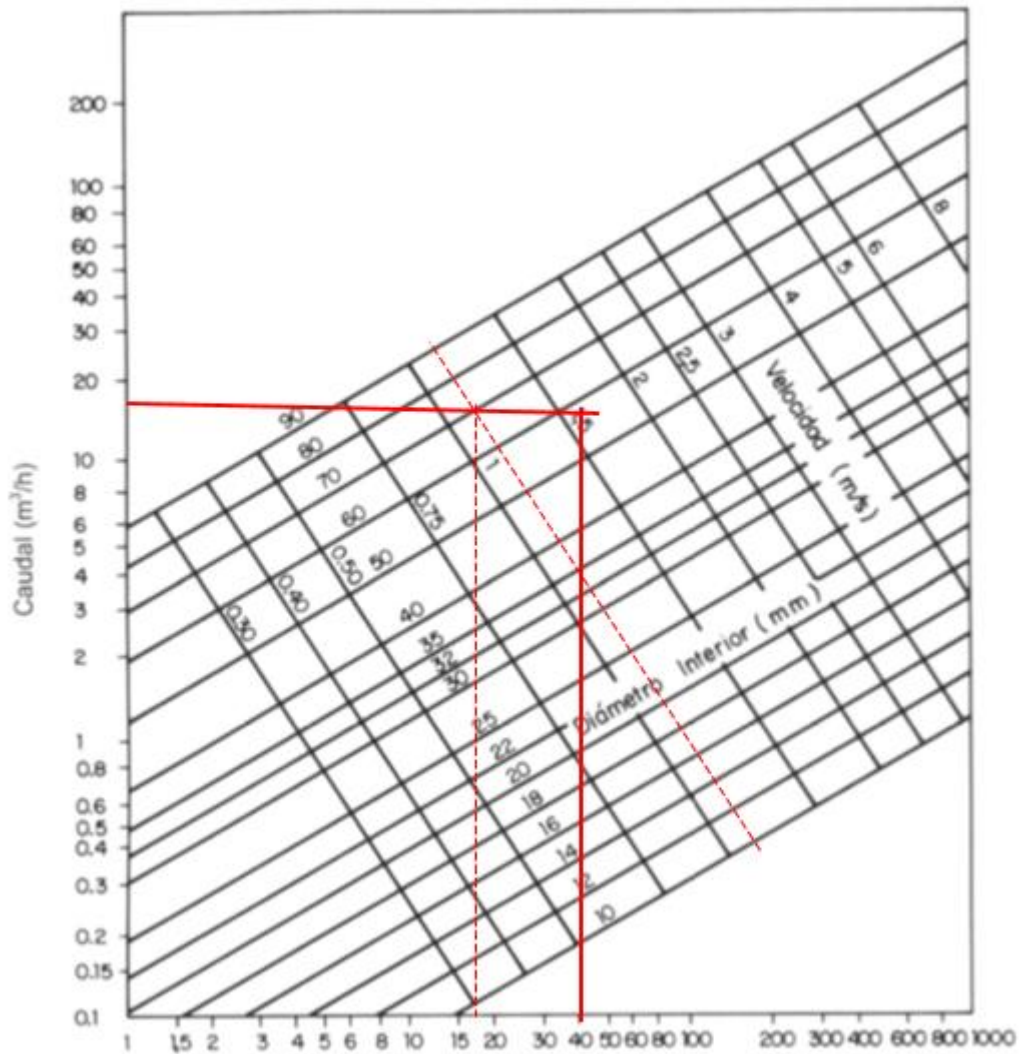


Figura 26.-Selección de la tubería principal

Fuente: <https://certificacionenergetica.info/>

Por la tubería principal circula un caudal de $18 \frac{m^3}{h}$ tendrá un diámetro de 70 mm, una velocidad de 1.1m/s y una pérdida de carga de 17 mm c.a.

$$P_c = 17 * k_1 * k_2 = 17 * 0.96 * 1.6 = 26.1 \text{ mm c. a}$$

Ecuación 14.-Pérdidas de carga por metro en la tubería principal

- Tuberías de conexión con las baterías

En las tuberías de conexión con las baterías por las que circula un caudal de $1.125 \frac{m^3}{h}$ tendrá un diámetro de 25 mm, una velocidad de 0.65 m/s y una pérdida de carga de unos 24 mm c.a.

$$P_c = 24 * k_1 * k_2 = 14 * 0.96 * 1.6 = 36.8 \text{ mm c. a}$$

Ecuación 15.-Pérdidas de carga por metro en las tuberías de conexión con las baterías

- Tuberías de conexión entre captadores

Las conexiones entre captadores por las que circula un caudal de $0.1125 \frac{m^3}{h}$ tendrá un diámetro de 10 mm, una velocidad de 0.35 m/s y una pérdida de carga de unos 20 mm c.a.

$$P_c = 20 * k_1 * k_2 = 20 * 0.96 * 1.3 = 30.7 \text{ mm c. a}$$

Ecuación 16.-Pérdida de carga por metro en las tuberías de interconexión de los captadores

Como se puede comprobar, todos los valores obtenidos están dentro del rango de pérdidas de carga y velocidades que marca la norma. Estos valores serían los ideales de diseño pero los diámetros comerciales pueden no ajustarse totalmente a lo calculado, por ello se seleccionarán las tuberías que tengan un diámetro lo más cercano posible a los resultantes de los ábacos.

Del catálogo del fabricante La Farga se seleccionan los siguientes modelos de tubos teniendo en cuenta que el diámetro que se corresponde con el de los ábacos es el diámetro de catálogo menos dos veces espesor:

Tubería principal

Tuberías de conexión con las baterías

Tuberías de interconexión de los captadores

Gama tiras

DIMENSIÓN (MM)	PRESIÓN DE TRABAJO (BAR)*	PRESIÓN DE ROTURA (KG/CM ²)	LONGITUD TIRAS (M)	METROS/PALET
15 x 0,75	60	302	5	500
18 x 0,75	50	250	5	500
8 x 1	161	806	5	500
10 x 1	126	630	5	500
12 x 1	104	518	5	500
14 x 1	88	439	5	500
15 x 1	82	409	5	750
16 x 1	76	382	5	500
18 x 1	67	337	5	500
22 x 1	55	213	5	500
28 x 1	43	213	5	500
35 x 1	34	170	5	250
42 x 1	28	141	5	200
54 x 1,2	26	131	5	150
15 x 1,5	126	630	5	900
18 x 1,5	104	518	5	750
22 x 1,5	84	418	5	500
28 x 1,5	65	325	5	450
35 x 1,5	52	257	5	350
42 x 1,5	43	213	5	200
54 x 1,5	33	165	5	150
64 x 1,5	28	139	5	100
76,1 x 1,5	23	116	5	50
15 x 1	82	409	2,5	750
18 x 1	67	337	2,5	500
22 x 1	55	273	2,5	500

Figura 27.-Selección de tuberías en catálogo

Fuente: La Farga

Finalmente, el diámetro interior de cada tubería es:

	Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Diámetro interior (mm)
T. principal	76.1	1.5	73.1
T. baterías	28	1.5	25
T. captadores	12	1	10

Tabla 13.-Diámetros de las tuberías

Siguiendo el código de colores de las tuberías, el esquema del sistema hidráulico queda de la siguiente forma:

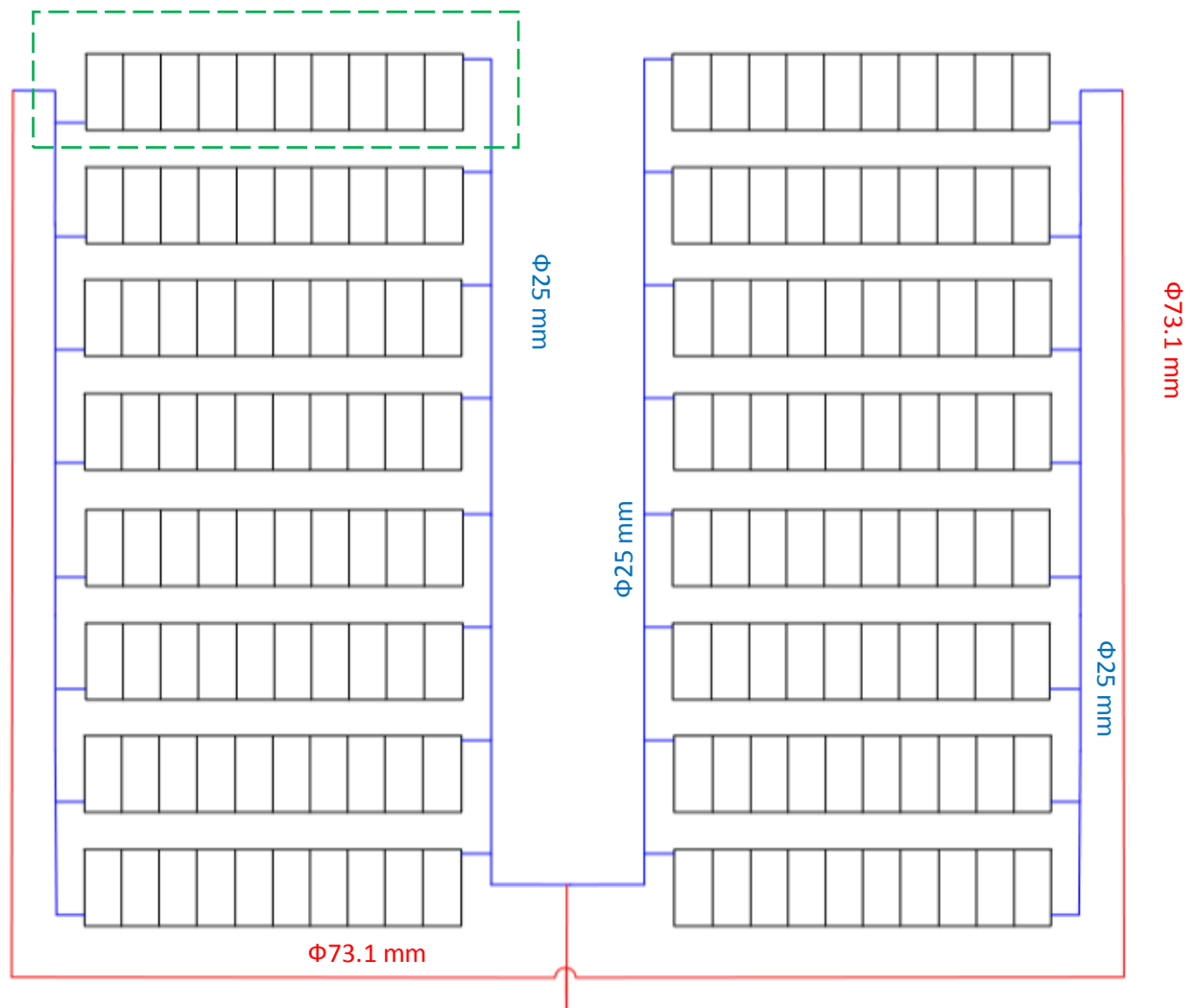


Figura 28.-Esquema hidráulico

Ya que en este esquema no se aprecian las conexiones entre captadores, a continuación se muestra más en detalle cómo se conectan las tuberías de menor diámetro en la zona señalada, siendo igual para el resto de baterías.

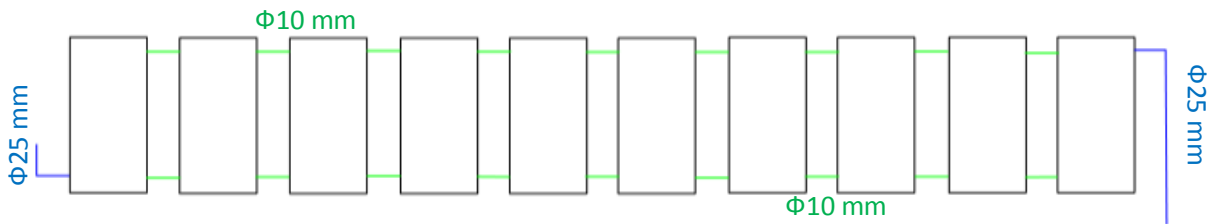


Figura 29.-Detalle del esquema hidráulico: conexión de captadores

7.3.3.-AISLAMIENTO

Las pérdidas térmicas en las tuberías afectan en gran medida a la eficiencia de la instalación, por lo tanto, es necesario colocar aislantes para minimizar el intercambio de calor con el exterior al máximo. En la siguiente tabla se muestra el espesor que debe tener el aislante en milímetros para tuberías internas en función de la temperatura máxima en la red y el diámetro exterior de la tubería sin aislar calculado para una conductividad térmica de referencia de 0.04 W/mK.

Fluido interior caliente			
Diámetro exterior (mm)	Temperatura del fluido (°C)		
	40 a 60	61 a 100	101 a 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 14.-Aislante

Fuente: RITE

Para este caso al tratarse de tuberías exteriores es necesario aplicar un factor corrector de 10mm de modo que la tabla para seleccionar el espesor del aislante queda tal que así:

Fluido interior caliente			
Diámetro exterior (mm)	Temperatura del fluido (°C)		
	40 a 60	61 a 100	101 a 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 15.-Selección del espesor del aislante

Siguiendo el código de colores anteriormente usado se selecciona un aislante de espesor 40mm para la tubería principal y de 35mm para el resto de las tuberías.

7.3.4.- PÉRDIDAS DE CARGA EN EL CIRCUITO PRIMARIO

7.3.4.1.- CIRCUITO DE IMPULSIÓN

Las pérdidas de carga en las tuberías suponen una parte importante del total de la instalación. Anteriormente se han obtenido las pérdidas por metro de tubería para cada tipo a través de las gráficas y factores de corrección correspondientes como se muestra en esta tabla a modo de resumen:

DIÁMETRO INTERIOR DE LA TUBERÍA (mm)	PÉRDIDAS (mm c. a.)
$\Phi 73.1$	26.1
$\Phi 25$	36.8
$\Phi 10$	30.7

Tabla 16.-Pérdidas en el circuito de impulsión

Para conocer las pérdidas totales hay que saber los metros necesarios de cada tipo de tubería:

DIÁMETRO INTERIOR DE LA TUBERÍA (mm)	LONGITUD (m)	CAUDAL (m ³ /h)
Φ73.1	88.6	18
Φ25	86.5	1.125
Φ10	8	0.1125

Tabla 17.-Longitud de tuberías en el circuito de impulsión

$$\text{Pérdidas de carga} = \text{Pérdidas}_{\text{tubería}} * \text{Longitud}_{\text{tubería}}$$

Ecuación 17.-Pérdidas de carga en el circuito de impulsión

$$\text{Pérdidas}_{\Phi 73.1} = 26.1 * 88.6 = 2312.5 \text{ mm c. a.} \rightarrow 2.3 \text{ m c. a.}$$

$$\text{Pérdidas}_{\Phi 25} = 36.8 * 86.5 = 3183.2 \text{ mm c. a.} \rightarrow 3.2 \text{ m c. a.}$$

$$\text{Pérdidas}_{\Phi 10} = 30.7 * 8 = 246 \text{ mm c. a.} \rightarrow 0.25 \text{ m c. a.}$$

7.3.4.2.- CIRCUITO DE RETORNO

En el caso del circuito de retorno solo se tienen en cuenta las tuberías principales y de las baterías:

DIÁMETRO INTERIOR DE LA TUBERÍA (mm)	LONGITUD (m)	CAUDAL (m ³ /h)
Φ73.1	16	18
Φ25	86.5	1.125

Tabla 18.-Logitud de tuberías en el circuito de retorno

$$\text{Pérdidas de carga} = \text{Pérdidas}_{\text{tubería}} * \text{Longitud}_{\text{tubería}}$$

Ecuación 18.-Pérdidas de carga en el circuito de retorno

$$\text{Pérdidas}_{\Phi 73.1} = 26.1 * 16 = 417.6 \text{ mm c. a.} \rightarrow 0.42 \text{ m c. a.}$$

$$\text{Pérdidas}_{\Phi 25} = 36.8 * 86.5 = 3183.2 \text{ mm c. a.} \rightarrow 3.2 \text{ m c. a.}$$

7.3.4.3.- PÉRDIDAS TOTALES EN TUBERÍAS

A continuación se muestra a modo de resumen las pérdidas en cada tipo de tubería y el total.

DIÁMETRO INTERIOR DE LA TUBERÍA (mm)	LONGITUD (m)	CAUDAL (m ³ /h)	PÉRDIDAS DE CARGA (m c.a.)
Φ73.1	105	18	2.72
Φ25	173	1.125	6.4
Φ10	8	0.1125	0.25
TOTAL			9.37

Tabla 19.-Pérdidas totales en las tuberías del circuito primario

7.3.4.4- PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS CAPTADORES

El fabricante de los captadores proporciona una curva de pérdidas de carga en el manual de montaje siendo 1 la curva para el modelo colocado en vertical. Sabiendo que el caudal que circula por el captador es de 50 l/h se obtiene una pérdida de carga de 1.8 mbar (0.018 m c.a.):

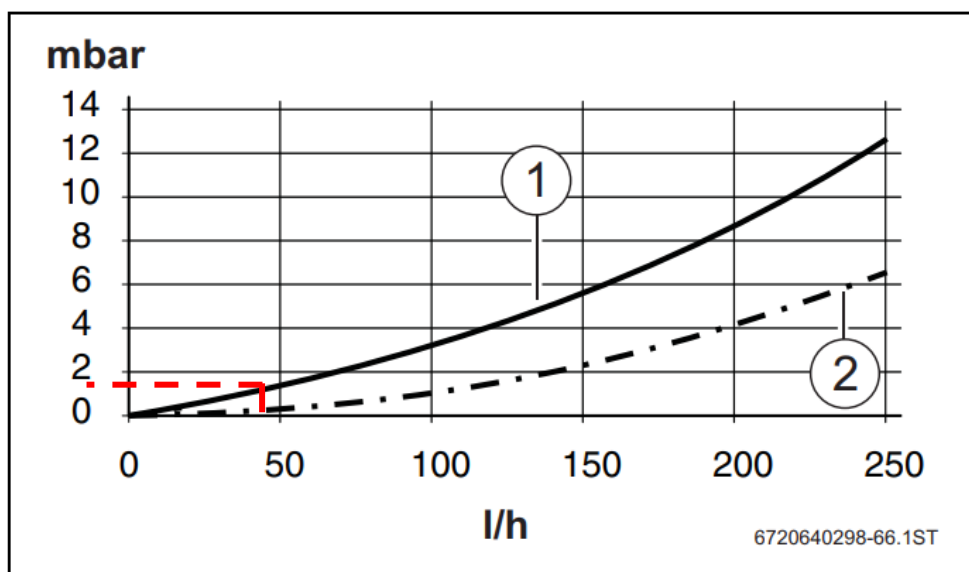


Figura 30.-Curva de pérdidas de carga en el captador

Al tener 160 captadores las pérdidas totales son de 2.88 m c.a.

7.3.4.5.- PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS ACCESORIOS

En lugar de calcular minuciosamente las pérdidas de carga en cada uno de los múltiples accesorios de la instalación basta con estimar que estas pérdidas supondrán el 30% de las pérdidas de carga que se generan en las tuberías.

$$Pérdidas_{accesorios} = 0.3 * 9.42 = 2.8 \text{ m c.a.}$$

Ecuación 19.-Pérdidas en los accesorios

7.3.4.6.- PÉRDIDAS DE CARGA EN EL INTERCAMBIADOR

Como se puede ver en el fragmento de catálogo adjunto en el apartado de la selección del intercambiador, las pérdidas de carga son de 3 m c.a.

7.3.4.7.- PÉRDIDAS TOTALES EN EL CIRCUITO PRIMARIO

COMPONENTE	PÉRDIDA DE CARGA (m c.a.)
Tuberías	9.42
Captadores solares	2.88
Accesorios	2.8
Intercambiador de calor	3
TOTAL	18.1

Tabla 20.-Pérdidas totales en el circuito primario

7.4.-BOMBAS DE CIRCULACIÓN

Para un caudal de $18 \frac{m^3}{h}$ y una altura manométrica de 18.1 m.c.a se acude al catálogo de Grundfos para seleccionar el modelo de bomba que más se ajuste a las necesidades de la instalación:

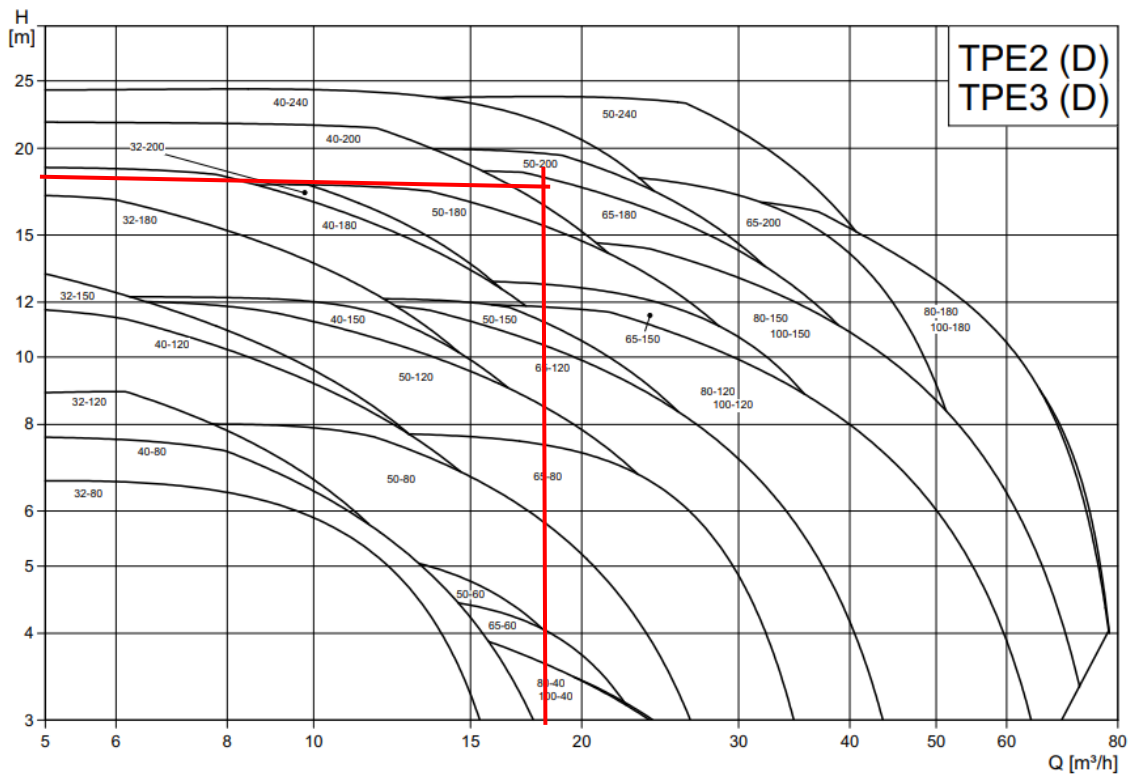


Figura 31.-Selección de la bomba del circuito primario

Fuente: Catálogo Grundfos

El modelo seleccionado es el TPE2 65-180 cuya curva de rendimiento es:

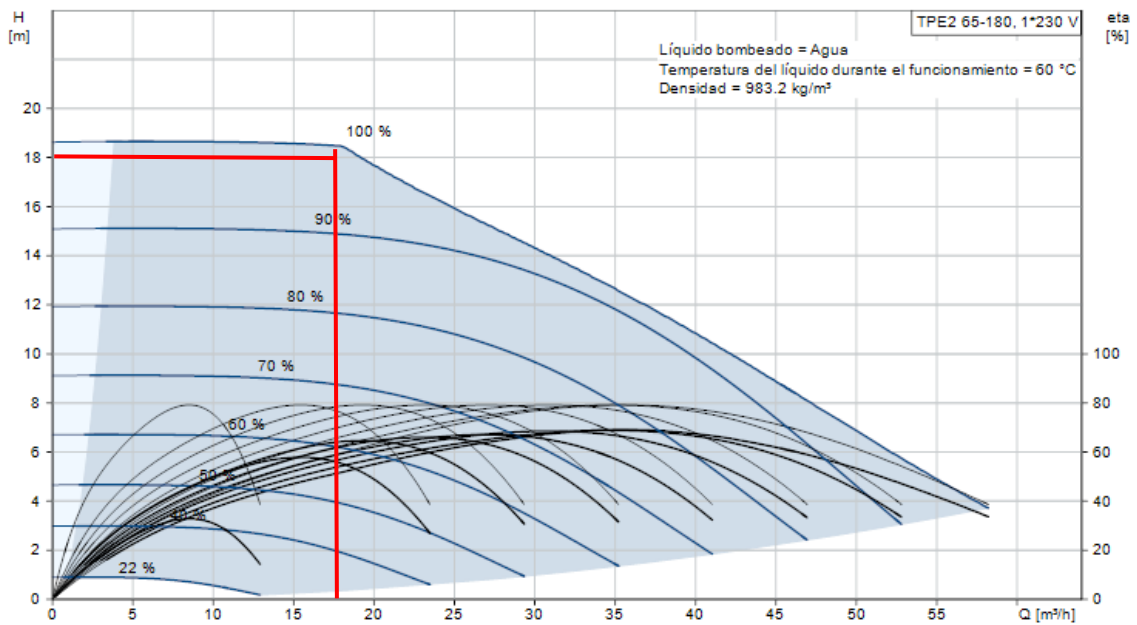


Figura 32.-Curvas de rendimiento de la bomba TPE2 65-180 y punto de funcionamiento

Fuente: <https://product-selection.grundfos.com/>

Es conveniente instalar dos bombas de este modelo en paralelo dejando que solo una de ellas funcione y dejando la otra por si la primera sufriera algún tipo de avería o se desconectara durante las labores de mantenimiento.

7.5.-VASO DE EXPANSIÓN

El vaso de expansión es el elemento encargado de absorber las dilataciones del fluido de trabajo que se derivan de las diferencias de temperatura. El CTE indica que el vaso de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen de fluido circulante por captadores y tuberías multiplicado por 1.1 y conociendo el coeficiente de dilatación del fluido (C_e) y el coeficiente de presión (C_{pre}):

$$V_t = (V * C_e + V_{vap} * 1.1) * C_{pre}$$

Ecuación 20.-Volumen del vaso de expansión

A continuación se muestra de forma detallada la obtención de los términos que intervienen en la expresión anterior.

7.5.1.- VOLUMEN DEL FLUIDO (V)

7.5.1.1.-CAPTADORES

Conociendo la capacidad del absorbedor que figura en la ficha técnica adjunta a este documento y el número de captadores, se obtiene el volumen de fluido en los captadores:

$$V_{capt} = C_{abs} * n^{\circ}_{capt} = 0.94 * 160 = 150.4 l$$

Ecuación 21.-Volumen del fluido en los captadores

7.5.1.2.-INTERCAMBIADOR DE CALOR

En el catálogo del fabricante se especifica que el contenido de agua que circula por el intercambiador es de 0.20 l/placa y el intercambiador seleccionado dispone de 35 placas:

$$V_{inter} = V_{placas} * n^{\circ}_{placas} = 0.2 * 35 = 7 l$$

Ecuación 22.-Volumen del fluido en el intercambiador de placas

7.5.1.3.-CIRCUITO HIDRÁULICO

Debido a la gran longitud de tuberías que hay en la instalación, cabe pensar que una parte importante del volumen total de fluido circulará por el circuito hidráulico. Para determinar

con exactitud a cuánto asciende esta cifra es necesario obtener el volumen de las tuberías circulares a partir de su diámetro como se resume en la siguiente tabla:

	Diámetro interior (m)	Longitud (m)	Área (m²)	Volumen (m³)	Volumen (l)
CIRCUITO DE IMPULSIÓN					
T.principal	0.0731	88.6	0.00419	0.37200	372
T.baterías	0.025	86.5	0.000491	0.04250	42.5
T.captadores	0.010	10	0.0000785	0.00078	0.78
CIRCUITO DE RETORNO					
T.principal	0.0731	16	0.00419	0.06720	67.2
T.baterías	0.025	86.5	0.000491	0.04250	42.5
TOTAL				0.52470	524.7

Tabla 21.-Volumen de fluido en las tuberías

7.5.1.4.-TOTAL

Sumando todos los términos anteriores se obtiene el volumen total que circula por la instalación:

$$V = V_{\text{captadores}} + V_{\text{intercambiador}} + V_{\text{tuberías}} = 150.4 + 7 + 524.7 = 682.1 \text{ l}$$

Ecuación 23.-Volumen total

7.5.2.- COEFICIENTE DE DILATACIÓN (Ce)

Al ser el fluido circulante una mezcla de agua y anticongelante, el coeficiente de dilatación se obtiene de la siguiente expresión:

$$C_e = 10^{-6}(3.24t^2 + 102.13t - 2708.3)a * (1.8t + 32)^b$$

Ecuación 24.-Coeficiente de dilatación

Donde t es la temperatura de estancamiento del captador 200°C y los coeficientes a y b son:

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

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

Ecuación 25.-Coeficientes a y b

Con G como el porcentaje de anticongelante en el circuito, 28% en este caso.

Sustituyendo los valores se obtiene que:

$$a = 17.74$$

$$b = -0.477$$

$$Ce = 0.1514$$

7.5.3.-COEFICIENTE DE PRESIÓN

Establece una relación entre la presión máxima de servicio y la presión de llenado del circuito:

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

Ecuación 26.-Coeficiente de presión

Donde $P_{m\acute{a}x} = 3.5 - 0.1P_{tarado}$ y $P_{m\acute{i}n} = h * 0.1 = 1.8 \text{ bar}$ tomando un valor para una presión de tarado de 6 bar.

$$C_{pre} = \frac{2.9}{2.9 - 1.8} = 2.63$$

7.5.4- SELECCIÓN DEL VASO DE EXPANSIÓN

El término V_{vap} se refiere al volumen contenido en los captadores y las tuberías de conexión:

$$V_{vap} = 150.4 + 0.78 = 151.18 \text{ l}$$

Ecuación 27.-Volumen contenido en captadores y tuberías

Sustituyendo todos los valores obtenidos anteriormente:

$$V_t = (682.1 * 0.1514 + 151.18 * 1.1) * 2.63 = 709 \text{ l}$$

Del catálogo del fabricante IBAIONDO se selecciona el modelo 800 CMF.

Modelos con patas 6 Bar (conexión inferior)

Código	Modelo	Volumen (Lts)	Peso (Kg)	Ø D (mm)	H (mm)	R Conexión agua	Precio (€)
04500351	500 CMF	500	63	750	1445	1"	627,68
04600351	600 CMF	600	77	750	1700	1"	755,04
04800351	800 CMF	800	95	750	2155	1"	988,97
04101351	1000 CMF	1000	118	750	2555	1"	1.165,21

Figura 33.-Selección del vaso de expansión

7.6.-CIRCUITO SECUNDARIO

7.6.1.-PÉRDIDAS DE CARGA

Para que el agua llegue a la cocina estando el intercambiador de calor en la azotea, es necesario instalar tuberías que los conecten. Para ello se asume un caudal de 18m³/h y una longitud de tubería de 20 metros. Al ser el mismo caudal que el que circula por la tubería principal del circuito primario, las dimensiones de esta nueva tubería son las mismas que las de la seleccionada anteriormente, con un diámetro interior de 73.1mm.

Del mismo modo, se calculan las pérdidas de carga en la tubería aplicando el coeficiente de corrección de temperatura pero no el de viscosidad, al ser solo agua el fluido circulante, obteniendo unas pérdidas por metro de tubería. En este caso la corrección de temperatura viene condicionado por el protocolo contra la legionela, que obliga a elevar la temperatura a más de 60°C.

Temperatura del agua (°C)	5	10	20	40	45	50	60	80	90	95
Factor corrector	1.24	1.18	1.09	1.02	1.00	0.99	0.96	0.92	0.91	0.91

Tabla 22.-Coeficiente k1 del circuito secundario

$$Pérdidas_{tuberías} = 17 * 0.92 = 15.6 \text{ mm c.a./m}$$

Ecuación 28.-Pérdida de carga por metro de tubería del circuito secundario

Al tener 20 metros de tubería las pérdidas son de 312 mm c.a (0.312 m c.a.)

Del mismo modo que para el circuito primario, las pérdidas en los accesorios se calculan como el 30% de las pérdidas en las tuberías:

$$P\u00e9rdidas_{accesorios} = 0.312 * 0.3 = 0.0936 \text{ m c.a.}$$

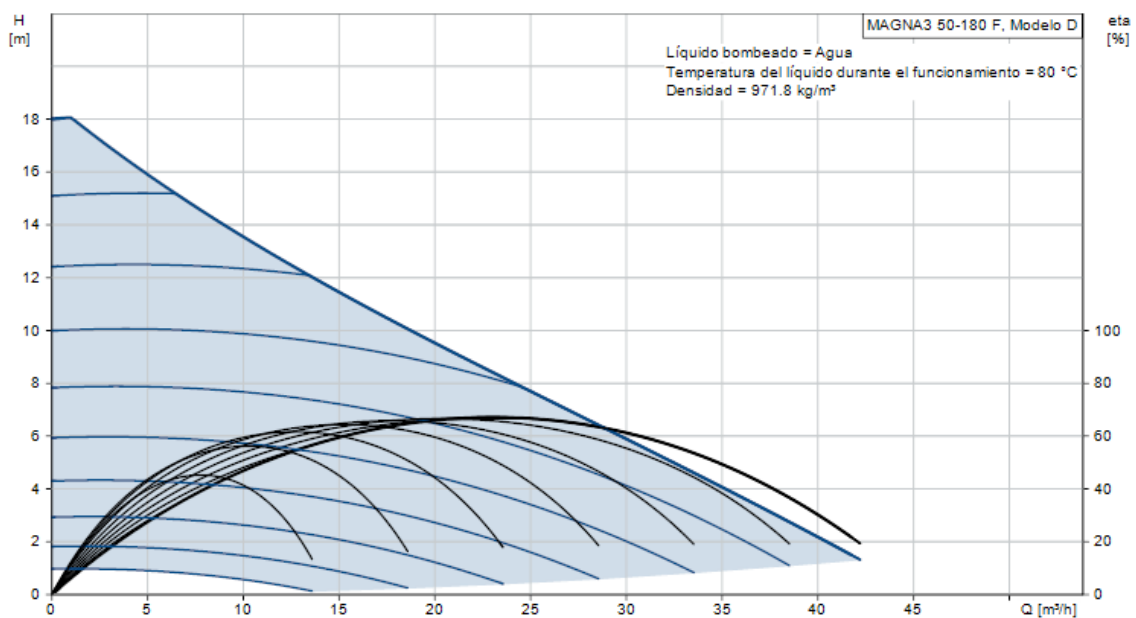
Ecuación 29.-P\u00e9rdidas de carga en los accesorios del circuito secundario

Para el intercambiador, el fabricante indica en la hoja t\u00e9cnica que las p\u00e9rdidas para el circuito secundario son de 0.31 m c.a.

Sumando las p\u00e9rdidas en todos estos elementos se obtiene que el circuito secundario tiene unas p\u00e9rdidas de 0.715 m c.a.

7.6.2.-SELECCI\u00d3N DE LA BOMBA

Conociendo el caudal y la altura manom\u00e9trica se selecciona una bomba del cat\u00e1logo de Grundfos, el modelo seleccionado es el MAGNA3 50-180 F Modelo D y sus curvas de rendimiento son:



Ecuaci\u00f3n 30.-Curvas de rendimiento de la bomba MAGNA350-180

Fuente: <https://product-selection.grundfos.com/>

7.6.3.-SELECCI\u00d3N DEL VASO DE EXPANSI\u00d3N

Al circular agua caliente por el circuito secundario tambi\u00e9n se hace necesario contar con un vaso de expansi\u00f3n, realizando los c\u00e1lculos para su dimensionado del mismo modo que anteriormente.

- Intercambiador

Como ya se ha explicado, el caudal que circula por el intercambiador es de 7 litros.

- Tuberías

	Diámetro interior (m)	Longitud (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)	Volumen (l)
Tubería	0.0731	20	0.00419	0,0839	83,94

Tabla 23.-Volumen del fluido en las tuberías del circuito secundario

Sumando ambos volúmenes se tiene que el volumen total es de 90.94 litros.

- Coeficiente de dilatación

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

Tomando la temperatura máxima como 80°C y tratándose de agua:

$$C_e = 10^{-6}(3.24 * 80^2 + 102.13 * 80 - 2708.3) = 0.0261$$

Ecuación 31.-Coeficiente de dilatación del circuito secundario

- Coeficiente de presión

$$C_{pre} = \frac{P_{máx}}{P_{máx} - P_{mín}} = \frac{3.5}{3.5 - 2} = 2.3$$

Ecuación 32.-Coeficiente de presión del circuito secundario

Sustituyendo estos términos en la expresión del volumen del vaso:

$$V_t = V * C_e * C_{pre} = 90.94 * 0.0261 * 2.3 = 5.54 \text{ l}$$

Ecuación 33.-Volumen del vaso de expansión del circuito secundario

Acudiendo de nuevo al catálogo de Ibaiondo se selecciona el modelo 8 CMF:



Modelos sin patas 5 Bar

Código	Modelo	Volumen (Lts)	Peso (Kg)	Ø D (mm)	H (mm)	R Conexión agua	Precio (€)
02005343	5 CMF	5	2	200	250	3/4"	20,14
02008343	8 CMF	8	2,5	200	340	3/4"	21,04
02012343	12 CMF	12	3,2	270	310	3/4"	21,99
02018343	18 CMF	18	4	270	415	3/4"	24,66
02025343	25 CMF	25	4,5	320	430	3/4"	30,35
02035343	35 CMF	35	7	360	475	3/4"	43,89

Figura 34.-Selección en catálogo del vaso de expansión del circuito secundario

7.7.-SISTEMA DE APOYO

La energía solar siempre tiene un cierto componente de imprevisibilidad, por lo que es necesario prever una alternativa para disponer de ACS si hubiera alguna incidencia con el sistema normal de producción. Para ello se dispone de un sistema de apoyo encargado de asegurar el suministro. Como la instalación actual funciona con caldera de gas natural se puede incluir este elemento en la nueva instalación, pues al ser una caldera ya existente evita tener que hacer una mayor inversión. De este modo el sistema de apoyo satisfacer la demanda únicamente cuando la captación solar sea insuficiente.

Según la normativa, este tipo de sistema debe contar con un termostato para prevenir y controlar la legionelosis y a su vez se debe poder regular la potencia para que la temperatura de impulsión sea la adecuada.

7.8.-SISTEMA DE SEGURIDAD

Durante el diseño del circuito primario se han tomado una serie de decisiones en favor de la seguridad del sistema. Si bien estos puntos ya han sido detallados, cabe remarcarlos y englobarlos dentro del denominado “sistema de seguridad” de la instalación.

Por un lado, se ha realizado una protección contra la congelación haciendo circular una mezcla de agua con anticongelante por el circuito primario, haciendo que la temperatura de congelación se encuentre fuera del rango de temperaturas previsibles para la ciudad de Valencia.

Por otro lado, para evitar un posible sobrecalentamiento del campo de captadores en los meses de mayor captación solar se ha instalado un sistema de disipación de calor mediante un aerotermo en el circuito primario.

Por último, el vaso de expansión regula la presión del fluido al variar la temperatura, pero aun así es conveniente la instalación de válvulas de seguridad distribuidas por el circuito por si en algún momento se produjera un aumento excesivo de la presión. Para poder medir esta presión en todo momento es necesario dota a la instalación de una serie de manómetros, o en su defecto, caudalímetros.

7.9.-COMPONENTES DE CONTROL Y REGULACIÓN

Disponer de un sistema de control y regulación es necesario para optimizar el funcionamiento de la instalación, establecer las estrategias energéticas a seguir, monitorizar su comportamiento y evitar o prevenir averías.

Es imprescindible que la instalación cuente con varios termostatos diferenciales encargados de recibir información de determinados puntos del circuito como puede ser la salida de los captadores y la parte más baja (más fría) del acumulador para actuar sobre otros componentes como la bomba de circulación y activarla o desactivarla dependiendo de los datos que reciba.

El termostato diferencial tiene varias funciones entre las que destacan la función antihielo por la que se enciende la bomba cuando la temperatura baja de un determinado valor, el control variable de la bomba como ya se ha mencionado o la parada de la bomba en caso de estancamiento, entre otras.

A lo largo del circuito se instalarán una serie de sondas de inmersión introducidas directamente en el fluido caloportador para tomar datos de temperatura. Además, también se colocarán sondas en los acumuladores, una en la parte inferior y otra en la parte superior para limitar la temperatura máxima de operación.

Es posible que se generen burbujas en el interior de las tuberías debido a las altas temperaturas de funcionamiento de la instalación, por ello es necesario colocar purgadores en la salida de cada batería de captadores para liberar ese aire al exterior.

También es conveniente el uso de un piranómetro para controlar el rendimiento de los captadores y verificar que regulación funciona de forma correcta.

7.9.1.-ESTRATEGIA DE REGULACIÓN

Al contar con tres acumuladores es preciso especificar cuál es el orden de acumulación y descarga con los acumuladores dispuestos como se muestra en la siguiente imagen:

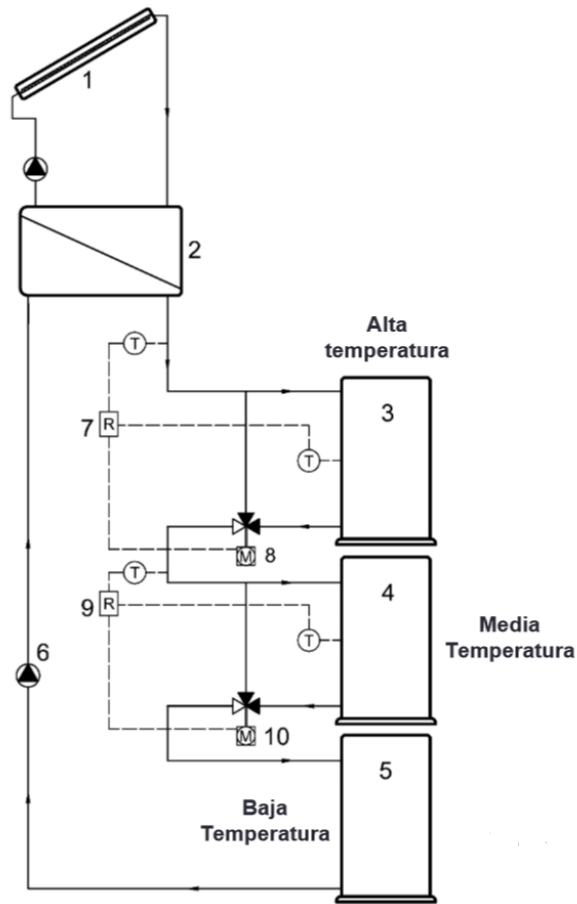


Figura 35.-Estrategia de regulación

En el ciclo diario se llenará primero el acumulador marcado como 5, luego el 4 y finalmente el 3, siendo a la inversa el orden de vaciado.

8.-ANÁLISIS ECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL

8.1.-ANÁLISIS ECONÓMICO

En el apartado de presupuestos se detallará el coste de cada uno de los elementos de la instalación, pero para realizar el análisis económico de la inversión y el período de retorno solo es necesario conocer el presupuesto total. Esta cifra asciende a 414135,84€.

Para calcular el ahorro anual se toma como precio del gas natural el precio que tiene en el momento de la redacción del proyecto, 0,0585€/kWh. Además, la energía anual aportada por la instalación es de 627.070 kWh.

$$\frac{\text{Ahorro}}{\text{año}} = 0,0585 * 627070 = 25.678 \text{ €}$$

Ecuación 34.-Ahorro anual

La vida útil de una instalación de estas características es de unos 25 años, por ello es necesario calcular el período de retorno de la inversión inicial a fin de determinar si es rentable.

$$\text{Período de retorno} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ahorro anual}} = \frac{414135,84}{25678} = 16 \text{ años}$$

Ecuación 35.-Período de retorno de la inversión inicial

Este dato indica que, a partir más de la mitad de la vida útil de la instalación, comienzan a generarse beneficios económicos, con lo cual es rentable a largo plazo. Por lo tanto, se puede afirmar que es viable desde el punto de vista económico.

8.2.-ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL

A día de hoy el mundo busca formas de energía alternativas a la convencional mediante combustibles fósiles y cada día son más las restricciones que se les imponen a estos. Es previsible, pues, que en un futuro estas fuentes de energía se agoten o pierdan rentabilidad.

La energía solar es una de las alternativas renovables más demandadas debido a su respeto por el medio ambiente, pues a diferencia de los combustibles fósiles, no emite gases contaminantes ni de efecto invernadero que puedan dañar la atmósfera. Además, no genera residuos ni causa, por lo general, un gran impacto en el ecosistema.

Concretamente en el sector hotelero como es el caso del edificio objeto de este proyecto, la instalación de un sistema de abastecimiento de ACS mediante una energía renovable puede ser usada a modo de marketing para hacer ver a los clientes que existe un gran respeto por el medio ambiente y una concienciación sobre el cambio climático.

Si se comparan los kilogramos de CO₂ que se generan anualmente en la instalación actual de producción de ACS mediante caldera convencional con la nula emisión de este gas en la instalación diseñada durante el período de retorno, se obtiene el total de kilogramos de CO₂ que han dejado de ser vertidos a la atmósfera mediante la implantación de la energía solar fototérmica. De implantarse esta instalación se lograría evitar la emisión de 95.8 toneladas de CO₂ a la atmósfera cada año, o lo que es lo mismo, unas 2395 toneladas de CO₂ durante su vida útil.

9.-CONCLUSIONES

Mediante el estudio de la demanda de ACS en el edificio ha sido posible realizar el diseño completo de una instalación solar térmica en la cubierta del edificio. El diseño parte de un campo de captadores solares situados en la cubierta de una de las alas del Colegio Mayor Galileo Galilei, dejando la otra libre para el acceso de los residentes de la residencia universitaria, pues la terraza es uno de los grandes atractivos en cuanto a ocio que distingue a esta residencia de otras de la zona.

El diseño de todos los componentes se ha realizado de acuerdo con los datos de demanda máxima del edificio por lo que el abastecimiento de ACS está garantizado durante todas las épocas del año. Cabe resaltar que se ha dotado a la instalación de las protecciones necesarias por si la ocupación fuera en algún momento menor a la esperada y fuera necesario disipar energía para evitar el sobrecalentamiento del campo de captadores.

Además, la inversión inicial necesaria no alcanza los 500.000€ y el período de retorno es bastante favorable, pues la instalación comienza a generar beneficios económicos cuando aún tiene por delante buena parte de su vida útil.

El análisis medioambiental revela que a través de esta instalación se dejan de producir un importante número de toneladas de CO₂, sumándose así a la lista de edificios del campus de la UPV que usan energías renovables.

10.-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Documento Básico, sección HE-4 del Código Técnico de la Edificación (<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia.html>)

Guía técnica de agua caliente sanitaria central – IDAE

(https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_08_Guia_tecnica_agua_caliente_sanitaria_central_906c75b2.pdf)

Guía sobre aplicaciones de la energía solar térmica- SEDIGAS, 2013.

Datos climáticos de Valencia:

http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/efemerides_extremos?w=0&k=val&l=8416&datos=det

J. Cañada, 2008, Manual de Energía Solar Térmica. Diseño y Cálculo de Instalaciones, Editorial UPV, Ref.: 2008.857

C. Tobajas Vázquez, 2008, Energía solar térmica para instaladores, Ediciones CEYSA

Lapesa acumuladores: <http://www.lapesa.es/es/agua-caliente-sanitaria/capacidad-industrial.html>

- Catálogo acumuladores de capacidad industrial: <http://www.lapesa.es/es/agua-caliente-sanitaria/capacidad-industrial.html>

Junkers, captadores solares:

https://www.junkers.es/usuario_final/productos/catalogo_usuario/producto_7424

- Tarifas Junkers: <https://gduran.com/tarifas/fontaneria/calderas-termos-banos-cocinas-accesorios-catalogo-precio-JUNKERS.pdf>
- Instrucciones de instalación y mantenimiento para colector plano FKC-2 (Installations- und Wartungsanleitung Flachkollektor FKC-2):
<https://www.heizungsdiscout24.de/pdf/Junkers-Flachkollektor-FKC-2-Flachdach-und-Fassadenmontage-Installations-und-Wartungsanleitung.pdf>

Catálogo aerotermia Lumelco:

http://lumelco.generadordeprecios.info/lumelco_solar_cat/pagina28.html

Catálogo Aldingas: <https://aldingas.com/wp-content/uploads/2018/05/CATALOGO-ALDINGAS-ACS-2018.pdf>

Bombas circulatoras Grundfos:

<https://erniopumps.es/pdfs/AGUAS%20LIMPIAS/GRUNDFOS%20-%20Serie%20TP%20Circuladoras%20en%20L%C3%ADnea.pdf>

- Tarifas Grundfos <http://magazines.grundfos.com/Grundfos/SWE/BGE/tarifa-de-precios-Grundfos-Espana/#/>
- TPE2 65-180: https://product-selection.grundfos.com/product-detail.product-detail.html?cmpid=ot%3Aipaper%3Apricelist%3Abge%3Atpe2-i_98416759%3Aagplinkpdp&custid=BGE&frequency=50&productnumber=98416759&qcid=936391400
- MAGNA3 50-180F: https://product-selection.grundfos.com/product-detail.product-detail.html?cmpid=ot%3Aipaper%3Apricelist%3Abge%3Amagna3_97924286%3Aagplinkpdp&custid=BGE&frequency=50&productnumber=97924286&qcid=936393803

Vasos de expansión Ibaiondo: <https://achedosol.com/descargas/ibaiondo/catalogo-tarifa-ibaiondo-2019.pdf>

Tuberías de cobre La Farga: <https://www.lafarga.es/es/catalogos>

Información general, CYPE Ingenieros: <http://www.cype.es/>

Temario de la asignatura “Energía Solar Fototérmica”, código 12627, tercer curso del grado en Ingeniería Mecánica impartida por Jorge Payá Herrero.

Precio del gas natural: <https://precioogas.com/faq/precio-kwh>

Legislación nacional: <https://www.boe.es/buscar/legislacion.php>

Legislación municipal: <https://sede.valencia.es/sede/ordenanzas/index.xhtml?lang=1>

Sede electrónica del catastro: <http://www.sedecatastro.gob.es/>

Fichas de seguridad del etilenglicol y el propilenglicol.

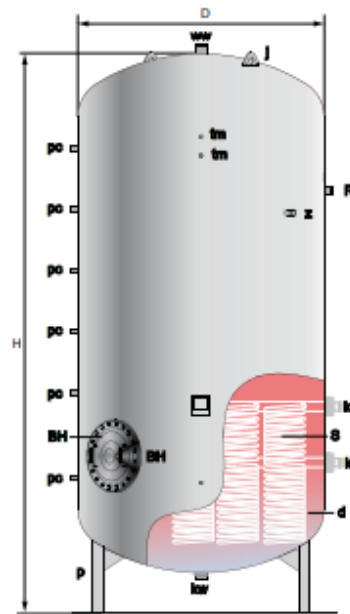
Datos proporcionados por la Residencia Universitaria Galileo Galilei.

ANEXO I: CATÁLOGOS

ACUMULADORES

DEPÓSITOS ACS: ACERO INOXIDABLE

- Capacidad: **7.000 a 12.000 litros.**
- Material: **acero inoxidable AISI 304 L ó AISI 316 L.**
- Presión de trabajo: **8 bar** (opcional 10, 12 bar).
- Temperatura máxima de trabajo: **90°C.**
- Boca de hombre lateral **DN400.**
- Tratamiento interno: decapado y pasivado químicos.
- Instalación: vertical (opcional horizontal).
- OPCIONAL: sistema de serpentines desmontables **lapesa** para producción ACS.
- OPCIONAL: equipo de protección catódica "lapesa correx-up".
- OPCIONAL: resistencias eléctricas de calentamiento, de inmersión o cerámicas.
- OPCIONAL: aislamiento térmico, forro flexible PVC, con fibra de vidrio de 50 ó 100 mm., suministrado aparte.



BH - Boca de paso de hombre lateral DN400
d - Depósito acumulador
j - Drejatas manipulación
p - Pies de elevación
S - serpentines de calentamiento (OPCIONAL)

CARACTERÍSTICAS GENERALES		MXV-7000-RB	MXV-8000-RB	MXV-10000-RB	MXV-12000-RB
Capacidad ACS	L	7000	8000	10000	12000
D: Diámetro exterior	mm.	1750	1750	1750	1750
H: Altura total	mm.	3633	4058	4808	5808
kw: entrada agua red / vaciado	* GAS/M	3	3	3	3
ww: salida ACS	* GAS/M	3	3	3	3
z: reducción ACS	* GAS/M	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
R: conexión lateral	* GAS/H	2	2	2	2
pc: conexión "lapesa correx-up"	* GAS/M	3/4	3/4	3/4	3/4
tm: conexión sensores	* GAS/H	1/2	1/2	1/2	1/2
Peso en vacío (aprox.)	Kg	677	757	887	1059
Boca de hombre lateral	DN	DN400	DN400	DN400	DN400
OPCIÓN SERPENTINES (superficie intercambio 10 m²)		MXV-7000-SB	MXV-8000-SB	MXV-10000-SB	MXV-12000-SB
kw: entrada primario	* GAS/M	2	2	2	2
kr: retorno primario	* GAS/M	2	2	2	2
Peso en vacío (aprox.)	Kg	760	860	990	1162

Captadores solares planos gama S-Comfort FKC



Modelo	Referencia	Código EAN	Descripción	Precio base de venta €
Gama captadores S-Comfort FKC-2				
FKC-2 S CTE	8 718 530 946	4 051 516 040 246	Captador solar plano de alto rendimiento, con tratamiento selectivo PVD, para montaje en vertical. - Permite conexión en paralelo hasta 10 captadores. - Circuito hidráulico en parrilla de 11 tubos. - Uniones metálicas flexibles entre captadores de muy fácil conexión incluidas. - Aislamiento de lana mineral de 55 mm. de espesor. - Carcasa de una sola pieza, realizada en fibra de vidrio. - Superficie apertura: 2,25 m ² . - Dimensiones totales: 1.175 x 2.017 x 87 mm. - Curva de rendimiento: $\eta_0=0,766$; $K1=3,216$; $K2=0,015$.(*)	640
FKC-2 W CTE	8 718 530 947	4 051 516 040 253	Captador solar plano de alto rendimiento, con tratamiento selectivo PVD, para montaje en horizontal. - Permite conexión en paralelo hasta 10 captadores. - Circuito hidráulico en parrilla de 11 tubos. - Uniones metálicas flexibles entre captadores de muy fácil conexión incluidas. - Aislamiento de lana mineral de 55 mm. de espesor. - Carcasa de una sola pieza, realizada en fibra de vidrio. - Superficie apertura: 2,25 m ² . - Dimensiones totales: 2.017 x 1.175 x 87 mm. - Curva de rendimiento: $\eta_0=0,770$ $K1=3,871$; $K2=0,012$.(*)	705
FS17-2 CTE	8 718 531 462	4 051 516 202 262	Juego de conexiones hidráulicas entre captadores, para instalación en cubierta plana, inclinada e integrado. Compuesto por: - 2 tiras de aislamiento en espuma elastomérica, para aislar las uniones metálicas entre captadores. - 2 codos con salida en rosca macho de 3/4" para las conexiones de entrada y salida al grupo de captadores. - 2 tapones en latón. - 1 prensaestopas para instalación de la sonda de temperatura. - 1 llave allen para montaje de los captadores sobre las estructuras de soporte. - Necesario un juego por cada grupo o batería de captadores.	52

Significado de la denominación de los captadores Junkers: FK= Captador Solar (2,25 m²) C= S-Comfort S= Vertical W= Horizontal
 (*) Curva de rendimiento según EN 12975-2 (basada en el área de apertura).

Kit de estructuras de soporte de cubiertas planas

Para facilitar la elección de la estructura de soporte, elaboramos una serie de paquetes con las estructuras de soporte más comunes.



Modelo	Referencia	Descripción	Precio base de venta €
Para cubiertas planas - Captadores verticales - Sin refuerzo adicional			
FV2-2	7 736 501 198	Estructura soporte para 2 captadores verticales (FKF3-2: 1 unidad; FKF4-2: 1 unidad)	319
FV3-2	7 736 501 199	Estructura soporte para 3 captadores verticales (FKF3-2: 1 unidad; FKF4-2: 2 unidades)	441
FV4-2	7 736 501 200	Estructura soporte para 4 captadores verticales (FKF3-2: 1 unidad; FKF4-2: 3 unidades)	563
FV5-2	7 736 501 201	Estructura soporte para 5 captadores verticales (FKF3-2: 1 unidad; FKF4-2: 4 unidades)	683
FV6-2	7 736 501 202	Estructura soporte para 6 captadores verticales (FKF3-2: 1 unidad; FKF4-2: 5 unidades)	807
FV7-2	7 736 501 203	Estructura soporte para 7 captadores verticales (FKF3-2: 1 unidad; FKF4-2: 6 unidades)	929
FV8-2	7 736 501 204	Estructura soporte para 8 captadores verticales (FKF3-2: 1 unidad; FKF4-2: 7 unidades)	1.051
FV9-2	7 736 501 205	Estructura soporte para 9 captadores verticales (FKF3-2: 1 unidad; FKF4-2: 8 unidades)	1.173
FV10-2	7 736 501 206	Estructura soporte para 10 captadores verticales (FKF3-2: 1 unidad; FKF4-2: 9 unidades)	1.295

2.6 Typschild

Das Typschild des Kollektors befindet sich am Kollektorgehäuse und enthält Angaben in Symbolform.

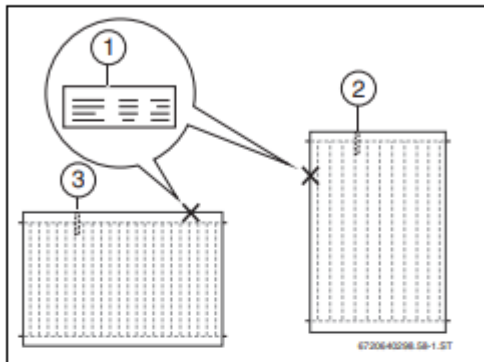


Bild 3 Position des Typschildes

- 1 Typschild am Kollektorgehäuse
- 2 Tauchhülse Kollektorfühler, Kollektortyp senkrecht
- 3 Tauchhülse Kollektorfühler, Kollektortyp waagrecht

Symbol	Bedeutung	Erklärung
t_{stg}	temperature _{stagnation}	Stillstandstemperatur, max.
p_{max}	pressure _{maximum}	Betriebsdruck, max.
m	mass	Gewicht
A_G	area _{gross}	Außenfläche
A_a	area _{apertur}	Aperturfläche (lichtdurchlässige Fläche)
A_A	area _{absorber}	Absorberfläche
V_f	volume _{fluid}	Kollektorinhalt

Tab. 3 Typschildangaben

2.7 Technische Daten

FKC-2	
Zertifikate	
Länge	2017 mm
Breite	1175 mm
Höhe	87 mm
Abstand zwischen den Kollektoren	25 mm
Kollektoranschluss (als Tülle verformt)	23 mm
Absorberinhalt, Typ senkrecht (V_f)	0,94 l
Absorberinhalt, Typ waagrecht (V_f)	1,35 l
Außenfläche (Bruttofläche, A_G)	2,37 m ²
Absorberfläche (Nettofläche, A_A)	2,18 m ²
Aperturfläche (lichtdurchlässige Fläche, A_a)	2,25 m ²
Gewicht netto, Typ senkrecht	40 kg
Gewicht netto, Typ waagrecht	41 kg
zulässiger Betriebsdruck Kollektor (p_{max})	6 bar
max. Stillstandstemperatur	199 °C

Tab. 4

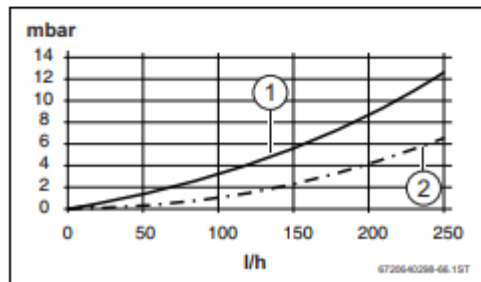


Bild 4 Druckverluste der Kollektoren

- 1 Druckverlustkurve für Typ senkrecht
- 2 Druckverlustkurve für Typ waagrecht

Aeroterms

La nueva generación de disipadores que le proporciona Lumelco se trata de una línea de productos competitivos que se caracterizan por una fabricación robusta y fiable, que se ajusta a sus necesidades.

Estos disipadores ofrecen un excelente rendimiento, especialmente en caudales bajos, permitiendo así una fácil instalación en cualquier lugar y una fácil integración con otros elementos. Los motores combinados con las excelentes características sonoras y el bajo consumo, los convierten en unos equipos de un rendimiento excelente.

Los disipadores son aptos para trabajar en circuitos de agua o en sistemas solares donde se combina agua con propilenglicol. Como opcionales se pueden incorporar disipadores con tratamientos especiales para ambientes salinos entre otros.

Estos disipadores trabajan con ventiladores soplantes a batería y los datos que se especifican a continuación se proporcionan con una temperatura ambiente de 35° C y el fluido es una mezcla de agua con propilenglicol al 40%, partiendo de una temperatura de entrada a batería de 90° C y salida de 77° C.



Modelos y precios

	Potencia disipada (kW)	Modelo	Caudal m ³ /h	PC (Kpa)	Vent x Pot	Dim (mm)	P.V.R.
Monofásico o Trifásico	8	DGS401 A/4	0,6	5,3	1 x 285	780 x 555 x 362	1.145 €
	16	DGS401 A/4	1,2	17,9	1 x 285	780 x 555 x 362	1.145 €
	24	DGS401 A/4	1,7	28,6	1 x 285	780 x 555 x 362	1.145 €
	32	DGS401 B/8	2,3	15,4	1 x 285	780 x 555 x 362	1.255 €
	40	DGS402 A/11	2,9	9	2 x 285	1380 x 555 x 362	1.760 €
	48	DGS402 A/11	3,5	13,8	2 x 285	1380 x 555 x 362	1.760 €
Trifásico	56	DGS501 A/11	4	17,9	1 x 780	1105 x 828 x 428	2.060 €
	64	DGS501 B/14	4,6	16,5	1 x 780	1105 x 828 x 428	2.300 €
	72	DGS501 B/14	5,2	21,6	1 x 780	1105 x 828 x 428	2.300 €
	80	DGS501 C/16	5,8	24,1	1 x 780	1105 x 828 x 428	2.510 €
	96	DGS502 A/20	6,9	15,1	2 x 780	2005 x 828 x 428	2.940 €
	112	DGS502 A/20	8,1	20,3	2 x 780	2005 x 828 x 428	2.940 €
	120	DGS502 A/20	8,7	22,9	2 x 780	2005 x 828 x 428	2.940 €
	144	DGS502 B/24	10,4	28,9	2 x 780	2005 x 828 x 428	3.490 €
	160	DGS502 C/32	11,6	21	2 x 780	2005 x 828 x 428	4.020 €
	184	DGS503 A/28	13,3	27,5	3 x 780	2905 x 828 x 428	4.770 €
	200	DGS503 B/34	14,5	28,2	3 x 780	2905 x 828 x 428	5.300 €
	224	DGS503 B/40	16,2	21,8	3 x 780	2905 x 828 x 428	5.300 €
	240	DGS503 C/44	17,4	25,4	3 x 780	2905 x 828 x 428	5.840 €
	264	DGS503 C/64	19,1	10,5	3 x 780	2905 x 828 x 428	5.840 €
	288	DGS504 B/48	20,8	26,8	4 x 780	3805 x 828 x 428	6.960 €
	320	DGS504 C/64	23,1	19,4	4 x 780	3805 x 828 x 428	7.755 €

Para modelos DSG40

Motores Ziehl-Abegg
400 V / III / 50 Hz
330 W / 0,6 A / 1.430 rpm

Para modelos DSG50

Motores Ziehl-Abegg
400 V / III / 50 Hz
780 W / 1,35 A / 1.340 rpm

Aldin H3

de 18 a 934 kW

CE



- Placas en **ACERO INOXIDABLE AISI 316L o AISI 304**
- Juntas de Nitrilo (NBR) o EPDM
- Soportes de acero al carbono pintados en azul
- Versátil y compacto
- Alto intercambio térmico
- Mínimo contenido de agua
- Presión máxima: 16 bar

Características técnicas intercambiador de placas Aldin H3

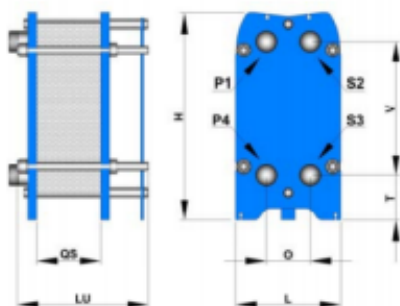
Los intercambiadores de placas Aldin H3 están fabricados con unos armazones que encierran, mediante unos tirantes adecuados, el conjunto de placas ensambladas. El particular diseño en espina de las placas hace que cuando las placas son presionadas durante el ensamblaje, se creen dos canales totalmente aislados, de primario y de secundario, dentro de los cuales los dos medios son distribuidos uniformemente y fluyen en la dirección opuesta el uno del otro. La superficie corrugada de la placa causa una turbulencia en los fluidos que circulan dentro del intercambiador, mejorando la transferencia de calor entre ellos.

Las placas están equipadas con juntas de Nitrilo (NBR) o EPDM que aseguran la perfecta estanqueidad del intercambiador, incluso en condiciones de alta presión.

Las ventajas de intercambiadores de placas desmontables son:

- Alto coeficiente de transferencia de calor.
- Ninguna mezcla entre fluidos de primario y secundario.
- Flexibilidad, ya que se puede adaptar el intercambiador a las condiciones cambiantes de las instalación, ya sea añadiendo o eliminando placas.
- Durabilidad, gracias a la posibilidad de mantenimiento del intercambiador, ya sea mediante limpieza de las placas, o sustitución de las mismas si fuera necesario.

Dimensiones intercambiadores Aldin H3



Leyenda:

P1: Entrada primario
 P4: Salida primario
 S3: Entrada secundario
 S2: Salida secundario
 Superficie placa: 0,07 m²
 Contenido de agua: 0,20 litros/placa
 Peso (kg): 90 + 0,5 x N° Placas

Datos técnicos intercambiadores Aldin H3

Modelos	Dimensiones en mm						conexiones	
	H	L	O	V	T	QS	LU	P1-P4-S2-S3
Aldin H3	605	303	126	394	130	2,9 x n° placas	400 (de 7 a 45 placas)	2"
							700 (de 46 a 101 placas)	



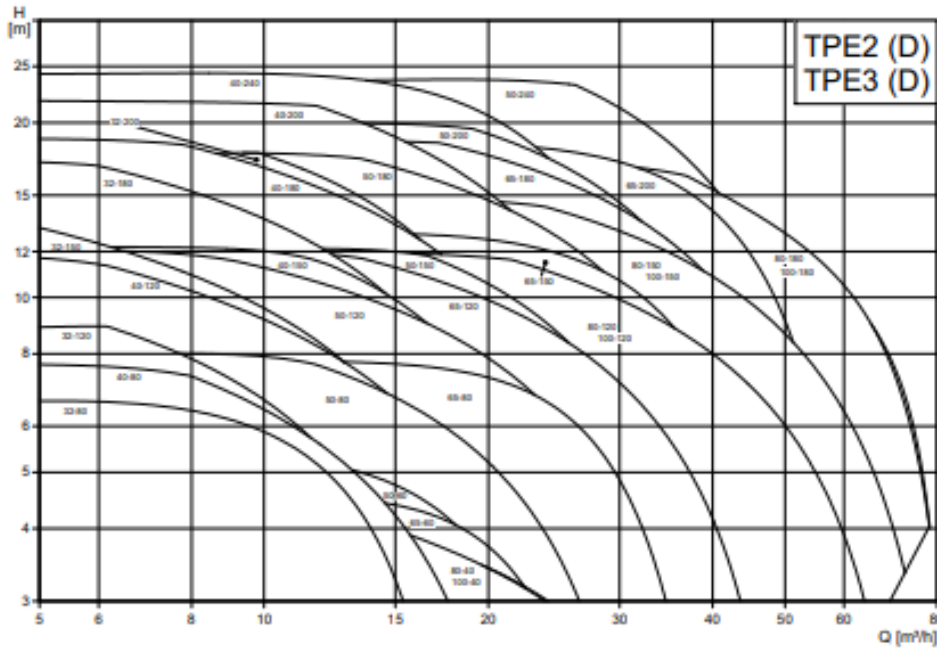
Modelos	Nº placas	Potencia (kW)	Primario 80 – 65°C		Secundario 10 – 60°C		P.V.P. AISI 316 L Espesor 0,5mm	P.V.P. AISI 316 L Espesor 0,4mm
			Caudal (m³/h)	Pérdida de carga (mca)	Caudal (m³/h)	Pérdida de carga (mca)		
Aldin H3/7	7	18	1,03	0,26	0,31	0,03	939 €	925 €
Aldin H3/9	9	64	3,67	1,87	1,10	0,21	988 €	970 €
Aldin H3/11	11	92	5,27	2,25	1,58	0,28	1.038 €	1.016 €
Aldin H3/13	13	122	6,99	2,61	2,10	0,34	1.088 €	1.062 €
Aldin H3/15	15	152	8,71	2,95	2,61	0,38	1.138 €	1.108 €
Aldin H3/17	17	173	9,92	2,98	2,98	0,38	1.188 €	1.154 €
Aldin H3/19	19	192	11,01	2,99	3,30	0,37	1.237 €	1.199 €
Aldin H3/21	21	209	11,98	2,99	3,59	0,36	1.287 €	1.245 €
Aldin H3/23	23	225	12,90	2,98	3,87	0,35	1.337 €	1.291 €
Aldin H3/25	25	241	13,81	2,98	4,14	0,33	1.387 €	1.337 €
Aldin H3/27	27	257	14,73	2,98	4,42	0,33	1.436 €	1.383 €
Aldin H3/29	29	273	15,65	2,98	4,69	0,32	1.486 €	1.429 €
Aldin H3/31	31	290	16,62	2,99	4,99	0,31	1.536 €	1.474 €
Aldin H3/33	33	307	17,60	3,00	5,28	0,31	1.586 €	1.520 €
Aldin H3/35	35	324	18,57	3,00	5,57	0,31	1.636 €	1.566 €
Aldin H3/37	37	341	19,55	2,99	5,86	0,31	1.685 €	1.612 €
Aldin H3/39	39	359	20,58	2,99	6,17	0,31	1.735 €	1.658 €
Aldin H3/41	41	377	21,61	2,99	6,48	0,31	1.785 €	1.703 €
Aldin H3/43	43	395	22,64	3,00	6,79	0,31	1.835 €	1.749 €
Aldin H3/45	45	412	23,62	2,99	7,09	0,31	1.885 €	1.795 €
Aldin H3/47	47	429	24,59	2,99	7,38	0,31	1.994 €	1.901 €
Aldin H3/49	49	446	25,57	2,99	7,67	0,31	2.044 €	1.946 €
Aldin H3/51	51	462	26,48	3,00	7,95	0,31	2.094 €	1.992 €
Aldin H3/53	53	477	27,34	3,00	8,20	0,31	2.144 €	2.038 €
Aldin H3/55	55	491	28,15	3,00	8,44	0,31	2.193 €	2.084 €
Aldin H3/57	57	504	28,89	3,00	8,67	0,31	2.243 €	2.130 €
Aldin H3/59	59	516	29,58	2,99	8,87	0,31	2.293 €	2.175 €
Aldin H3/61	61	528	30,27	2,99	9,08	0,30	2.343 €	2.221 €
Aldin H3/63	63	540	30,95	3,00	9,29	0,30	2.393 €	2.267 €
Aldin H3/65	65	551	31,59	2,99	9,48	0,30	2.442 €	2.313 €
Aldin H3/67	67	563	32,27	3,00	9,68	0,29	2.492 €	2.359 €
Aldin H3/69	69	575	32,96	3,00	9,89	0,29	2.542 €	2.404 €
Aldin H3/71	71	587	33,65	2,99	10,09	0,29	2.592 €	2.450 €
Aldin H3/73	73	600	34,39	2,99	10,32	0,29	2.641 €	2.496 €
Aldin H3/75	75	615	35,25	3,00	10,58	0,29	2.691 €	2.542 €
Aldin H3/77	77	630	36,11	2,99	10,83	0,29	2.741 €	2.588 €
Aldin H3/79	79	647	37,09	3,00	11,13	0,29	2.791 €	2.634 €
Aldin H3/81	81	664	38,06	2,99	11,42	0,29	2.841 €	2.679 €
Aldin H3/83	83	682	39,09	2,99	11,73	0,30	2.890 €	2.725 €
Aldin H3/85	85	701	40,18	3,00	12,06	0,30	2.940 €	2.771 €
Aldin H3/87	87	718	41,16	3,00	12,35	0,30	2.990 €	2.817 €
Aldin H3/89	89	732	41,96	2,99	12,59	0,31	3.040 €	2.863 €
Aldin H3/91	91	743	42,59	3,00	12,78	0,31	3.090 €	2.908 €
Aldin H3/93	93	905	51,88	2,91	15,56	0,32	3.139 €	2.954 €
Aldin H3/95	95	924	52,97	2,91	15,89	0,30	3.189 €	3.000 €
Aldin H3/97	97	929	53,25	2,96	15,98	0,29	3.239 €	3.046 €
Aldin H3/99	99	934	53,54	2,99	16,06	0,26	3.289 €	3.092 €

Nota: Los datos que se muestran en la tabla anterior corresponden a unos saldos térmicos determinados. Para otras condiciones de trabajo, Aldingas S.L. puede calcularle el intercambiador de placas que satisfaga sus necesidades. Accesorios en pag. 52

2. Gama de rendimiento

Curvas características, TPE2, TPE3, PN 6, 10, 16

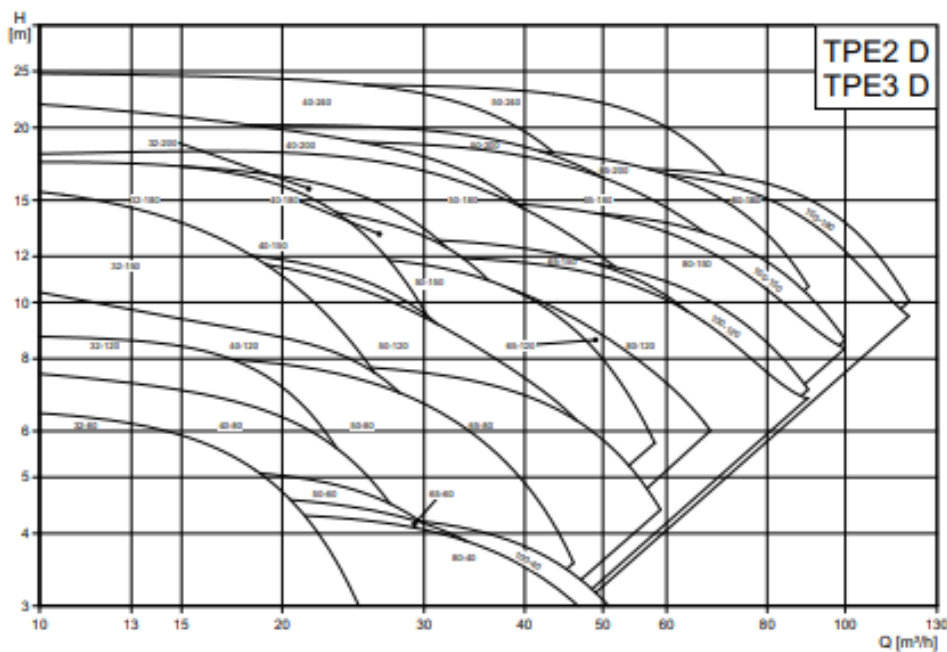
Véase la página 118 para curvas de rendimiento.



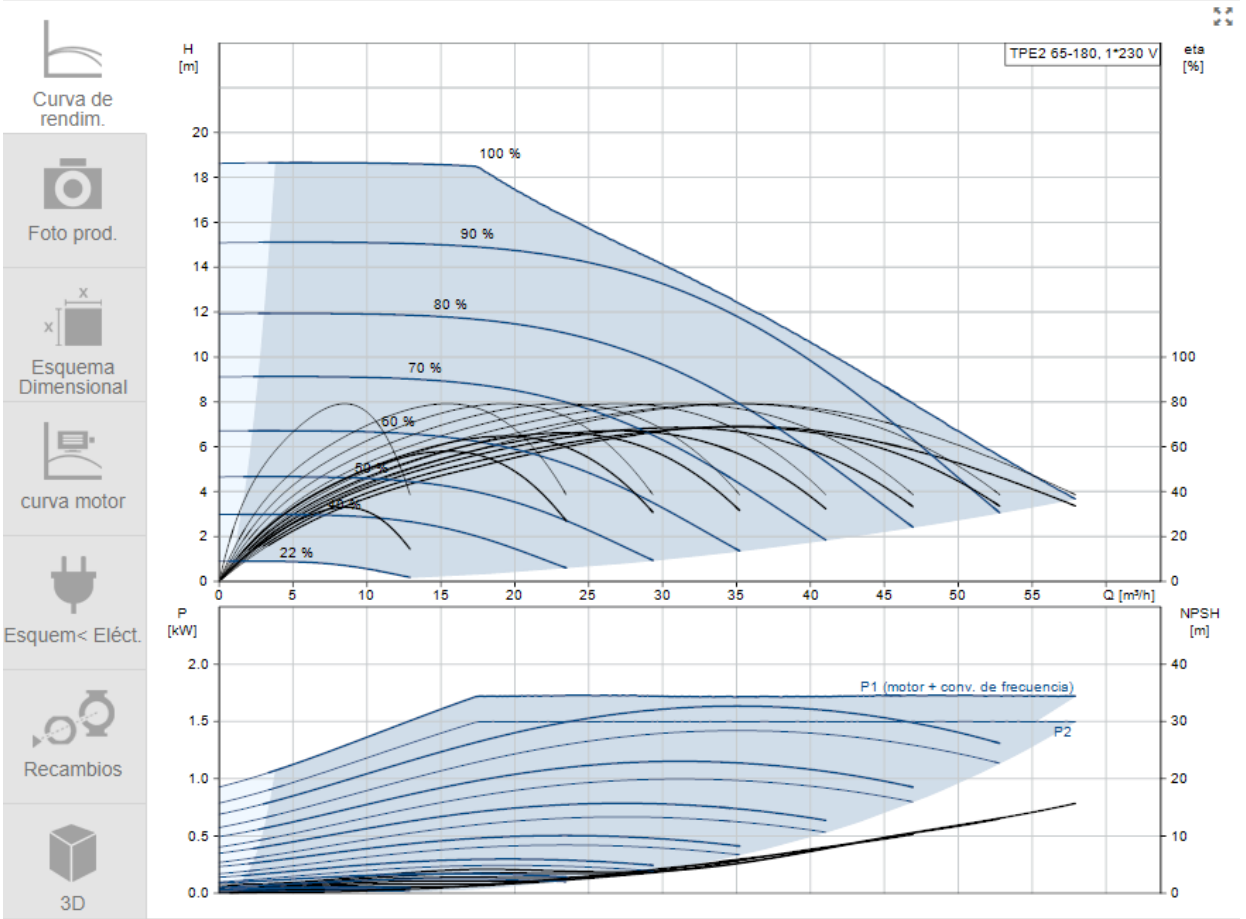
TM05 B 177 49 14

Curvas características, TPE2 D, TPE3 D, funcionamiento de bombas dobles, PN 6, 10, 16

Véase la página 118 para curvas de rendimiento.



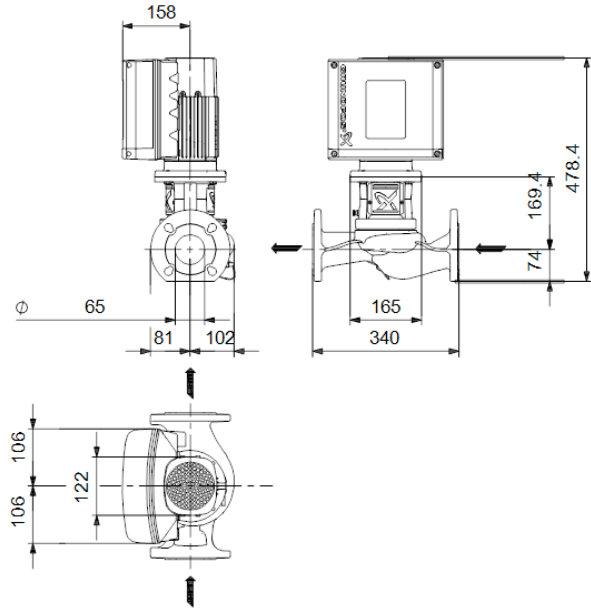
TM05 B 198 49 14









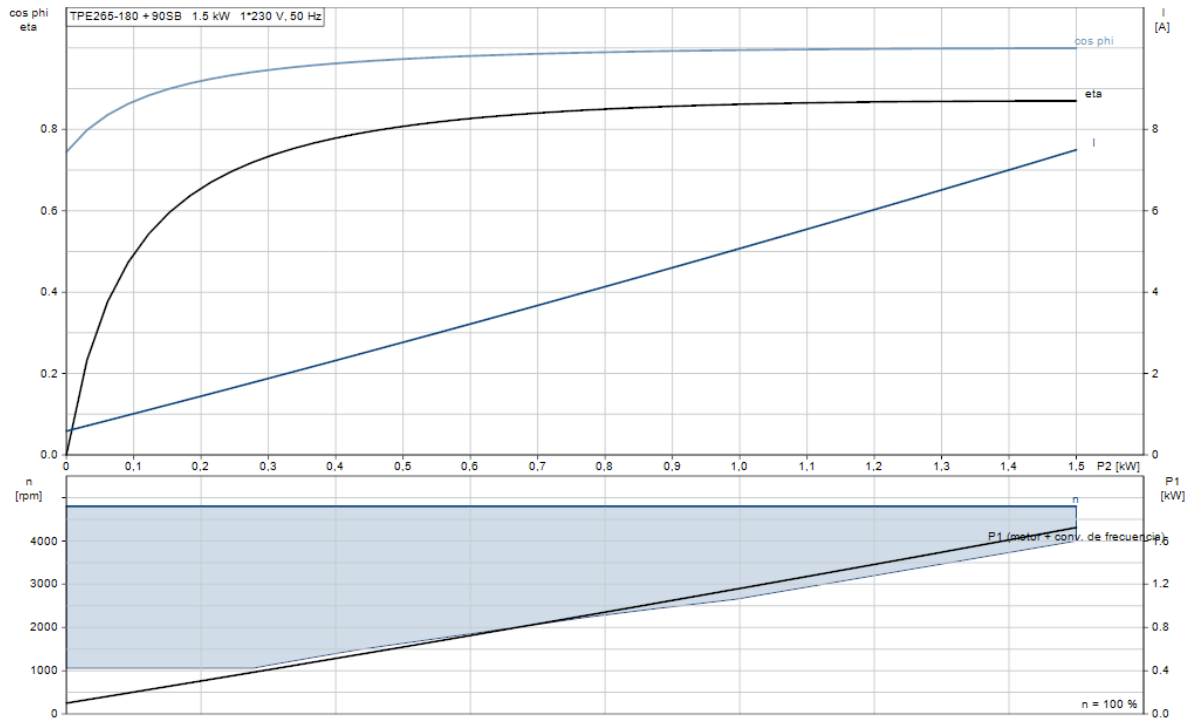
-  Curva de rendim.
-  Foto prod.
-  Esquema Dimensional
-  curva motor
-  Esquem< Eléct.
-  Recambios
-  3D



-  Curva de rendim.
-  Foto prod.
-  Esquema Dimensional
-  curva motor
-  Esquem < Eléct.
-  Recambios
-  3D



-  Curva de rendim.
-  Foto prod.
-  Esquema Dimensional
-  curva motor
-  Esquem < Eléct.
-  Recambios
-  3D



Especificaciones

Producto:	TPE2 65-180 N-A-F-I-BQQE-HAC
Código:	98416759
Número EAN:	5711494655427
Precio	6.590,00 EUR

Técnico	
Velocidad predeterminada	4470 rpm
Caudal nominal	37.2 m ³ /h
Altura nominal	11.9 m
Altura máx	180 dm
Diámetro real del impulsor	78 mm
Código del cierre	BQQE
Tolerancia de curva	ISO9906:2012 3B2
Versión de la bomba	A

Materiales	
Cuerpo hidráulico	Acero inoxidable
Carcasa de la bomba	EN 1.4308
Carcasa de la bomba	ASTM CF8
Impulsor	Composite
Código de material	I

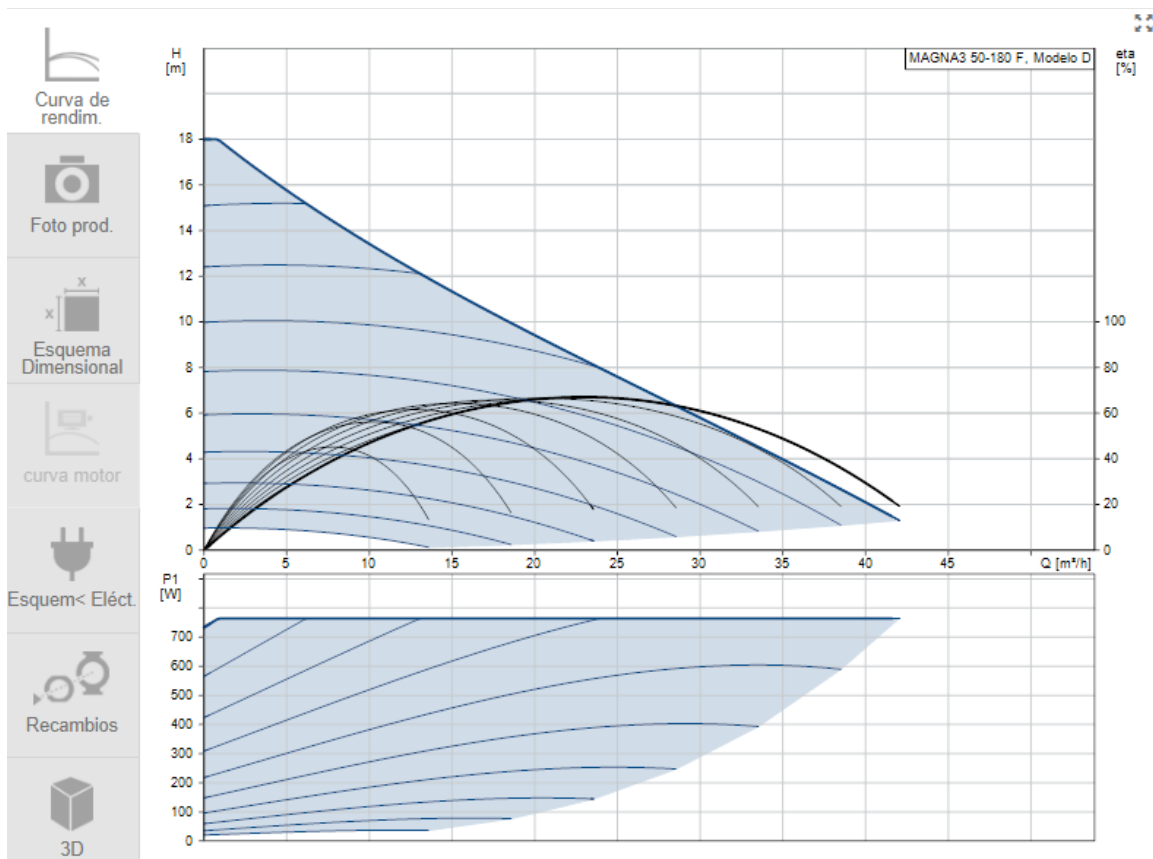
Instalación	
Rango de temperaturas ambientes	-20 .. 50 °C
Presión de trabajo máxima	10 bar
Presión máxima a la temp. declarada	10 bar / 120 °C
Tipo de conexión	DIN
Tamaño de la conexión	DN 65
Presión nominal para la conexión de la tubería	PN 6/10
Longitud puerto a puerto	340 mm
Tamaño de la brida del motor	56C
Código de conexión	F








Líquido	
Líquido bombeado	Agua
Rango de temperatura del líquido	-25 .. 120 °C
Temperatura del líquido durante el funcionamiento	20 °C
Densidad	998.2 kg/m ³

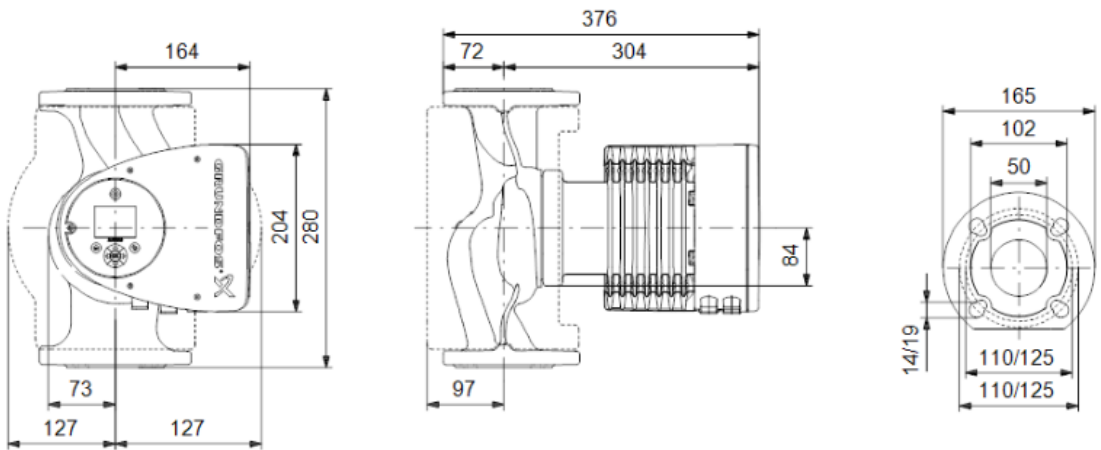
Datos eléctricos	
Tipo de motor	90SB
Clase eficiencia IE	IE5
Potencia nominal - P2	1.5 kW
Frecuencia de red	50 / 60 Hz
Tensión nominal	1 x 200-240 V
Intensidad nominal	9.20-7.60 A
Cos phi - factor de potencia	0.99
Velocidad nominal	480-5900 rpm
Eficiencia	87.5%
Eficiencia del motor a carga total	87.5 %
Grado de protección (IEC 34-5)	IP55
Clase de aislamiento (IEC 85)	F
Protec de motor	Sí
Motor N.º	99138031

Paneles control	
Panel de control	HMI200 (estándar)
Módulo función	FM300 (avanzado)
Convertidor de frecuencia	Built-in

Otros	
Índice de eficiencia mínima, IE min	0.7
Peso neto	30.5 kg
Peso bruto	39.2 kg
Volumen de transporte	0.16 m ³
Arch. config. n.º	98819183
País de origen.	HU
Tarifa personalizada n.º	84137051



-  Curva de rendim.
-  Foto prod.
-  Esquema Dimensional
-  curva motor
-  Esquem< Eléct.
-  Recambios
-  3D



Especificaciones

Producto: MAGNA3 50-180 F
Código: 97924286
Número EAN: 5710626493616
Precio 4.211,00 EUR

Técnico

Caudal nominal 21.88 m³/h
Altura nominal 8.733 m
Altura máx. 180 dm
Clase TF 110
Homologaciones en la placa de características CE,VDE,EAC,CN ROHS,WEEE
Modelo D

Materiales

Carcasa de la bomba Hierro fundido
Carcasa de la bomba EN-GJL-250
Carcasa de la bomba ASTM A48-250B
Impulsor PES 30 % FIBRA VIDRIO

Instalación

Rango de temperaturas ambientes 0 .. 40 °C
Presión de trabajo máxima 10 bar
Normativa de brida DIN
Conexión de tubería DN 50
Presión nominal PN6/10
Longitud puerto a puerto 280 mm

Líquido

Líquido bombeado Agua
Rango de temperatura del líquido -10 .. 110 °C
Temperatura del líquido durante el funcionamiento 60 °C
Densidad 983.2 kg/m³

Datos eléctricos

Potencia - P1 23 .. 764 W
Frecuencia de red 50 / 60 Hz
Tensión nominal 1 x 230 V
Consumo de intensidad máximo 0.24 .. 3.45 A
Grado de protección (IEC 34-5) X4D
Clase de aislamiento (IEC 85) F

Otros

Energía (IEE) 0.18
Peso neto 19 kg
Peso bruto 21.2 kg
Volumen de transporte 0.046 m³
VVS danés n.º 380953518
RSK sueco n.º 5732498
Finés 4615157
NRF noruego n.º 9042677
País de origen. DE
Tarifa personalizada n.º 84137030

VASOS DE EXPANSIÓN

Presión máxima de trabajo: s/modelo
 Precarga: 1,5 Bar (Aire)
 Temperatura de servicio: -10° C / 100° C
 Conexión de agua: s/tabla R - GM

Modelos sin patas 5 Bar



Código	Modelo	Volumen (Lts)	Peso (Kg)	Ø D (mm)	H (mm)	R Conexión agua	Precio (€)
02005343	5 CMF	5	2	200	250	3/4"	20,14
02008343	8 CMF	8	2,5	200	340	3/4"	21,03
02012343	12 CMF	12	3,2	270	310	3/4"	21,99
02018343	18 CMF	18	4	270	415	3/4"	24,66
02025343	25 CMF	25	4,5	320	430	3/4"	30,35
02035343	35 CMF	35	7	360	475	3/4"	43,89

Modelos con patas 6 Bar (conexión superior)



Código	Modelo	Volumen (Lts)	Peso (Kg)	Ø D (mm)	H (mm)	R Conexión agua	Precio (€)
▶ 02035345	35 CMF-P	35	7	360	480	3/4"	46,50
▶ 02050343	50 CMF-P	50	7,5	360	630	3/4"	68,39
04080351	80 CMF	80	16	485	570	1"	99,79
04100351	100 CMF	100	18	485	650	1"	142,31
04140351	140 CMF	140	24	485	935	1"	176,10
04200351	200 CMF	200	36	600	860	1"	225,14
04250351	250 CMF	250	44	600	1095	1"	256,10
04300351	300 CMF	300	49	600	1240	1"	326,51
04400351	400 CMF	400	56	600	1480	1"	385,21

▶ **NOTA:** La presión máxima de trabajo del 35 CMF-P y 50 CMF-P es 4 Bar.

Modelos con patas 6 Bar (conexión inferior)



Código	Modelo	Volumen (Lts)	Peso (Kg)	Ø D (mm)	H (mm)	R Conexión agua	Precio (€)
04500351	500 CMF	500	63	750	1445	1"	627,68
04600351	600 CMF	600	77	750	1700	1"	755,04
04800351	800 CMF	800	95	750	2155	1"	988,97
04101351	1000 CMF	1000	118	750	2555	1"	1.165,21

IBAIONDO

Gama tiras

DIMENSIÓN (MM)	PRESIÓN DE TRABAJO (BAR)*	PRESIÓN DE ROTURA (KG/CM ²)	LONGITUD TIRAS (M)	METROS/PALET
15 x 0,75	60	302	5	500
18 x 0,75	50	250	5	500
8 x 1	161	806	5	500
10 x 1	126	630	5	500
12 x 1	104	518	5	500
14 x 1	88	439	5	500
15 x 1	82	409	5	750
16 x 1	76	382	5	500
18 x 1	67	337	5	500
22 x 1	55	213	5	500
28 x 1	43	213	5	500
35 x 1	34	170	5	250
42 x 1	28	141	5	200
54 x 1,2	26	131	5	150
15 x 1,5	126	630	5	900
18 x 1,5	104	518	5	750
22 x 1,5	84	418	5	500
28 x 1,5	65	325	5	450
35 x 1,5	52	257	5	350
42 x 1,5	43	213	5	200
54 x 1,5	33	165	5	150
64 x 1,5	28	139	5	100
76,1 x 1,5	23	116	5	50
15 x 1	82	409	2,5	750
18 x 1	67	337	2,5	500
22 x 1	55	273	2,5	500

ANEXO II.-GRÁFICAS PARA EL DIMENSIONADO DE TUBERÍAS

I.-Gráfica de viscosidad para una mezcla de agua y propilenglicol.

En rojo, la viscosidad para el punto de congelación y en verde para la temperatura de funcionamiento.

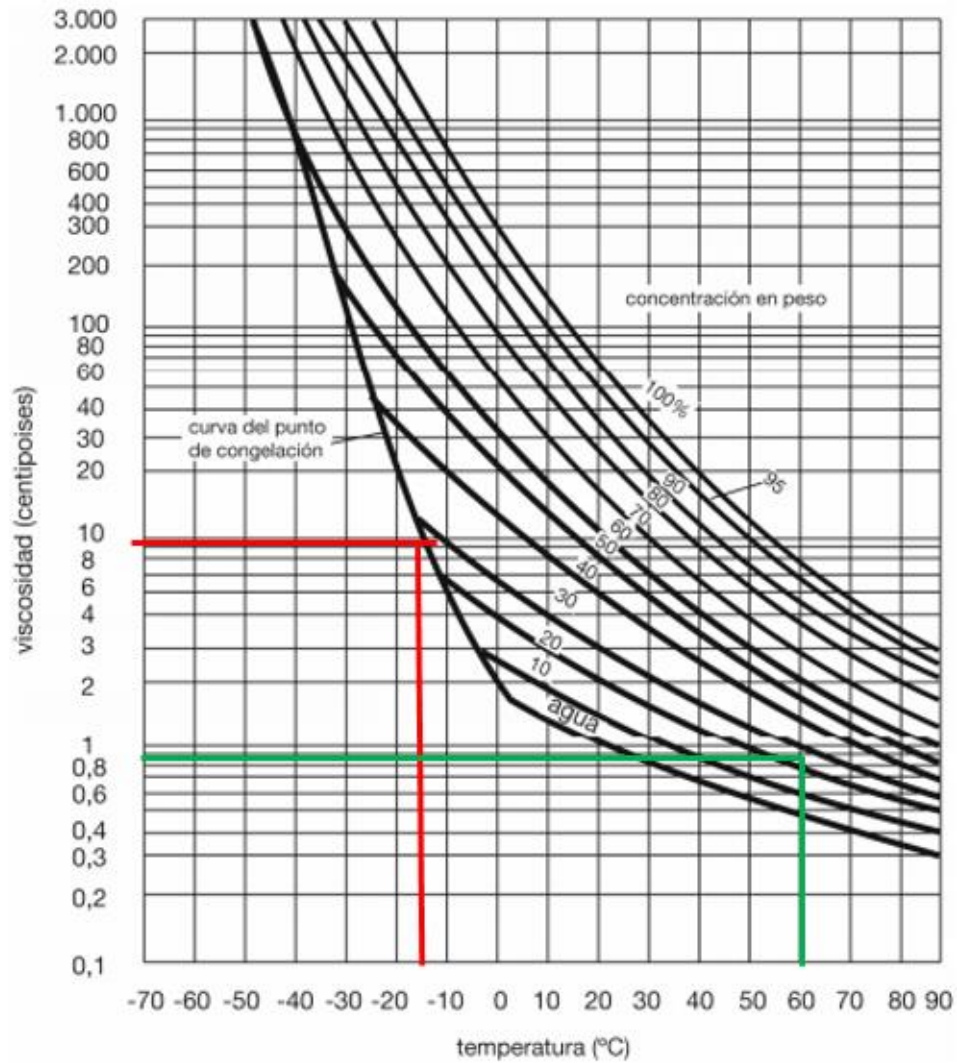


Figura I.-Viscosidad de una disolución de propilenglicol, en función de la temperatura

Fuente: <https://certificacionenergetica.info/>

II.-Gráfica de densidad de una mezcla de agua y propilenglicol

En rojo, la densidad para el punto de congelación y en verde para la temperatura de funcionamiento.

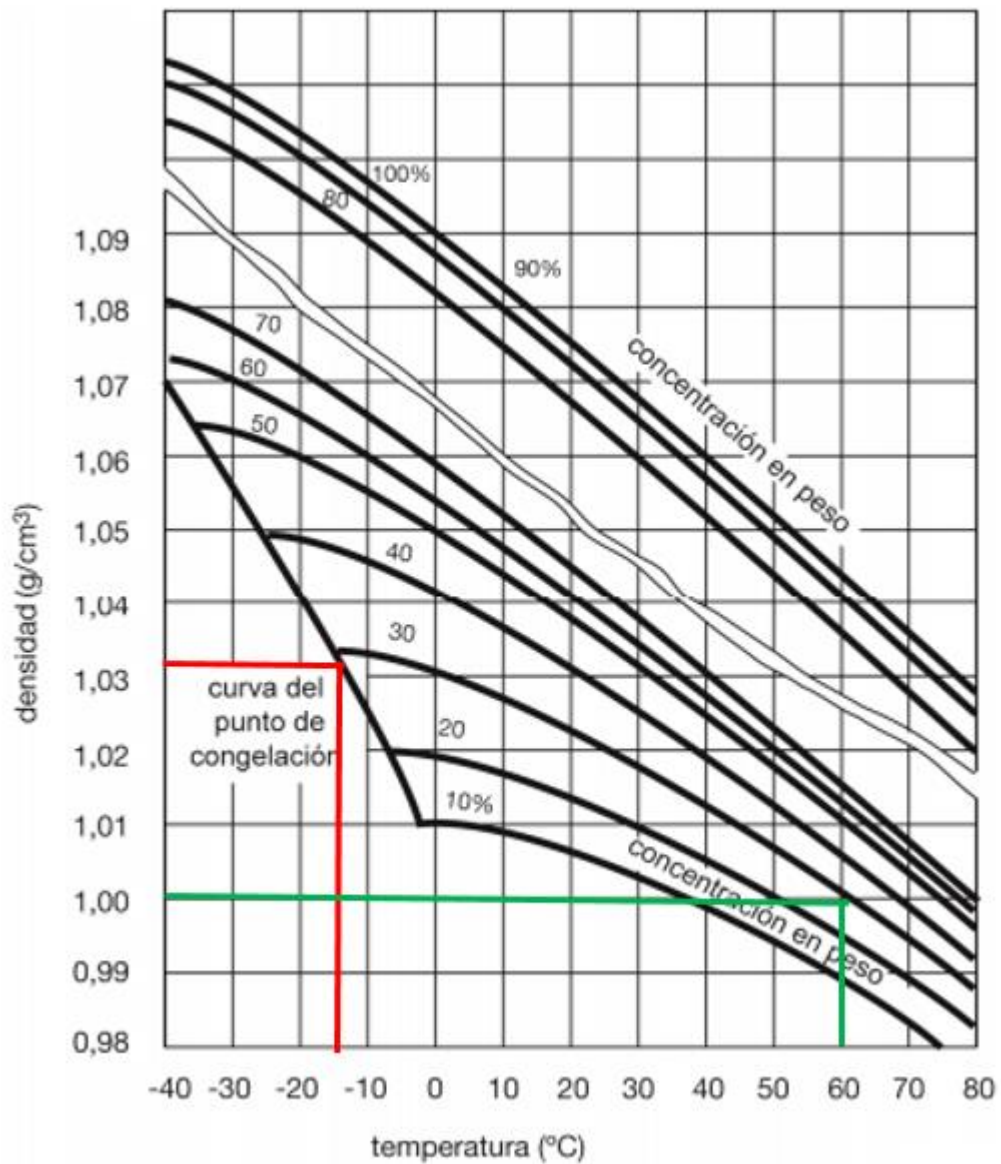


Figura II.-Densidad de una disolución de propilenglicol, en función de la temperatura.

Fuente: <https://certificacionenergetica.info/>

III.-Viscosidad del agua

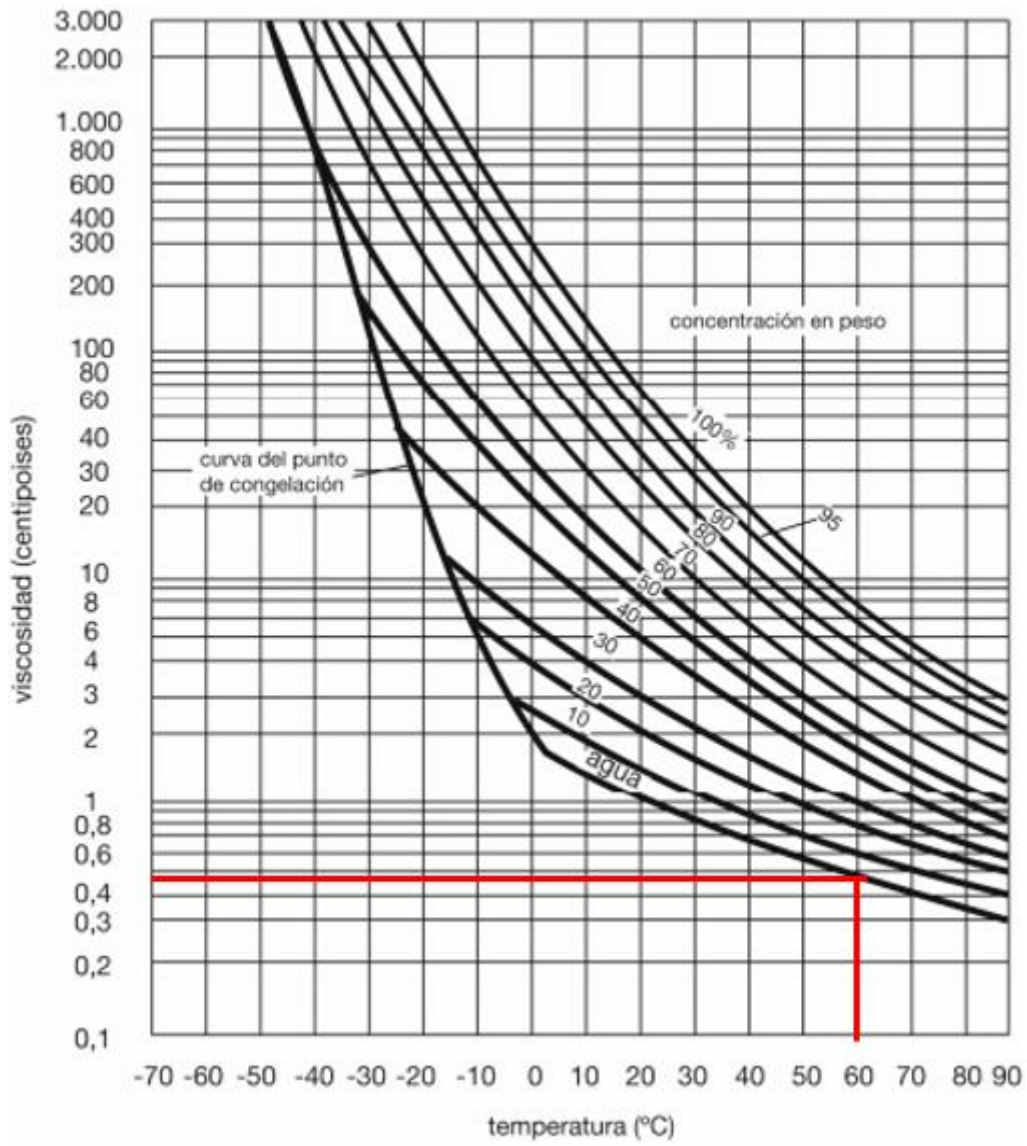


Figura III.-Viscosidad del agua

Fuente: <https://certificacionenergetica.info/>

IV.-Dimensionado de tuberías

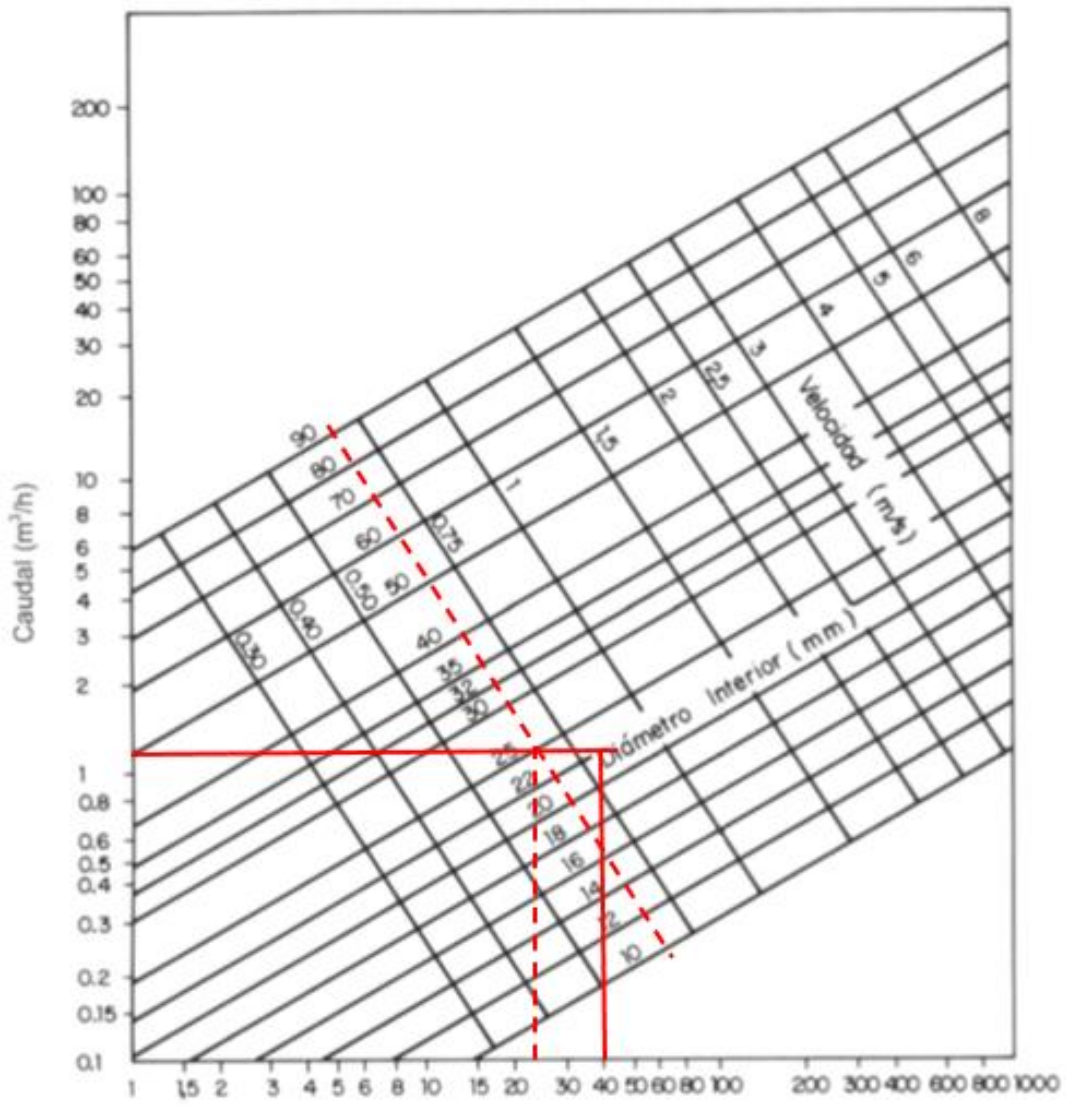


Figura IV.-Selección de tuberías de conexión con las baterías

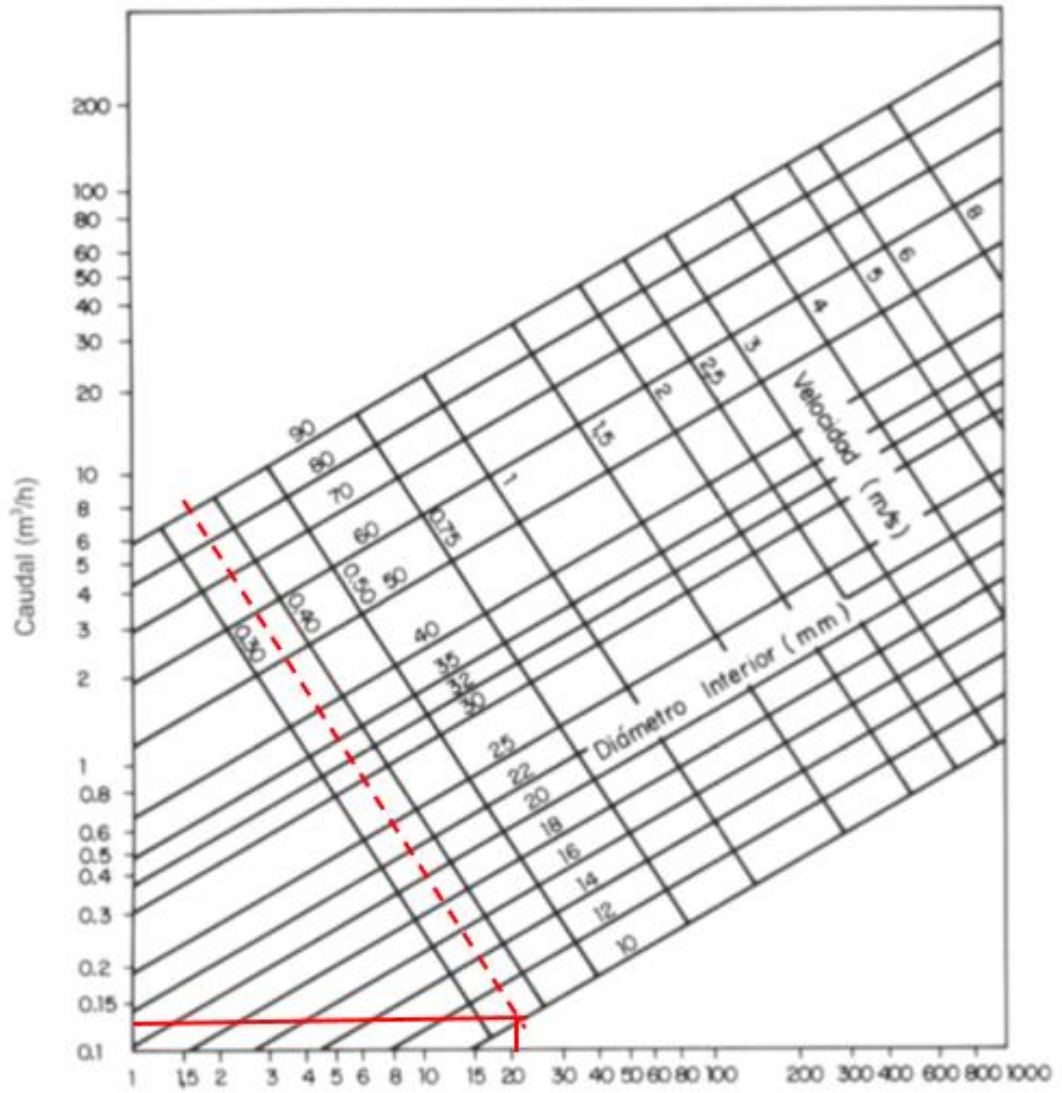


Figura V.-Selección de tuberías de interconexión de los captadores

ANEXO III.-CERTIFICADO DE CHEQ4



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

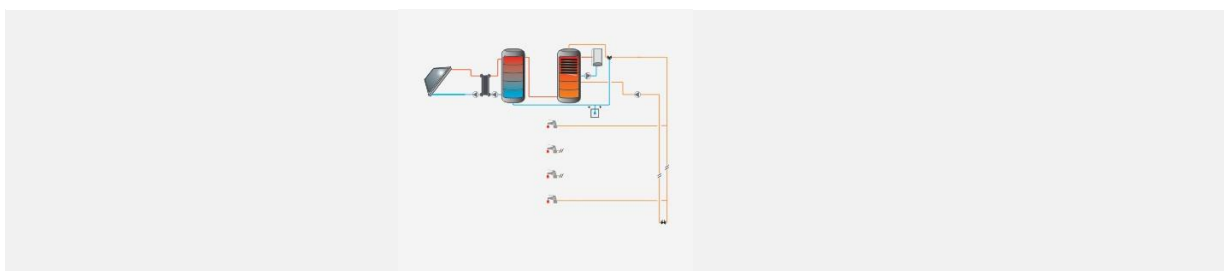
Datos del proyecto

Nombre del proyecto	INSTALACION GALILEO GALILEI
Comunidad	COMUNIDAD VALENCIANA
Localidad	VALENCIA
Dirección	AV. DE LOS NARANJOS s/n

Datos del autor

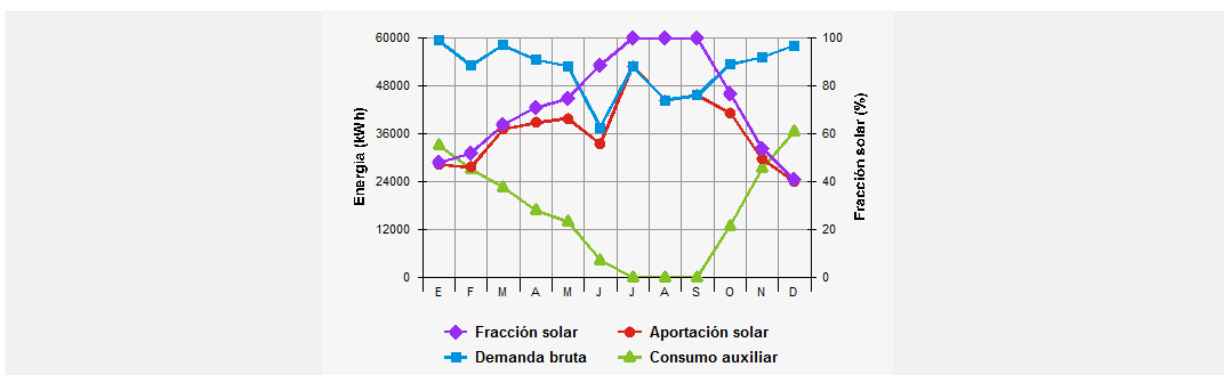
Nombre	ELENA ALBERCA CONESA
Empresa o institución	
Email	
Teléfono	

Características del sistema solar



Localización de referencia	Valencia (Valencia/València)
Altura respecto la referencia [m]	2
Sistema seleccionado	Instalación con consumo múltiple totalmente centralizada
Demanda [l/día a 60°C]	35.642
Ocupación %	Ene: 92, Feb: 93, Mar: 94, Abr: 093, May: 91, Jun: 70, Jul: 100, Ago: 86, Sep: 87, Oct: 94, Nov: 94, Dic: 92

Resultados



Fracción solar [%]	71
Demanda neta [kWh]	621.720
Demanda bruta [kWh]	626.409
Aporte solar [kWh]	443.797
Consumo auxiliar [kWh]	195.394
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	95.798

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

Cálculo del sistema de referencia

De acuerdo al apartado 2.2.1 de la sección HE4, la contribución solar mínima podrá sustituirse parcial o totalmente mediante una instalación alternativa de otras energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia instalación térmica del edificio.

Para poder realizar la sustitución se justificará documentalmente que las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía primaria no renovable, debidos a la instalación alternativa y todos sus sistemas auxiliares para cubrir completamente la demanda de ACS, o la demanda total de ACS y calefacción si se considera necesario, son iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia (se considerará como sistema de referencia para ACS, y como sistema de referencia para calefacción, una caldera de gas con rendimiento medio estacional de 92%).

Demanda ACS total [kWh]	621.720
Demanda ACS de referencia [kWh]	177.923
Demanda calefacción CALENER [kWh]	0
Consumo energía primaria [kWh]	206.932
Emisiones de CO2 [kg CO2]	41.746

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

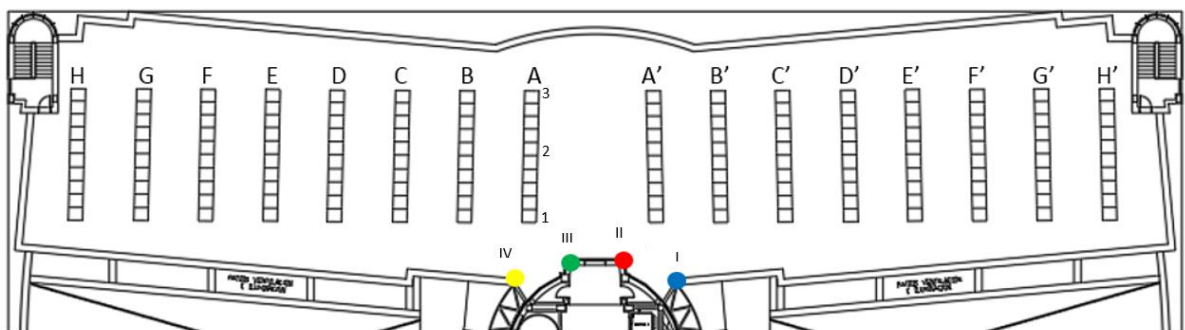
Parámetros del sistema		Verificación en obra
Campo de captadores		
Captador seleccionado	FKC-2 S (Junkers)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	NPS-55111 - Verificar vigencia	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	160,0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	1,0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0,0	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0,0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	55,0	<input type="checkbox"/>
Circuito primario/secundario		
Caudal circuito primario [l/h]	29.808,0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	25,0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	55,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	88,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Sistema de apoyo		
Tipo de sistema	Caldera convencional	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Gas natural	<input type="checkbox"/>
Acumulación		
Volumen [l]	36.000,0	<input type="checkbox"/>
Distribución		
Longitud del circuito de distribución [m]	50,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	50,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	50,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	60,0	<input type="checkbox"/>
Distribución subestaciones		
Longitud del circuito de distribución [m]	50,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	50,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	50,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	genérico	<input type="checkbox"/>

ANEXO IV.-CÁLCULO DE SOMBRAS

Al no haber edificios más altos que en el que se sitúa la instalación, la única estructura que puede hacer sombra al campo de captadores es la que une las dos alas del edificio y se eleva 5 metros sobre la cubierta.

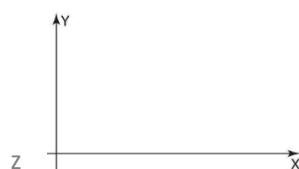
La norma fija en un 10% el porcentaje de pérdidas por sombras en los captadores, por ello es necesario determinar en qué medida influye la presencia de este elemento elevado, ya que de ser superior al 10% el proyecto para esta distribución no sería viable.

En el siguiente esquema se muestra la numeración asignada a cada uno de los elementos que intervienen en el cálculo de sombras. La baterías de captadores están nombradas de la A a la H y de A' a la H' al ser simétricas con respecto a las otras ocho. Los puntos susceptibles de causar sombras están numerados de I a IV e identificados cada uno con un color como se muestra en la siguiente figura.



Dentro de cada batería se identifican tres puntos: uno en la parte más cercana al antepecho, uno en el centro y otro en la parte más cercana al acceso de la terraza, teniendo un total de 48 puntos para todo el campo de captadores.

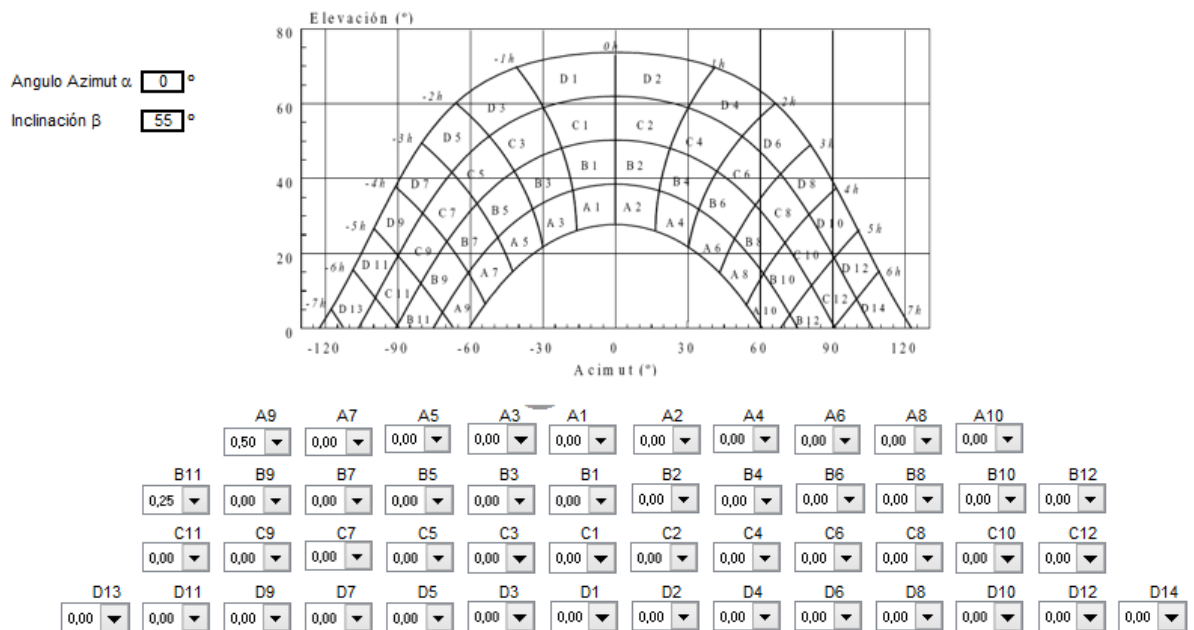
El primer paso para el cálculo de sombras es determinar la distancia de cada punto de las baterías a cada uno de los puntos seleccionados de la estructura central siguiendo el criterio de signos que se indica a continuación y tomando z como la altura de la estructura central (5 m).



Acotando las distancias en el plano se obtienen los siguientes valores en metros:

BATERIA	PUNTO	I		II		III		IV	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
A	1	-12,6	5,2	-8,2	3,1	-3,1	3,1	1,2	5,2
	2	-12,6	10,95	-8,2	8,85	-3,1	8,85	1,2	10,95
	3	-12,6	16,7	-8,2	14,6	-3,1	14,6	1,2	16,7
B	4	-17	5,2	-12,6	3,1	-7,5	3,1	-3,2	5,2
	5	-17	10,95	-12,6	8,85	-7,5	8,85	-3,2	10,95
	6	-17	16,7	-12,6	14,6	-7,5	14,6	-3,2	16,7
C	7	-21,4	5,2	-17	3,1	-11,9	3,1	-7,6	5,2
	8	-21,4	10,95	-17	8,85	-11,9	8,85	-7,6	10,95
	9	-21,4	16,7	-17	14,6	-11,9	14,6	-7,6	16,7
D	10	-25,8	5,2	-21,4	3,1	-16,3	3,1	-12	5,2
	11	-25,8	10,95	-21,4	8,85	-16,3	8,85	-12	10,95
	12	-25,8	16,7	-21,4	14,6	-16,3	14,6	-12	16,7
E	13	-30,2	5,2	-25,8	3,1	-20,7	3,1	-16,4	5,2
	14	-30,2	10,95	-25,8	8,85	-20,7	8,85	-16,4	10,95
	15	-30,2	16,7	-25,8	14,6	-20,7	14,6	-16,4	16,7
F	16	-34,6	5,2	-30,2	3,1	-25,1	3,1	-20,8	5,2
	17	-34,6	10,95	-30,2	8,85	-25,1	8,85	-20,8	10,95
	18	-34,6		-30,2	14,6	-25,1	14,6	-20,8	0
G	19	-39	5,2	-34,6	3,1	-29,5	3,1	-25,2	5,2
	20	-39	10,95	-34,6	8,85	-29,5	8,85	-25,2	10,95
	21	-39	16,7	-34,6	14,6	-29,5	14,6	-25,2	16,7
H	22	-43,4	5,2	-39	3,1	-33,9	3,1	-29,6	5,2
	23	-43,4	10,95	-39	8,85	-33,9	8,85	-29,6	10,95
	24	-43,4	16,7	-39	14,6	-33,9	14,6	-29,6	16,7
A'	25	-1,2	5,2	3,1	3,1	8,2	3,1	12,6	5,2
	26	-1,2	10,95	3,1	8,85	8,2	8,85	12,6	10,95
	27	-1,2	16,7	3,1	14,6	8,2	14,6	12,6	16,7
B'	28	3,2	5,2	7,5	3,1	12,6	3,1	17	5,2
	29	3,2	10,95	7,5	8,85	12,6	8,85	17	10,95
	30	3,2	16,7	7,5	14,6	12,6	14,6	17	16,7
C'	31	7,6	5,2	11,9	3,1	17	3,1	21,4	5,2
	32	7,6	10,95	11,9	8,85	17	8,85	21,4	10,95
	33	7,6	16,7	11,9	14,6	17	14,6	21,4	16,7
D'	34	12	5,2	16,3	3,1	21,4	3,1	25,8	5,2
	35	12	10,95	16,3	8,85	21,4	8,85	25,8	10,95
	36	12	16,7	16,3	14,6	21,4	14,6	25,8	16,7
E'	37	16,4	5,2	20,7	3,1	25,8	3,1	30,2	5,2
	38	16,4	10,95	20,7	8,85	25,8	8,85	30,2	10,95
	39	16,4	16,7	20,7	14,6	25,8	14,6	30,2	16,7
F'	40	20,8	5,2	25,1	3,1	30,2	3,1	34,6	5,2
	41	20,8	10,95	25,1	8,85	30,2	8,85	34,6	10,95
	42	20,8	0	25,1	14,6	30,2	14,6	34,6	0
G'	43	25,2	5,2	29,5	3,1	34,6	3,1	39	5,2
	44	25,2	10,95	29,5	8,85	34,6	8,85	39	10,95
	45	25,2	16,7	29,5	14,6	34,6	14,6	39	16,7
H'	46	29,6	5,2	33,9	3,1	39	3,1	43,4	5,2
	47	29,6	10,95	33,9	8,85	39	8,85	43,4	10,95
	48	29,6	16,7	33,9	14,6	39	14,6	43,4	16,7

A continuación se introducen estos datos en una hoja de cálculo que devuelve el valor del azimut y la inclinación en grados para luego introducirlos para cada caso en la siguiente gráfica útil para el cálculo de sombras a latitud 41° .



Una vez graficados los datos se dibuja el área bajo la curva, que cubre total o parcialmente las celdas en que está dividida la gráfica anterior. Seleccionando el porcentaje cubierto en las casillas que aparecen debajo de ella se obtiene de forma automática el porcentaje de pérdidas por sombras.

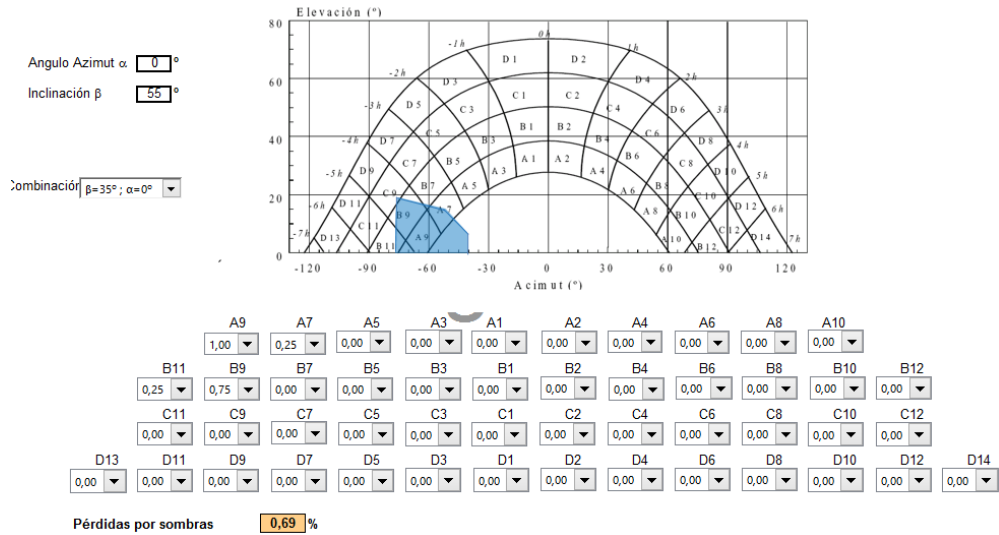
Cabe destacar que los valores obtenidos son orientativos pues el software no es del todo preciso ya que solo permite indicar el porcentaje cubierto de cada celda como 0%, 25%, 50% o 100%.

A continuación se describe de forma detallada el proceso para cada una de las baterías.

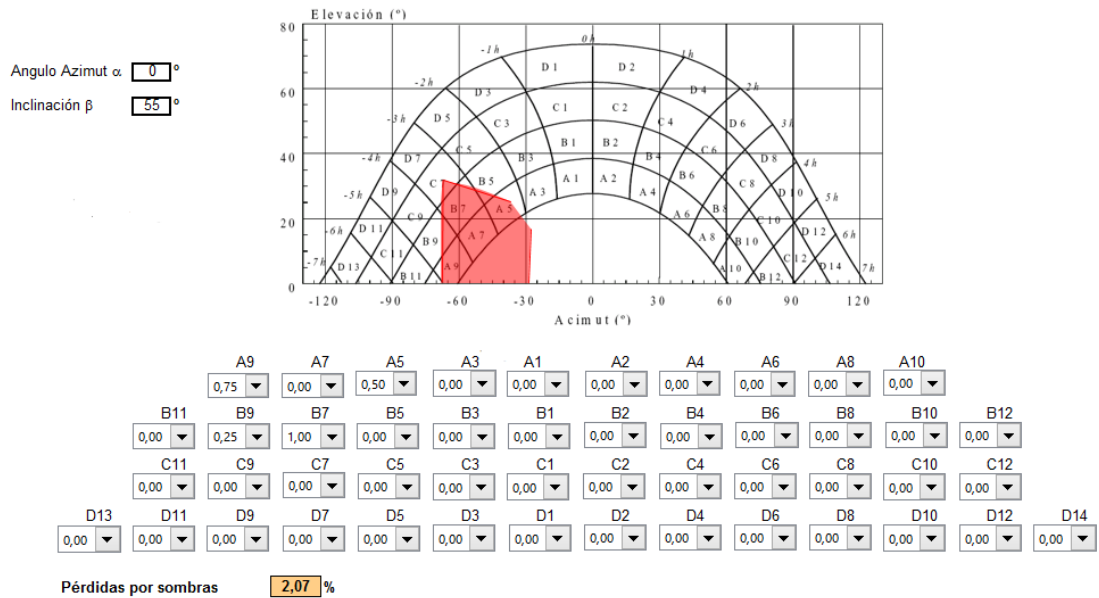
Siguiendo el código de colores previamente establecido, el azul corresponde al punto I, el rojo al II, el verde al III y el amarillo al IV.

BATERÍA A

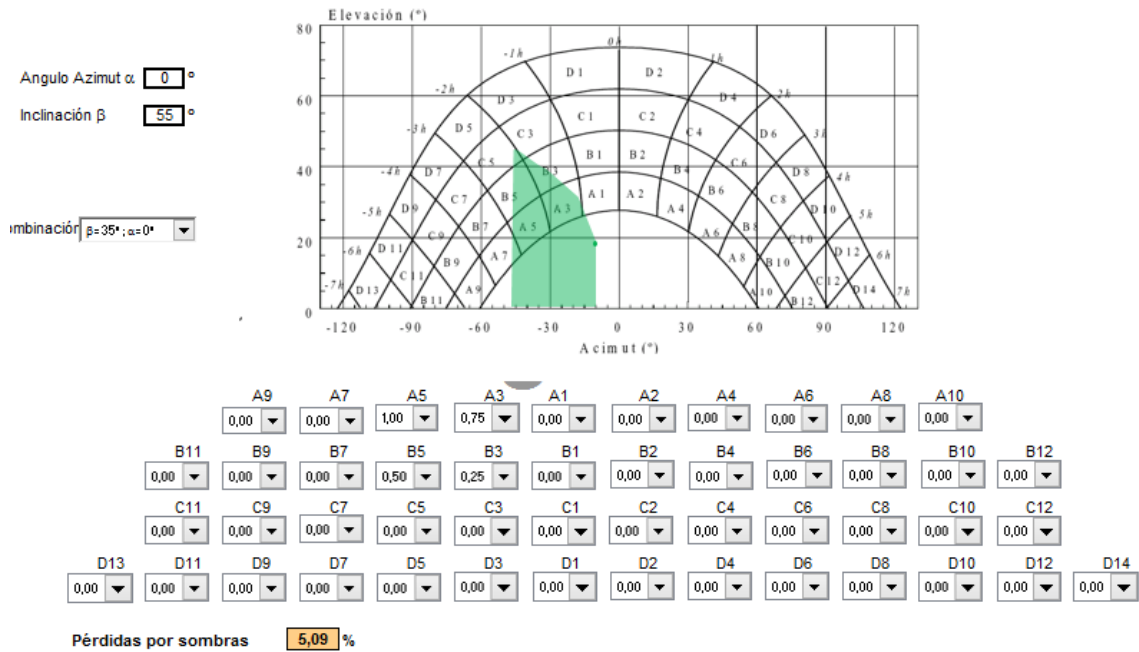
Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0º)		
X (m)	-12.6	-12.6	-12.6
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (º)	-68	-49	-37
Inclinación (º)	20	17	13



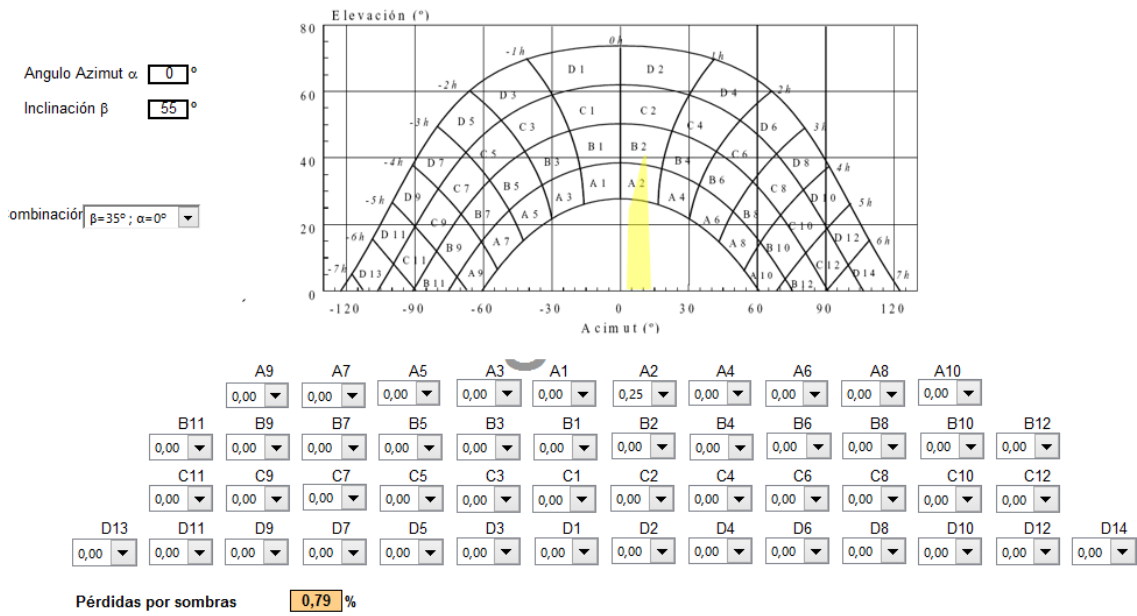
Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0º)		
X (m)	-8.2	-8.2	-8.2
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (º)	-69	-43	-29
Inclinación (º)	30	23	17



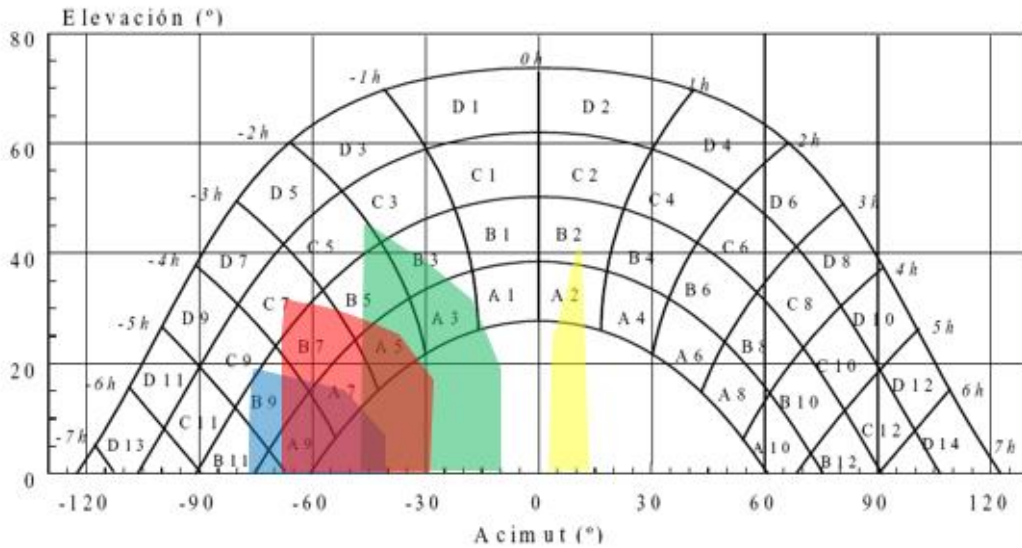
Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-3.1	-3.1	-3.1
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-45	-19	-12
Inclinación (°)	49	28	19



Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	1.2	1.2	1.2
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	13	6	4
Inclinación (°)	43	24	17



La media de las pérdidas obtenidas es de 2.16% para la batería A y la gráfica de todos los puntos juntos queda tal que así:



Al ser un proceso reiterativo es únicamente esta última gráfica la que se va a mostrar para el resto de baterías junto con los valores detallados para cada punto.

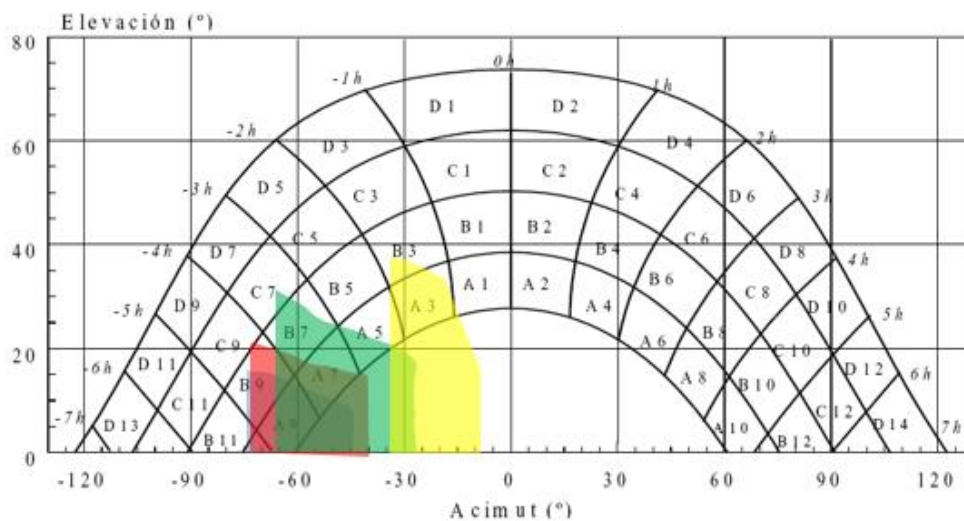
BATERÍA B

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-17	-17	-17
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-73	-57	-46
Inclinación (°)	16	14	12

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-12.6	-12.6	-12.6
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-76	-55	-41
Inclinación (°)	21	18	15

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-7.5	-7.5	-7.5
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-68	-40	-27
Inclinación (°)	32	23	17

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-3.2	-3.2	-3.2
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-32	-16	-11
Inclinación (°)	39	24	16



PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	0.34
II	0.59
III	2.27
IV	2.03
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	
	1.31%

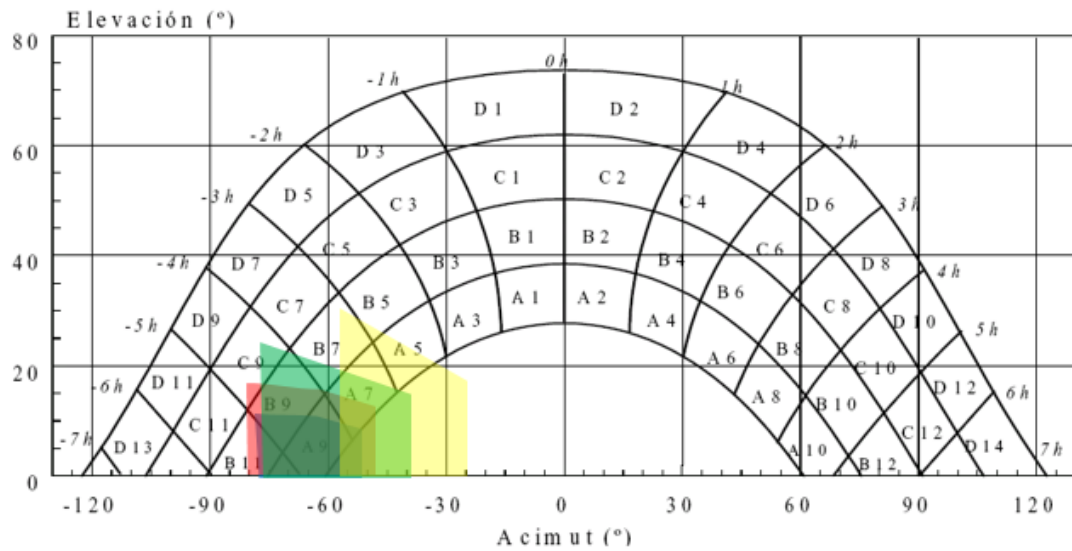
BATERÍA C

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-21.4	-21.4	-21.4
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-76	-63	-52
Inclinación (°)	13	12	10

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-17	-17	-17
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-80	-62	-49
Inclinación (°)	16	15	13

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-11.9	-11.9	-11.9
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-75	-53	-39
Inclinación (°)	22	19	15

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-7.6	-7.6	-7.6
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-56	-35	-24
Inclinación (°)	29	21	15



PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	0.20
II	0.34
III	1.53
IV	2.16
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	
	1.06%

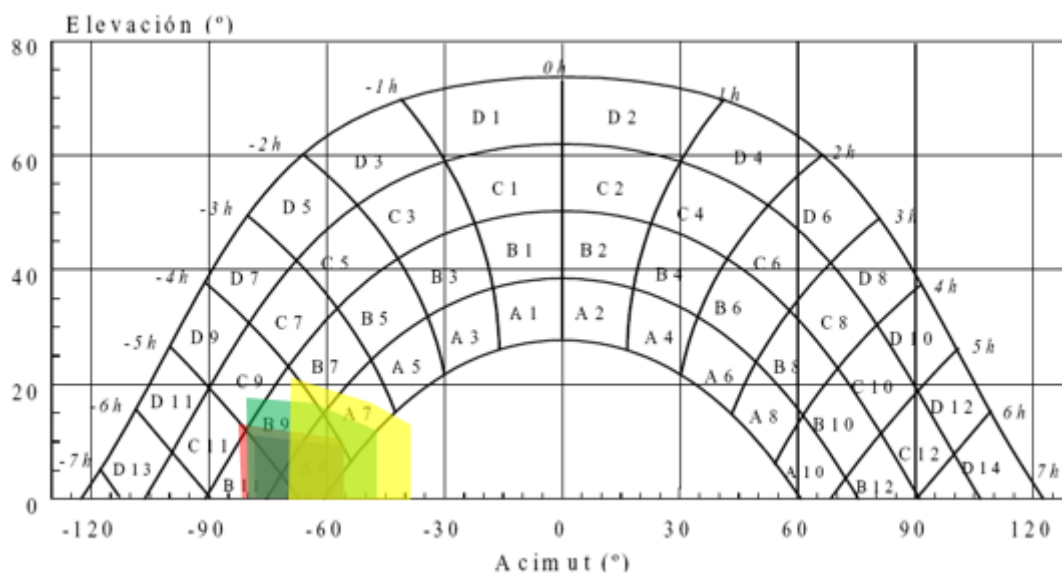
BATERÍA D

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-25.8	-25.8	-25.8
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-79	-67	-57
Inclinación (°)	11	10	9

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-21.4	-21.4	-21.4
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-82	-68	-56
Inclinación (°)	13	12	11

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-16.3	-16.3	-16.3
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-79	-62	-48
Inclinación (°)	17	15	13

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-12	-12	-12
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-67	-48	-36
Inclinación (°)	21	17	14



PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	0.21
II	0.31
III	0.69
IV	0.84
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	0.51%

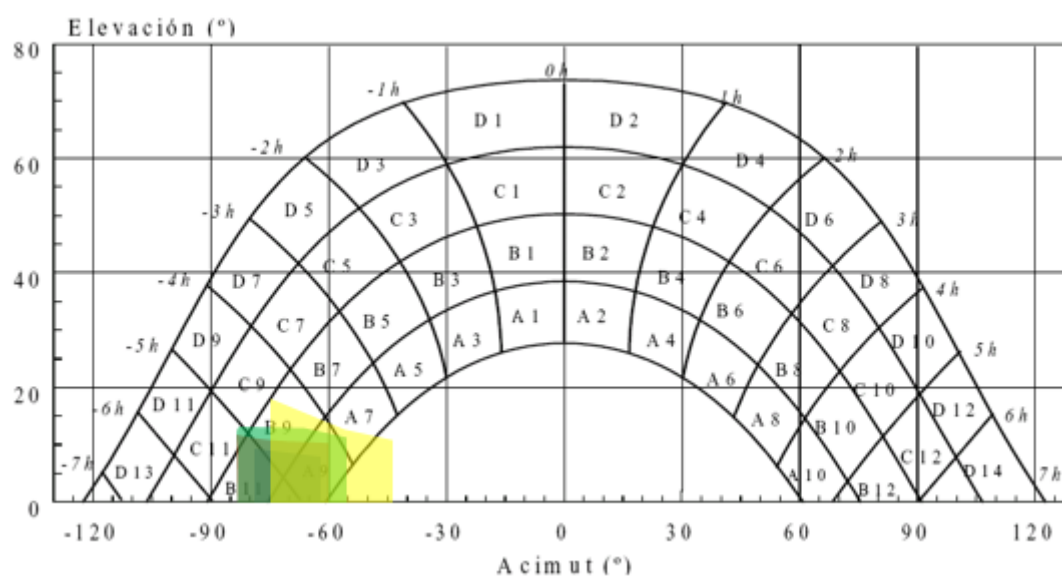
BATERÍA E

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-30.2	-30.2	-30.2
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-80	-70	-61
Inclinación (°)	9	9	8

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-25.8	-25.8	-25.8
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-83	-71	-60
Inclinación (°)	11	10	10

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-20.7	-20.7	-20.7
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-81	-67	-55
Inclinación (°)	13	13	11

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-16.4	-16.4	-16.4
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-72	-56	-44
Inclinación (°)	16	14	12



PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	0.14
II	0.21
III	0.34
IV	0.59
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	
	0.32%

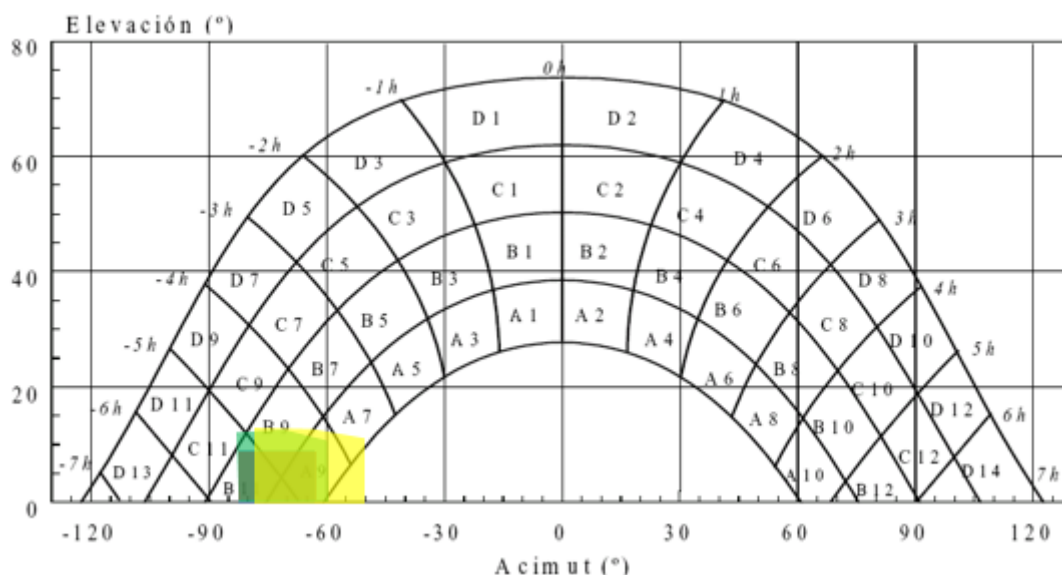
BATERÍA F

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0º)		
X (m)	-34.6	-34.6	-34.6
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (º)	-81	-72	-64
Inclinación (º)	8	8	7

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0º)		
X (m)	-30.2	-30.2	-30.2
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (º)	-84	-74	-64
Inclinación (º)	9	9	9

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0º)		
X (m)	-25.1	-25.1	-25.1
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (º)	-83	-71	-60
Inclinación (º)	11	11	10

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0º)		
X (m)	-20.8	-20.8	-20.8
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (º)	-76	-62	-51
Inclinación (º)	13	12	11



PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	0.17
II	0.04
III	0.28
IV	0.31
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	
	0.20%

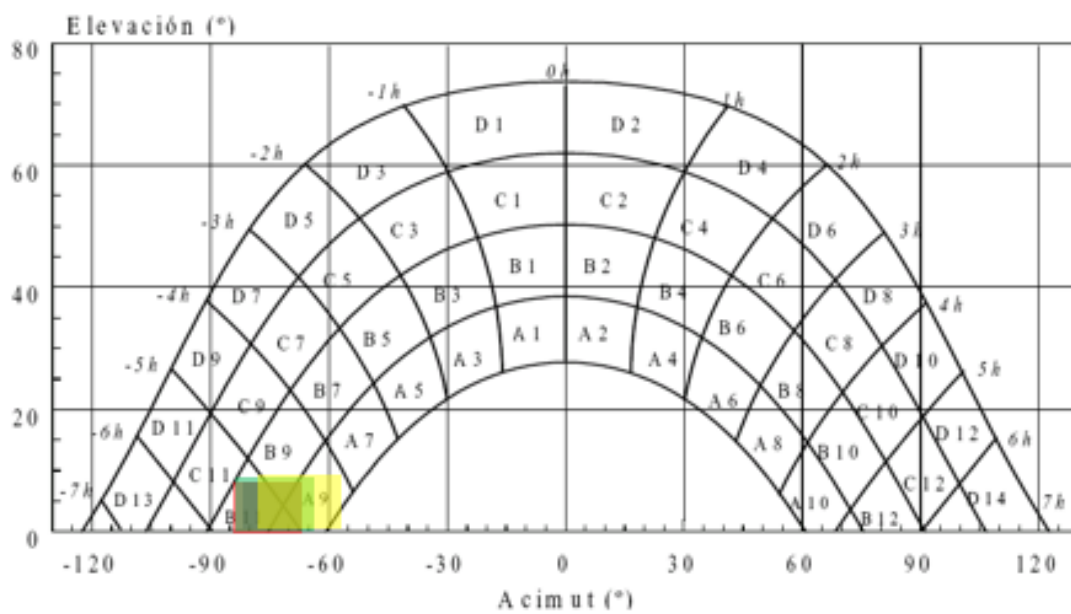
BATERÍA G

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-39	-39	-39
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-82	-74	-67
Inclinación (°)	7	7	7

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-34.6	-34.6	-34.6
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-85	-76	-67
Inclinación (°)	8	8	8

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-29.5	-29.5	-29.5
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-84	-73	-64
Inclinación (°)	10	9	9

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-25.2	-25.2	-25.2
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-78	-67	-56
Inclinación (°)	11	10	9



PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	0.04
II	0.04
III	0.04
IV	0.10
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	
	0.05%

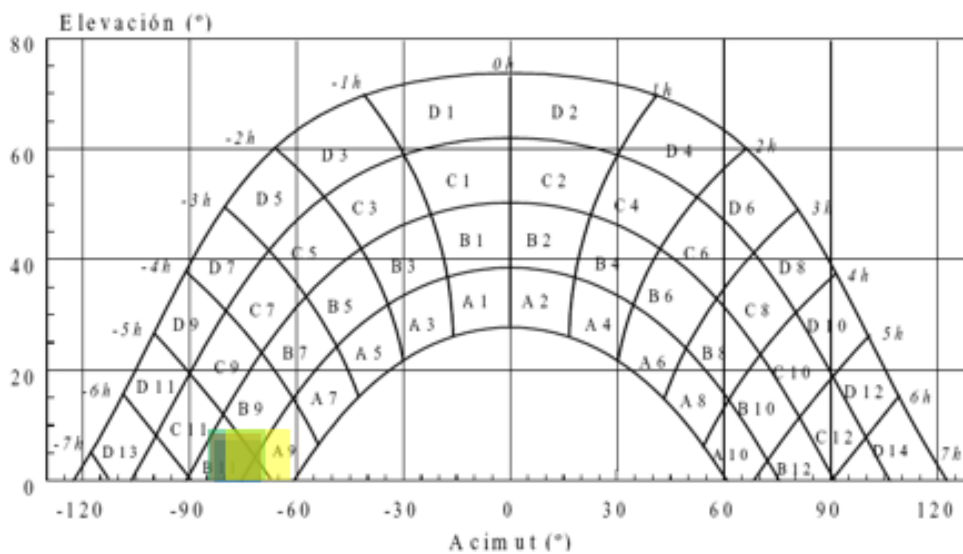
BATERÍA H

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-43.4	-43.4	-43.4
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-83	-76	-69
Inclinación (°)	7	6	6

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-39	-39	-39
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-85	-77	-69
Inclinación (°)	7	7	7

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-33.9	-33.9	-33.9
Y (m)	3.1	8.85	14.6
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-85	-75	-67
Inclinación (°)	8	8	8

Azimut captadores	Desviación respecto al sur (Azimut = 0°)		
X (m)	-29.6	-29.6	-29.6
Y (m)	5.2	10.95	16.7
Z (m)	5	5	5
Azimut (°)	-80	-70	-61
Inclinación (°)	9	9	8

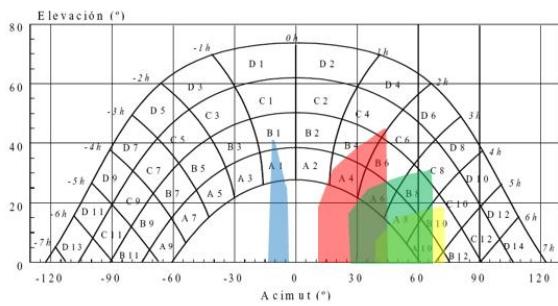


PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	0.01
II	0.01
III	0.01
IV	0.07
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	0.03%

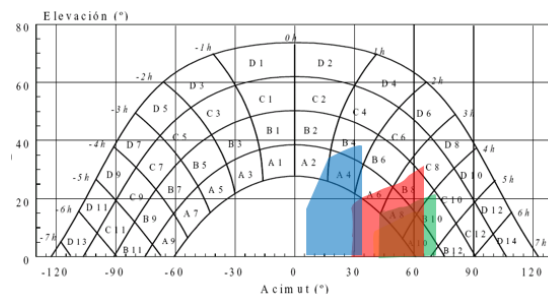
Como se puede apreciar, las sombras disminuyen a medida que los captadores se alejan de la estructura central, llegando a ser prácticamente nulas en las últimas baterías.

Al tratarse de una estructura simétrica al igual que la distribución de los captadores, el cálculo de pérdidas por sombras se simplifica y para la segunda serie de baterías (A'-H') se obtienen los mismos valores que los ya vistos.

BATERÍA A'



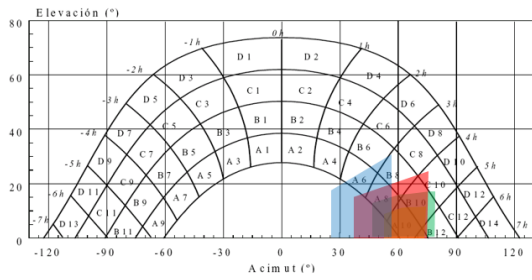
BATERÍA B'



PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	0.79
II	5.09
III	2.07
IV	0.69
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	2.16%

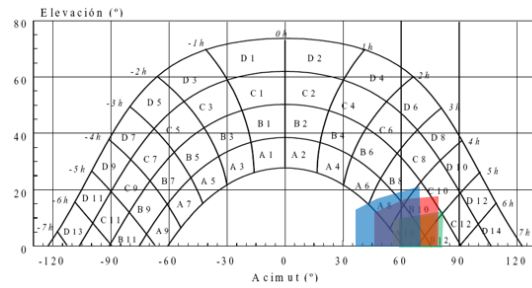
PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	2.03
II	2.27
III	0.59
IV	0.34
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	1.31%

BATERÍA C'



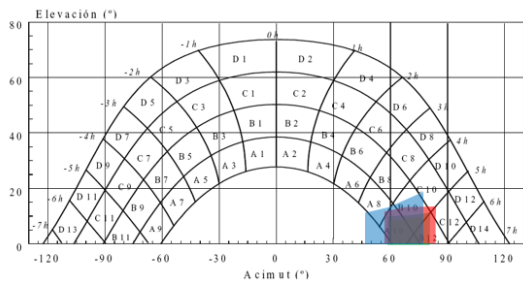
PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	2.16
II	1.53
III	0.34
IV	0.20
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	
	1.06%

BATERÍA D'



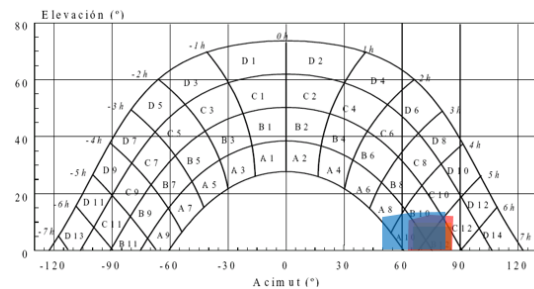
PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	0.84
II	0.69
III	0.31
IV	0.21
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	
	0.51%

BATERÍA E'



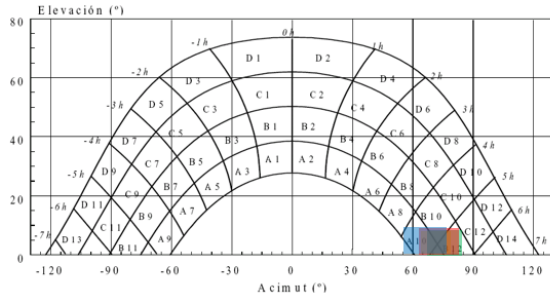
PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	0.59
II	0.34
III	0.21
IV	0.14
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	
	0.32%

BATERÍA F'

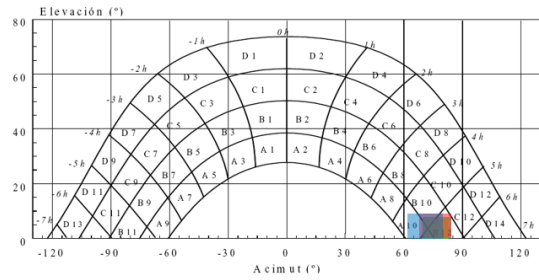


PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	0.31
II	0.28
III	0.04
IV	0.17
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	
	0.20%

BATERÍA G'



BATERÍA H'



PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	0.10
II	0.04
III	0.04
IV	0.4
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	
	0.05%

PUNTO	PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)
I	0.07
II	0.01
III	0.01
IV	0.01
MEDIA DE PÉRDIDAS EN LA BATERÍA	
	0.03%

La pérdida media por sombras en el capo de captadores es de 0.71%, teniendo un valor máximo de 5.09% en los puntos más cercanos a la estructura central. Todos los valores están por debajo del 10% que marca la normativa, por lo tanto, esta distribución desde el punto de vista de pérdidas por sombras es viable.

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.-REQUISITOS GENERALES	114
1.1.-FLUIDO DE TRABAJO	114
1.2.-PROTECCIÓN CONTRA HELADAS	115
1.2.1.- ANTICONGELANTES	115
1.2.2.- RECIRCULACIÓN	115
1.3.-PROTECCIÓN CONTRA SOBRECALENTAMIENTO	115
1.4.-PROTECCIÓN CONTRA ALTAS TEMPERATURAS Y PRESIONES.....	116
1.5.-PREVENCIÓN DE FLUJO INVERSO	116
1.6.-PREVENCIÓN CONTRA LA LEGIONELOSIS	116
2.-CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	117
2.1.-DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN	117
2.2.-DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN	117
2.2.1.-CONEXIONADO	117
2.2.2.-SOPORTES.....	118
2.3.-DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN	118
2.3.1.-CONEXIONADO	119
2.4.-DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO	119
2.5.-DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO	119
2.5.1.-TUBERÍAS.....	119
2.5.2.-BOMABAS	119
2.5.3.-VASOS DE EXPANSIÓN	120
2.5.4.-PURGADORES.....	120
2.6.-DISEÑO DEL SISTEMA AUXILIAR	120
2.7.-DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL	120
3.-PRUEBAS DE CALIDAD.....	122
ANEXO I: COMPONENTES	123
ANEXO II: CONDICIONES DE MONTAJE	126
ANEXO III: MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN	128

1.-REQUISITOS GENERALES

En este documento se recogen los aspectos que debe cumplir la instalación solar térmica para la generación de agua caliente sanitaria. Para ello se especificarán las condiciones que deben tener los diferentes elementos que la componen siguiendo la normativa vigente aplicable. Las soluciones dadas en el presente documento podrán ser sustituidas por otras similares únicamente en caso de necesidad justificada siempre y cuando se cumplan las exigencias mínimas de calidad.

La normativa aplicable a este tipo de instalación es el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios) y el CTE (Código Técnico de la Edificación), pudiéndose consultar además un conjunto de normas UNE sobre energía solar térmica.

1.1.-FLUIDO DE TRABAJO

El fluido de trabajo del circuito primario será agua de red o desmineralizada con anticongelante como aditivo. En caso de usar otro tipo de fluido se deberá especificar sus características y aportar una certificación que acredite que pueda ser usado.

Sea cual sea el fluido, su pH estando a 20°C no puede estar fuera del rango 5 a 9 y además su contenido salino debe ajustarse a ciertas normas:

- La salinidad en el circuito primario no pasará de 500 mg/l y de no disponer de este valor se usará como valor límite la conductividad, que debe ser inferior a 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- El contenido de sales de calcio no superará los 200mg/l expresados como contenido en carbonato cálcico.
- El límite de CO₂ libre en el agua no superará los 50 mg/l.

Si el agua presentara valores fuera de los indicados anteriormente, debería ser sometida a tratamientos específicos hasta que cumpliera con los valores establecidos.

1.2.-PROTECCIÓN CONTRA HELADAS

Todos los componentes de la instalación que se encuentren en el exterior deberán ser capaces de funcionar a la temperatura mínima de la instalación sin que se produzcan daños. Los fabricantes deberán especificar el método anti-heladas.

1.2.1.- ANTICONGELANTES

Se podrá usar anticongelantes en forma pura o mezclados con agua que cumplan con la normativa y con un punto de congelación inferior a 0°C, con un calor específico menor de 3kJ/kgK para una temperatura 5°C menor a la temperatura histórica del lugar en que se ubique la instalación.

Se deberán tomar medidas para evitar el deterioro del fluido anticongelante de acuerdo con la norma UNE-EN 12976-2.

Al poder existir pérdidas de fluido en la instalación, se recomienda contar con un depósito auxiliar mediante el cual sea posible reponer las pérdidas. Esto será obligatorio si existe riesgo de helada o tratamiento del agua.

1.2.2.- RECIRCULACIÓN

En los momentos en que se produzca riesgo de helada para instalaciones ubicadas en lugares donde los períodos de bajas temperaturas sean de corta duración, se activará la circulación continua del fluido en el circuito primario mediante el sistema de control a fin de que el fluido se encuentre siempre en movimiento y se evite así su congelación. Se evitará en la medida de lo posible la circulación de agua por el circuito secundario.

1.3.-PROTECCIÓN CONTRA SOBRECALENTAMIENTO

La instalación se debe diseñar de forma que sea capaz de disipar el excedente de calor generado durante los períodos de mayor radiación a fin de evitar el sobrecalentamiento y los efectos perjudiciales que esto pueda tener sobre el funcionamiento del sistema.

El drenaje del excedente de agua caliente o vapor de agua debe canalizarse de forma que no afecte en modo alguno a los ocupantes del edificio ni se causen daños a los propios elementos del sistema ni a ningún otro elemento del edificio.

1.4.-PROTECCIÓN CONTRA ALTAS TEMPERATURAS Y PRESIONES

En el diseño de la instalación se deberá tener en cuenta la máxima temperatura que cada uno de los componentes pueda soportar, no siendo en ningún caso menor a la temperatura de funcionamiento.

De igual modo, en referencia a la presión se deberá seguir lo que dicta la norma UNE-EN 12976-1 que regula los requisitos generales de los sistemas solares térmicos y sus componentes.

1.5.-PREVENCIÓN DE FLUJO INVERSO

Se deberá garantizar que no se produzcan pérdidas por flujo inverso, tomando precauciones en caso de que los acumuladores se encuentren a un nivel más bajo que los captadores.

1.6.-PREVENCIÓN CONTRA LA LEGIONELOSIS

De acuerdo con el Real Decreto 865/2003 la circulación del agua en ningún caso podrá darse por debajo de los 50°C para prevenir la legionelosis, por lo que se recomienda que el agua alcance temperaturas de entre 60°C y 80°C. Al trabajar en este rango de temperaturas no se permite el uso de acero galvanizado en ninguno de los componentes de la instalación.

2.-CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

Para el cálculo de la demanda energética se realizará un análisis pormenorizado de las necesidades del edificio en cuestión teniendo en cuenta datos de ocupación y siguiendo los pasos que marca el CTE.

Será necesario tener en cuenta la zona climática de la localidad de la instalación que se podrá determinar a partir de mapas y tablas que se proporcionan en la normativa. De ello dependerá la contribución solar mínima de la instalación.

2.1.-DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

Tras obtener la demanda y seleccionar un sistema solar para la obtención de ACS, se deberá tener en cuenta que bajo ningún concepto se deberá superar la fracción solar de 110% en ninguno de los meses del año ni tampoco alcanzar el 100% durante más de tres meses seguidos. En caso de tratarse de un edificio de ocupación estacional, los meses con una ocupación menor al 50% no computarán.

2.2.-DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

Los captadores seleccionados deberán contar con el debido certificado que acredite que son válidos para la aplicación que se les quiere dar. Es conveniente que en caso de tener que instalar varios captadores todos sean del mismo modelo por criterios tanto energéticos como económicos.

Las pérdidas máximas por sombras, superposición e integración arquitectónica quedan estipuladas en la normativa, no pudiendo ser superadas. La orientación óptima es el sur y la inclinación $\pm 10^{\circ}$ con respecto a la latitud del lugar, pudiendo variar si se justifica debidamente por motivos energéticos.

2.2.1.-CONEXIONADO

Los captadores se podrán instalar en serie o paralelo distribuidos en baterías formadas preferiblemente por el mismo número de captadores, y en serie o paralelo dentro de estas

baterías. Se debe contar con válvulas de cierre en cada batería de modo que se puedan aislar del resto del circuito por motivos de mantenimiento.

Se diseñará el circuito de modo que se llegue a un equilibrio hidráulico en que todo el fluido circulante tenga la misma distancia recorrida. De no ser posible será necesario el uso de válvulas de equilibrado.

Los captadores se instalarán preferiblemente con conductos distribuidores horizontales y sin cambios de dirección en los conductos internos.

2.2.2.-SOPORTES

El fabricante deberá especificar las características del soporte frente a nieve y viento, siendo verificadas durante la instalación. El método de sujeción de los captadores a los soportes no podrá interferir en su correcto funcionamiento y los anclajes de estos garantizarán la correcta inclinación de los captadores en todo momento.

En caso de soportes articulables que se puedan disponer en un rango determinado de ángulos, deberá comprobarse que todos ellos se ajustan a la inclinación requerida y que aseguran una fijación adecuada.

2.3.-DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN

Los acumuladores que estén en contacto directo con el ACS deberán cumplir los requisitos de la norma UNE EN 12897 que regula el abastecimiento de agua y recoge las especificaciones para los calentadores e agua de acumulación cerrados.

Los acumuladores se dispondrán preferiblemente de forma vertical y en caso de existir varios se recomienda que todos sean de igual capacidad. Es necesario prever un conexionado puntual entre el sistema auxiliar y el solar de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar para poder cumplir con las medias anti-legionelosis.

Los acumuladores con una capacidad mayor a 2m³ deberán contar con válvulas de corte para cortar el flujo en caso de daños del sistema.

2.3.1.-CONEXIONADO

La conexión de entrada de agua caliente se hará a una altura de entre el 50 y el 75% de la altura total del depósito. La conexión de Salida de agua fría hacia el intercambiador o los captadores será desde la parte inferior del acumulador.

Si se dispone de varios acumuladores se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primario y secundario equilibrados. La conexión deberá permitir la desconexión individual de cada acumulador sin que se interrumpa el funcionamiento de la instalación.

2.4.-DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO

El intercambiador deberá ser de placas de acero inoxidable o cobre y estar preparado para soportar la temperatura máxima de la instalación.

2.5.-DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

El sistema hidráulico debe estar equilibrado bien de por sí o mediante válvulas de equilibrado, cumpliendo las especificaciones de la UNE EN 806-1 que regula las condiciones del agua destinada al consumo humano. A su vez, los materiales del circuito deberán estar recogidos en la ISO/TR 10217.

2.5.1.-TUBERÍAS

A fin de evitar al máximo las pérdidas térmicas, el sistema de tuberías deberá ser lo más corto posible reduciendo lo máximo posible los codos y cambios de diámetro donde se dan las mayores pérdidas. A su vez, se debe evitar la formación de obstrucciones de cal mediante la correcta selección de materiales.

2.5.2.-BOMBAS

El sistema contará con una bomba de circulación situada en la parte más fría del circuito teniendo en cuenta que no se produzca cavitación y disponiendo el eje de rotación en posición horizontal siempre que sea posible.

Si la instalación cuenta con un campo de captación superior a los 50m² se dispondrán dos bombas idénticas en paralelo tanto en el circuito primario como en el secundario de forma que puedan circular de forma alterna siendo controladas de forma manual y/o automática garantizando el funcionamiento de la instalación en caso de fallo en una de las bombas o durante las labores de mantenimiento.

2.5.3.-VASOS DE EXPANSIÓN

Los vasos de expansión se conectarán en la aspiración de la bomba y compensarán las variaciones de volumen del fluido al experimentar cambios de temperatura.

2.5.4.-PURGADORES

En las partes más altas de la instalación se colocarán purgadores de aire con el fin de evacuar las burbujas de aire que se hayan producido en el interior del circuito como consecuencia de las altas temperaturas que alcanza el fluido.

2.6.-DISEÑO DEL SISTEMA AUXILIAR

En sistemas de ACS se debe disponer de un sistema auxiliar para garantizar el suministro diario. Este sistema en ningún caso debe estar en el circuito primario. Debe diseñarse de acuerdo con el uso para el que esté diseñada la instalación y su activación se dará únicamente sea estrictamente necesario.

El sistema auxiliar siempre dispondrá de un termostato para controlar las temperaturas de funcionamiento cumpliendo con el RD 865/2003 que regula los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

Si el sistema de energía auxiliar fuera eléctrico, la potencia correspondiente sería inferior a 300 W por cada metro cuadrado de superficie captadora.

2.7.-DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

El sistema de control debe asegurar el máximo aprovechamiento de la energía solar y el uso adecuado de la energía auxiliar. Para ello el sistema de regulación se compone de un control de funcionamiento de los circuitos primario y secundario y sistemas de seguridad de la instalación frente a factores que puedan dañarla como las heladas o el sobrecalentamiento.

Por ello el sistema garantizará que no se den temperaturas mayores o menores al rango de temperaturas aceptable en la instalación.

Se realizará un control de la temperatura mediante termómetro diferenciales que actúen sobre las bombas no permitiendo que estas funciones cuando la diferencia de temperaturas registrada sea menor a 2°C ni estén paradas cuando la diferencia supere los 7°C con el fin de optimizar el aprovechamiento solar de la instalación.

Las sondas diferenciales para obtener los datos de temperatura se conectarán en la parte del circuito donde la temperatura sea máxima, es decir, en la parte superior de los captadores.

3.-PRUEBAS DE CALIDAD

Al recibir los materiales se comprobará que sus características se ajustan a las acordadas con el suministrador mediante una serie de pruebas que garantizarán el perfecto estado de los materiales. Estas pruebas serán como mínimo las que se nombran a continuación.

- Llenado, funcionamiento y puesta en marcha del sistema.
- Pruebas hidrostáticas de los equipos.
- Comprobación del funcionamiento de las válvulas (corte, llenado, vaciado y purga) e inspección de las tuberías en busca de obstrucciones.
- Comprobación del sistema eléctrico de las bombas y correlación entre la presión de los manómetros y la curva de la bomba para el caudal de diseño.
- Comprobación del sistema de control y prueba de funcionamiento de la instalación durante un día.

ANEXO I: COMPONENTES

I.I.- CAPTADORES SOLARES

Los captadores solares usados serán convencionales de absorbedor metálico, evitando los que cuenten con absorbedores de hierro y en caso de que sea de cobre, teniendo en cuenta que el pH del fluido que esté en contacto con el material deberá estar siempre entre 7.2 y 7.6.

La pérdida de carga en el captador no será superior a 1 m c.a. y será preferible que cuente con un orificio en su parte inferior de entre 2mm y 4mm para eliminar las acumulaciones de agua.

En caso de que el absorbedor sea de aluminio, los fluidos de trabajo deberán ser tratados.

I.II.-ACUMULADORES

Los acumuladores tendrán manguitos de acoplamiento, las bocas necesarias y el material aislante instalados previamente a la recepción en la obra. Además, todos los acumuladores contarán con la protección anticorrosiva que haya especificado el fabricante previamente.

Se debe asegurar que los acumuladores instalados tengan capacidad suficiente para cumplir con la demanda máxima del edificio que es de 36000 litros.

I.III.- INTERCAMBIADOR DE CALOR

Se usará un intercambiador de placas con una potencia como mínimo de 234kW, siendo recomendable la instalación del modelo Aldin H3/35 del fabricante Aldingas, o similares asegurando que el caudal circulante pueda alcanzar los 18m³/h necesarios en la instalación.

Los materiales del intercambiador deberán ser capaces de soportar la temperatura máxima de trabajo de la instalación.

I.IV.- BOMBAS DE CIRCULACIÓN

Se usarán bombas de roto húmedo en ambos circuitos, primario y secundario, fabricadas con materiales resistentes a la corrosión y compatibles con anticongelantes y agua.

Se garantizará que la bomba cumpla a la vez los requisitos de caudal circulante y altura manométrica calculados para cada circuito y se instalarán dos bombas idénticas en paralelo que funcionen de forma alternante en caso de avería o durante el mantenimiento. En la memoria se detalla el proceso de selección de bombas y los modelos adecuados para esta instalación que podrán ser sustituidos por otros de características similares en caso de no disponibilidad.

I.V.- VASOS DE EXPANSIÓN

Se usarán vasos de expansión cerrados tanto en el circuito primario como en el secundario, seleccionándolos en función del volumen total de fluido de la instalación, la temperatura de funcionamiento y un coeficiente de presión que tenga en cuenta la presión máxima y mínima en el circuito.

I.VI.-TUBERÍAS

Se podrán usar tuberías de cobre o acero inoxidable, siendo recomendable el uso del cobre debido a su elevada conductividad. El diámetro de cada una de las tuberías queda definido en la memoria del proyecto y debidamente justificado cumpliendo la normativa en referencia a las pérdidas de carga que no son superiores en ningún caso a 40mm c.a.

I.VII.-AEROTERMO

Para evitar el sobrecalentamiento en la instalación se ha decidido instalar un aerotermo a fin de disipar el calor en los meses con mayor fracción solar, este aerotermo tendrá una potencia de al menos 283 kW.

I.VIII-AISLAMIENTO

El espesor del aislante para cada una de las tuberías será calculado teniendo en cuenta su ubicación (interior o exterior) siguiendo la siguiente tabla que recoge la norma, con un incremento de 10°C en el caso de las exteriores:

Fluido interior caliente			
Diámetro exterior (mm) (*)	Temperatura del fluido (°C) (**)		
	40 a 60	61 a 100	101 a 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

(*) Diámetro exterior de la tubería sin aislar.

(**) Se escoge la temperatura máxima de red.

El material aislante puede sujetará de modo que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios.

I.IX.-SISTEMA DE CONTROL

El rango de temperaturas del sistema de control será como mínimo de -10°C a 50 °C. Al tratarse e una instalación para ACS, los sensores de temperatura deberán aguantar temperaturas de 100°C como mínimo.

La ubicación de los sensores de temperatura deberá garantizar una buena calidad en la medición y es imprescindible el uso de sondas de inmersión y nunca de contacto, pues se corre el riesgo de introducir errores en la medida al no estar en contacto directo con el fluido circulante.

ANEXO II: CONDICIONES DE MONTAJE

II.I.-ESTRUCTURA DE SOPORTE Y CAPTADORES

Al estar los captadores situados en la cubierta del edificio, deberá asegurarse la estanqueidad en los puntos de anclaje. Se permitirá el desmontaje de un captador en concreto tratando de minimizar el impacto sobre el funcionamiento de los demás en caso de avería.

Durante el montaje del campo de captadores se evitará que esos estén expuestos al sol durante un largo período de tiempo. Se deberá evitar la acumulación de suciedad en las conexiones abiertas durante el montaje.

En caso de que el montaje se prolongue, el instalador deberá proceder al tapado de los captadores.

II.II.-ACUMULADORES

El diseño de soportes para los acumuladores, así como la ubicación exacta de los mismos deberá ser certificada por un profesional teniendo en cuenta las características estructurales del edificio.

II.III.-INTERCAMBIADOR

Se garantizará un buen acceso al intercambiador para poder realizar las labores de mantenimiento y reparación.

II.IV.-BOMBA

Las bombas en paralelo se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para poder ser desmontadas en caso de ser necesario. El diámetro de las tuberías de acoplamiento será en función de las dimensiones de la boca de aspiración de la bomba.

Las bombas contarán con tomas para la medición de presión y deberán protegerse aguas arriba mediante un filtro.

II.V.-TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Tras la comprobación del estado en que reciben las tuberías, serán almacenadas y transportadas evitando golpes que puedan dañar su resistencia. Serán instaladas de forma ordenada utilizando tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a superficies del edificio.

La distancia mínima de las tuberías y accesorios a elementos estructurales será de 5cm, no instalándose nunca sobre equipos electrónicos o conductos.

II.VI.-AISLAMIENTO

Tras comprobar que el espesor del aislante es el adecuado para cada tipo de tubería, se colocará y pintará sobre él las flechas que distinguen el tipo de fluido que circula por el interior.

II.VII.-AEROTERMO

El sistema de disipación de calor se activará solo cuando sea necesario y se dispondrá en el punto de la cubierta en que se juntan las tuberías salientes de todas las baterías de captadores.

ANEXO III: MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Con el fin de prolongar la vida útil de la instalación y evitar averías, es recomendable seguir un plan de mantenimiento que vigile el funcionamiento del sistema y detecte cambios que puedan ser indicio de problemas mayores como el sobrecalentamiento. Para ello, no es estrictamente necesario la contratación de personal técnico, pues la mayoría de verificaciones son muy sencillas y las puede realizar cualquiera, como el personal de mantenimiento del edificio.

Además, gracias a los elementos de control que lleva incorporada la instalación, es fácil visualizar los valores de presiones o temperaturas y comprobar cuándo se ajustan a los valores de diseño o cuándo difieren.

El CTE establece dos planes de actuación: el plan de vigilancia y el plan de mantenimiento preventivo.

A continuación, se muestran ambos planes tal y como recoge la norma.

III.1.-PLAN DE VIGILANCIA

Consiste en la simple observación de los valores de la instalación para detectar anomalías:

ELEMENTO	OPERACIÓN	FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN
CAPTADORES	Limpieza de cristales	A determinar	Agua y productos
	Cristales	3 meses	Inspección visual en las horas centrales
	Juntas	3 meses	Inspección visual de agrietamientos y deformaciones
	Absorbedor	3 meses	Inspección visual de corrosión, fugas. Etc.
	Conexiones	3 meses	Inspección visual de fugas

	Estructura	3 meses	Inspección visual de degradación o corrosión
CIRCUITO PRIMARIO	Tubería, aislamiento	6 meses	Inspección visual de ausencia de humedad y fugas
	Purgadores	3 meses	Vaciar el aire del botellín
CIRCUITO SECUNDARIO	Termómetro	Diaría	Inspección visual temperatura
	Tubería, aislamiento	6 meses	Inspección visual humedad y fugas
	Acumulador solar	3 meses	Purgado de los lodos acumulados en la parte inferior

Tabla 24.-Plan de vigilancia

III.II.-PLAN DE MANTENIMIENTO

A diferencia del plan de vigilancia, el de mantenimiento sí debe llevarse a cabo por personal cualificado experto en energía solar y es necesario cada 6 meses para instalaciones con un campo de captación superior a 20m². Durante el mantenimiento se ha de inspeccionar la totalidad de la instalación así como reparar o sustituir lo elementos que se considere que presentan algún tipo de daño.

A continuación se desarrollan las actividades de mantenimiento detalladas y la frecuencia mínima que dicta la norma, pudiendo realizarse labores de mantenimiento adicionales con mayor frecuencia si así se deseara.

1. Sistema de captación

EQUIPO	FRECUENCIA (meses)	DESCRIPCIÓN
CAPTADORES	6	IV diferencias sobre el original
CRISTALES	6	IV diferencias entre captadores

JUNTAS	6	IV condensación y suciedad
ABSORBEDOR	6	IV deformación y agrietamientos
CARCASA	6	IV corrosión, deformaciones
CONEXIONES	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
AEROTERMO	12	Verificación del estado y funcionalidad

Tabla 25.-Plan de mantenimiento: sistema de captación

NOTA: IV: Inspección visual

2. Sistema de acumulación

EQUIPO	FRECUENCIA (meses)	DESCRIPCIÓN
Depósitos	12	Presencia de lodo en el fondo
Aislamiento	12	Comprobación de humedad
Ánodos	12	Comprobación de un buen funcionamiento

Tabla 26.-Plan de mantenimiento: sistema de acumulación

3. Sistema de intercambio

EQUIPO	FRECUENCIA (meses)	DESCRIPCIÓN
Intercambiador de placas	12	Control de funcionamiento, eficiencia, prestaciones y limpieza.

Tabla 27.-Plan de mantenimiento: sistema de intercambio

4. Accesorios

EQUIPO	FRECUENCIA (meses)	DESCRIPCIÓN
Fluido caloportador	12	Comprobar densidad y pH
Estanqueidad	24	Prueba de presión
Aislamiento	6	IV degradación
Purgador	12	Comprobación de funcionamiento y limpieza
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión	6	Comprobación de presión
Válvulas	12	Apertura y cierre

Tabla 28.-Plan de mantenimiento: accesorios

5. Sistema de control

EQUIPO	FRECUENCIA (meses)	DESCRIPCIÓN
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que no entre polvo
Control diferencial	12	Control de funcionamiento
Sondas de temperatura	12	Control de funcionamiento

Tabla 29.-Plan de mantenimiento: sistema de control

PRESUPUESTO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.-PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	134
1.1.- CAPTADOR SOLAR JUNKERS FKC 2S	134
1.2.- ACUMULADOR LAPESA MXV-12000-RB	135
1.3.-AEROTERMO LUMELCO DGS504 B/48	136
1.4.- BOMBA DE CIRCULACACIÓN GRUNDFOS TPE2 65-180	137
1.5- BOMBA DE CIRCULACACIÓN GRUNDFOS MAGNA3 50-180F	138
1.6.- VASO DE EXPANSION IBAIONDO 800 CMF	139
1.7- VASO DE EXPANSION IBAIONDO 8CMF	140
1.8.-TUBERÍA DE COBRE “LA FARGA” 76.1x1.5mm	141
1.9.-TUBERÍA DE COBRE “LA FARGA” 28x1.5mm	141
1.10.-TUBERÍA DE COBRE “LA FARGA” 12x1mm	142
1.11.-INTERCAMBIADOR DE PLACAS ALDIN H3/35	143
1.12.-RESUMEN DEL PEM	144
2.-PRESUPUESTO TOTAL	146

1.-PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)

El presupuesto de cada uno de los componentes de la instalación ha sido calculado en función de las tarifas de cada fabricante y con la ayuda del generador de precios de CYPE.

1.1.- CAPTADOR SOLAR JUNKERS FK2 2S

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt38csj010a	Ud	Captador solar térmico plano, modelo FK2-C "JUNKERS", con panel de montaje vertical de 2017x1175x87 mm, superficie útil 2.37 m ² , rendimiento óptico 0,77, coeficiente de pérdidas primario 3,871 W/m ² K y coeficiente de pérdidas secundario 0,012 W/m ² K ² . Consta de caja de fibra de vidrio con chapa posterior de acero galvanizado y esquinas de plástico, cubierta protectora de vidrio, absorbedor de cobre y aluminio con tratamiento selectivo (PVD), aislamiento térmico de lana mineral de 55 mm de espesor.	160,000	640,00	102400,00
mt38csj020j	Ud	Estructura soporte para captador solar térmico, para 10 paneles, modelo FV 10-2 "JUNKERS", ajustable de 5 en 5 grados entre 25 y 60 grados con el plano horizontal.	16,000	1295,00	20720,00
mt38csj040b	Ud	Kit de conexiones hidráulicas para captadores solares térmicos en cubierta plana, modelo FS 18-2 "JUNKERS".	1,000	51,00	51,00
mt38csj120a	Ud	Purgadores automáticos modelo ELT 6 "JUNKERS", válvulas y otros accesorios	1,000	218,62	218,62
			Subtotal materiales:		123389,62
2		Mano de obra			
mo009	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	21,000	19,42	407,82
mo108	h	Ayudante instalador de captadores solares.	21,000	17,86	375,06
			Subtotal mano de obra:		782,88
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	124172,50	2483,45
			Costes directos (1+2+3):		126655,95

Tabla 30.-PEM: Captadores

1.2.- ACUMULADOR LAPESA MXV-12000-RB

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt38azi135iq	Ud	Acumulador para producción de A.C.S., de 12000 l formado por cuba de acero inoxidable, aislamiento térmico fibra de vidrio de 50 mm de espesor y revestimiento externo.	3	28.083,00	84.249,00
mt38www011	Ud	Válvulas y material auxiliar para instalaciones de A.C.S.	1	1926	1926
			Subtotal materiales:		86.175,00
2		Mano de obra			
mo004	h	Oficial 1ª calefactor.	6	19,11	114,66
mo103	h	Ayudante calefactor.	6	17,5	105
			Subtotal mano de obra:		219,66
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2	86.394,81	1727,8962
			Costes directos (1+2+3):		88.122,71

Tabla 31.-PEM: Acumuladores

1.3.-AEROTERMO LUMELCO DGS504 B/48

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt38csl610aaa	Ud	Aerotermino de agua caliente para instalación solar térmica, alimentación trifásica a 400 V, potencia disipadora de 288 kW para una temperatura de entrada del agua de 90°C y una temperatura de salida de 77°C (caudal de agua de 20,8 m³/h), de 3805 x 828 x 428 mm, con cuatro ventiladores de 780 W de potencia.	1,000	6960,00	6960,00
			Subtotal materiales:		6960,00
2		Mano de obra			
mo005	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	3,000	19,42	58,26
mo104	h	Ayudante instalador de climatización.	3,000	17,86	53,58
			Subtotal mano de obra:		111,84
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	7071,84	141,44
			Costes directos (1+2+3):		7213,28

Tabla 32-PEM: Aerotermino

1.4.- BOMBA DE CIRCULACIÓN GRUNDFOS TPE2 65-180

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt37gru005aa	Ud	Bomba circuladora electrónica para ACS, cuerpo de hierro, presión máxima 10 bar, cierre mecánico BQQE, apta para temperaturas desde -25 hasta 120°C y motor con alimentación monofásica sin sensor integrado.	2,000	6590,00	13180,00
mt37gru503a	Ud	Cables, válvulas y demás accesorios	1,000	91.30	91.30
			Subtotal materiales:		13245,18
2		Mano de obra			
mo005	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	3,000	19,42	58,26
mo104	h	Ayudante instalador de climatización.	3,000	17,86	53,58
			Subtotal mano de obra:		111,84
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	13357,02	267,14
			Costes directos (1+2+3):		13650,28

Tabla 33-PEM: Bomba del circuito primario

1.5- BOMBA DE CIRCULACIÓN GRUNDFOS MAGNA3 50-180F

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt37gru036aa	Ud	Bomba circuladora electrónica, modelo MAGNA3 50-180 F "GRUNDFOS", conexiones DN 50 mm, presión máxima 6/10 bar, de 280 mm de longitud, control y comunicación externa con entradas digitales, salidas de relé y entrada analógica, control desde smartphone o tablet mediante la App Grundfos GO Remote. Apta para temperaturas desde -10 hasta 110°C, motor con alimentación monofásica, protección IPX4D y aislamiento clase F.	2,000	4211,00	8422,00
mt37gru508cc	Ud	Accesorios de conexión.	1,000	597,67	597,67
			Subtotal materiales:		9575,34
2		Mano de obra			
mo005	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	3,000	19,42	58,26
mo104	h	Ayudante instalador de climatización.	3,000	17,86	53,58
			Subtotal mano de obra:		111,84
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	9687,18	193,74
			Costes directos (1+2+3):		9880,92

Tabla 34-PEM: Bomba del circuito secundario

1.6.- VASO DE EXPANSION IBAIONDO 800 CMF

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt38vex010p	Ud	Vaso de expansión, capacidad 800 l, de 2155 mm de altura y 750 mm de diámetro, con rosca de 1" de diámetro y 6 bar de presión.	1	988,97	988,97
mt42www040	Ud	Accesorios para la instalación del vaso de expansión	1	11	11
			Subtotal materiales:		999,97
2		Mano de obra			
mo004	h	Oficial 1ª calefactor.	1,154	19,11	22,05
mo103	h	Ayudante calefactor.	1,154	17,5	20,2
			Subtotal mano de obra:		42,25
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2	1042,22	20,8444
			Costes directos (1+2+3):		1063,0644

Tabla 35.-PEM: Vaso de expansión del circuito primario

1.7- VASO DE EXPANSION IBAIONDO 8CMF

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt38vex010p	Ud	Vaso de expansión, capacidad 8 l, de 340 mm de altura y 200 mm de diámetro, con rosca de 3/4" de diámetro y 5 bar de presión.	1	21,03	21,03
mt42www040	Ud	Accesorios para la instalación del vaso de expansión.	1	11	11
			Subtotal materiales:		32,03
2		Mano de obra			
mo004	h	Oficial 1ª calefactor.	1,154	19,11	22,05
mo103	h	Ayudante calefactor.	1,154	17,5	20,2
			Subtotal mano de obra:		42,25
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2	74,28	1,4856
			Costes directos (1+2+3):		75,7656

Tabla 36.-PEM: Vaso de expansión del circuito secundario

1.8.-TUBERÍA DE COBRE “LA FARGA” 76.1x1.5mm

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt37tca400j	Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de cobre rígido, de 73/76 mm de diámetro y accesorios	1,000	915,89	915,89
mt37tca010je	m	Tubo de cobre rígido con pared de 1,5 mm de espesor y 73/76 mm de diámetro.	105,000	61,76	6484,80
			Subtotal materiales:		7400,69
2		Mano de obra			
mo004	h	Oficial 1ª calefactor.	0,450	19,42	8,74
mo103	h	Ayudante calefactor.	0,450	17,86	8,04
			Subtotal mano de obra:		16,78
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	7417,47	148,35
			Costes directos (1+2+3):		7565,82

Tabla 37.-PEM: Tuberías 76.1x1.5mm

1.9.-TUBERÍA DE COBRE “LA FARGA” 28x1.5mm

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt37tca400c	Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de cobre rígido, de 28 mm de diámetro y accesorios	1,000	864.35	864.35
mt37tca010ce	m	Tubo de cobre rígido con pared de 1,5 mm de espesor y 28/25 mm de diámetro.	173,000	11.65	2015.45
			Subtotal materiales:		2879.80

2		Mano de obra			
mo004	h	Oficial 1ª calefactor.	0,370	19,42	8,74
mo103	h	Ayudante calefactor.	0,370	17,86	8,04
			Subtotal mano de obra:		13.80
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	2893.60	57.87
			Costes directos (1+2+3):		2951.47

Tabla 38.-PEM: Tuberías 28x1.5mm

1.10.-TUBERÍA DE COBRE “LA FARGA” 12x1mm

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt37tca400a	Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de cobre rígido, de 12 mm de diámetro y accesorios	1,000	54.27	54.27
mt37tca010ae	m	Tubo de cobre rígido con pared de 1 mm de espesor y 12/10 mm de diámetro.	8,000	5.16	41.28
			Subtotal materiales:		95.55
2		Mano de obra			
mo004	h	Oficial 1ª calefactor.	0,322	19,42	8,74
mo103	h	Ayudante calefactor.	0,322	17,86	8,04
			Subtotal mano de obra:		12.00
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	107.55	2.15
			Costes directos (1+2+3):		109.70

Tabla 39.-PEM: Tuberías 12x1mm

1.11.-INTERCAMBIADOR DE PLACAS ALDIN H3/35

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt38csg310H	Ud	Intercambiador de placas de acero inoxidable AISI 316, potencia 324 kW, presión máxima de trabajo 16 bar y temperatura máxima de 100°C. Consta de 35 placas de 0,07m2 con una capacidad de 0,2 litros/placa y un caudal de 1857 m3/h. Peso 107,5kg, dimensiones 603x303x101,5mm y conexiones de 2".	1,000	1636,00	1636,00
mt37sve010d	Ud	Accesorios y conexiones.	2,000	9,81	179,57
			Subtotal materiales:		1975,52
2		Mano de obra			
mo004	h	Oficial 1ª calefactor.	1,7	19,42	33,01
mo103	h	Ayudante calefactor.	1,7	17,86	30,36
			Subtotal mano de obra:		63,37
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2	2038,89	40,78
			Costes directos (1+2+3):		2079,67

Tabla 40.-PEM: Intercambiador de placas

1.12.-RESUMEN DEL PEM

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	COSTE (€)
1	COLECTORES SOLARES	126655,95
2	ACUMULADORES	88.122,71
3	AEROTERMO	7213,28
4	BOMBA CIRCUITO PRIMARIO	13650,68
5	BOMBA CIRCUITO SECUNDARIO	9880,92
6	VASO DE EXPANSIÓN CIRCUITO PRIMARIO	1063,0644
7	VASO DE EXPANSIÓN CIRCUITO SECUNDARIO	75,7656
8	TUBERÍA 76x1.5mm	7565,82
9	TUBERÍA 28x1.5mm	2951,47
10	TUBERÍA 12x1mm	109,70
11	INTERCAMBIADOR DE PLACAS	2079,67
TOTAL		259369,02

Tabla 41.-Resumen del PEM

El presupuesto de ejecución material asciende a DOSCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE MIL TRESCIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS CON DOS CÉNTIMOS.

Más del 75% del PEM se debe a los captadores y acumuladores. Prácticamente la mitad del presupuesto de ejecución material corresponde a los captadores solares, pues son el elemento más importante y numeroso de la instalación solar. Los acumuladores suponen un 34% del PEM, pues su precio por unidad es bastante elevado al tratarse de acumuladores de gran capacidad. El resto de elementos sumados no superan el 17% del total.

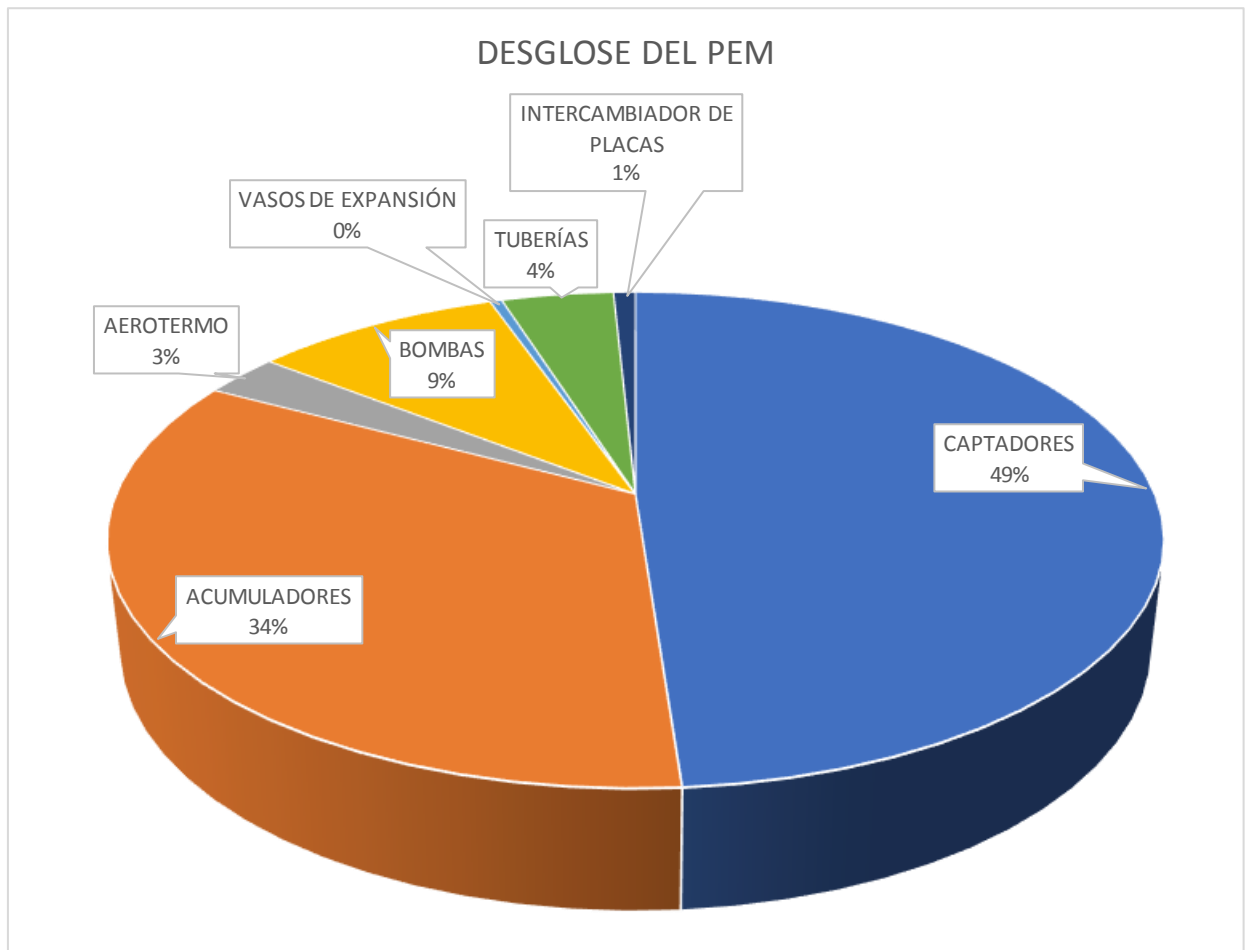


Figura 36.-Diagrama circular del PEM

Las tuberías son el 4%, siendo más del 70% de ese porcentaje debido a las tuberías de mayor diámetro. Las tuberías de interconexión de los captadores a penas influyen en el total.

Tanto el intercambiador de placas como los vasos de expansión (los de ambos circuitos) rondan el 1%, siendo los elementos más baratos de la instalación.

2.-PRESUPUESTO TOTAL

PEM	259369,02
13% de Gastos generales	33717,97
6% de Base imponible	15562,14
SUBTOTAL	308649,13
21% I.V.A	64816,31
PRESUPUESTO DE CONTRATA	373465,45
HONORARIOS +I.V.A	
4,5% PROYECTO	16805,9453
4,5% DIRECCIÓN DE OBRA	16805,9453
SUBTOTAL	33611,8907
21% I.V.A	7058,49704
PRESUPUESTO FINAL	414135,84

Tabla 42.-Presupuesto total

La inversión inicial es de CUATROCIENTOS CATORCE MIL CIENTO TREINTA Y CINCO EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

Desglosando el presupuesto total se observa que el gasto más importante, más del 50%, corresponde a los captadores y acumuladores como ya era previsible vistos los datos del PEM. Los impuestos y gastos adicionales rondan un cuarto del gasto total.

Seguidamente, el resto de componentes de la instalación son el gasto más significativo aunque muy lejos de los valores anteriores. La mano de obra no supone un porcentaje significativo del total al igual que los costes directos complementarios que son una estimación de aquellos gastos difíciles de cuantificar.

En cuanto al proyecto de ingeniería y a la dirección de obra, ambos se han calculado como un 4.5% del total pero la dirección de obra y redacción del proyecto pueden ser realizados por la misma persona.

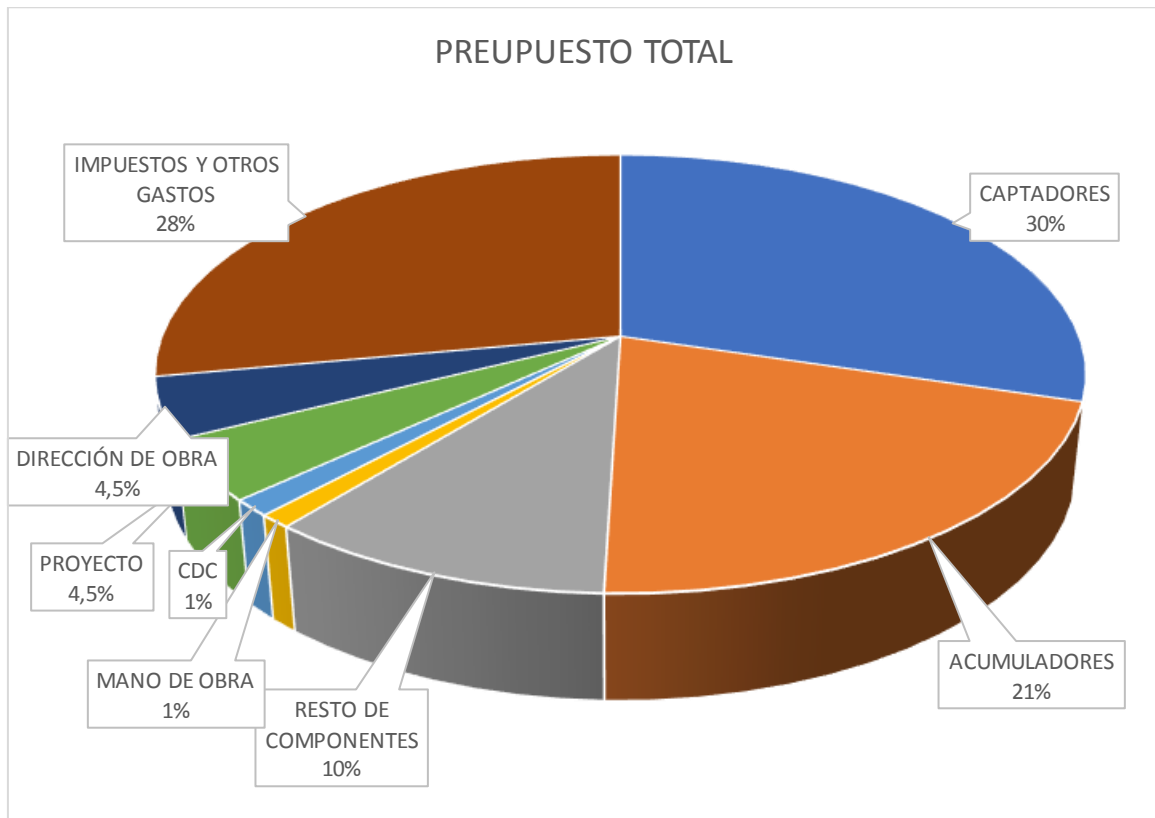
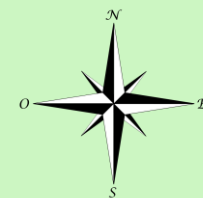
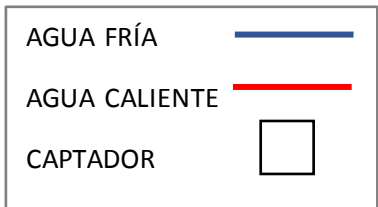
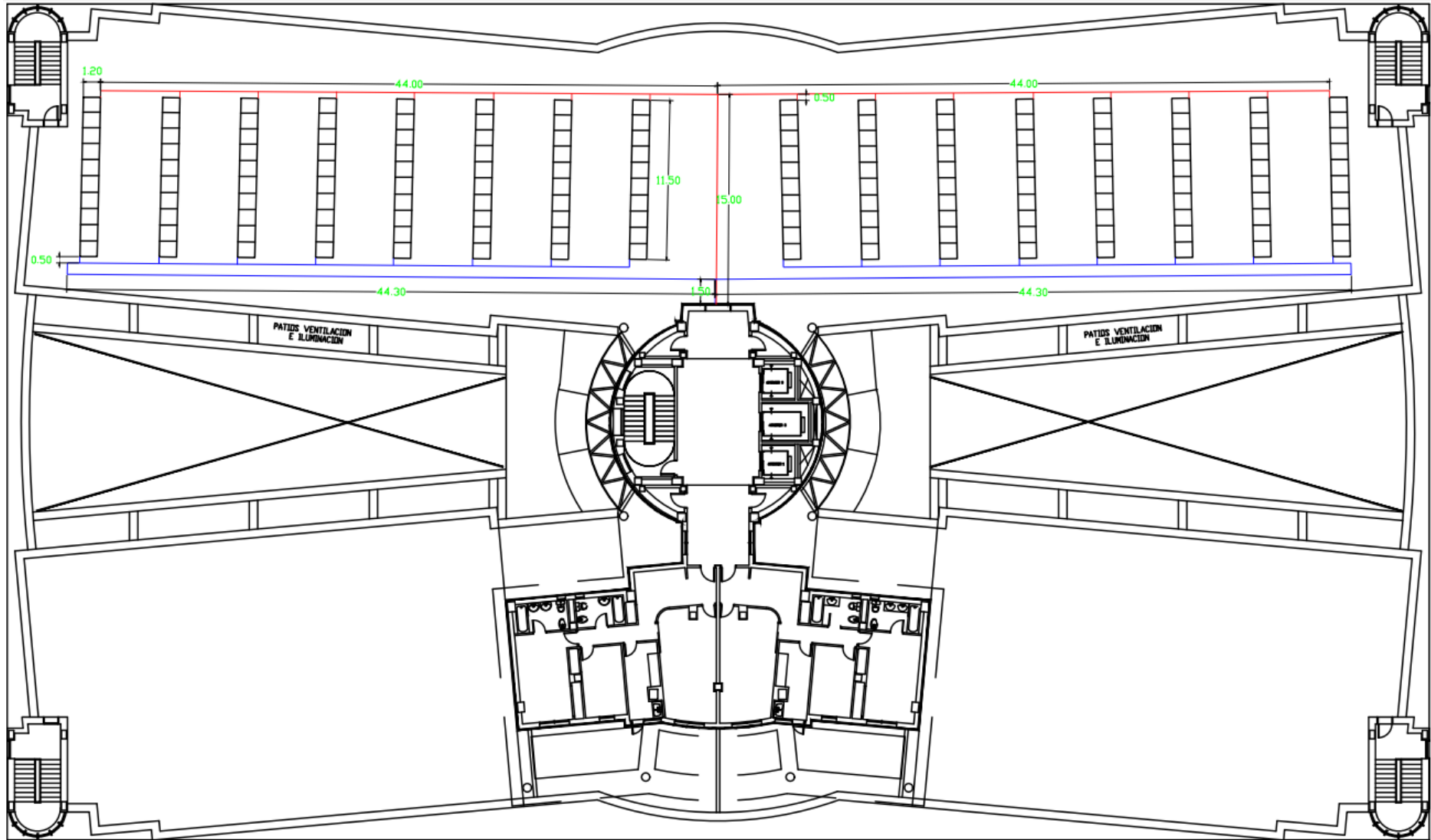


Figura 37.-Presupuesto total

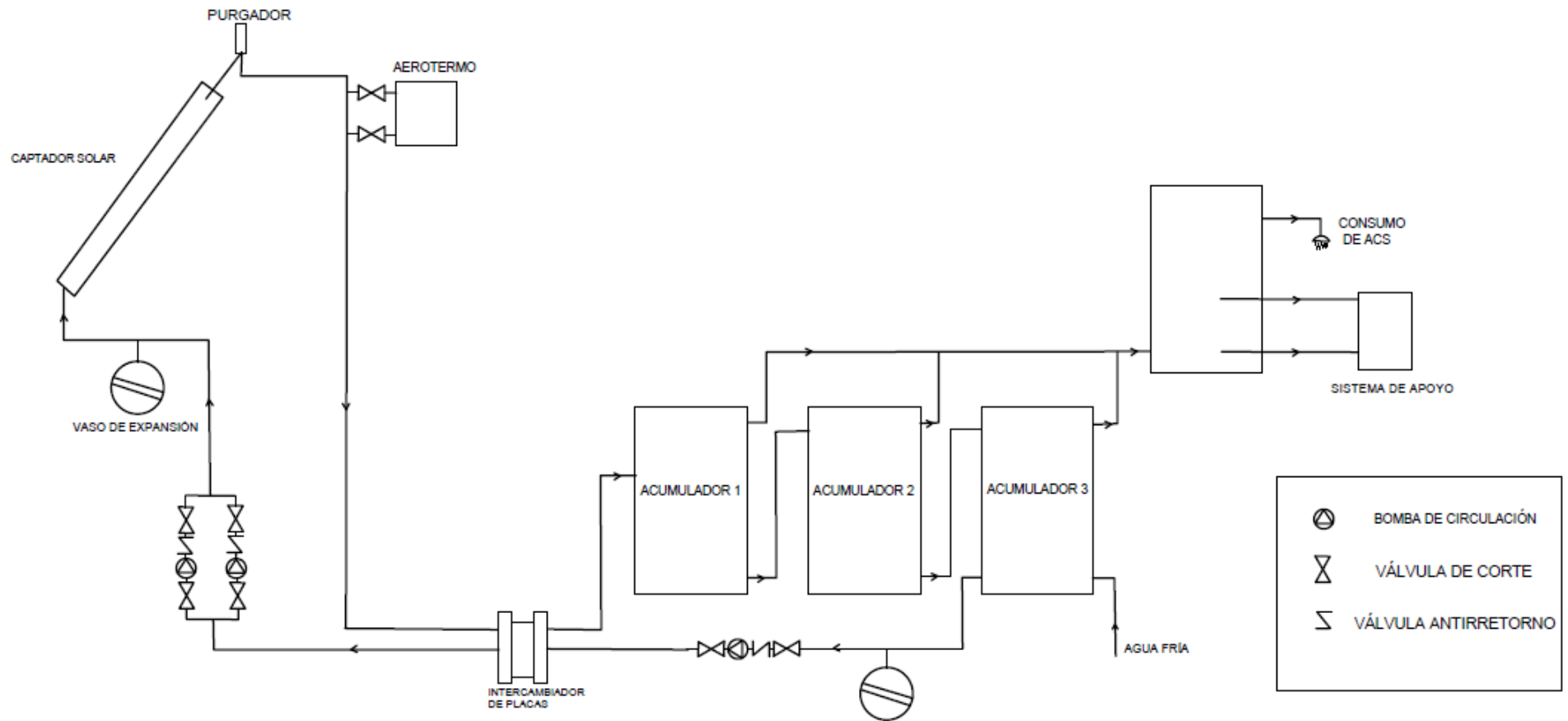
PLANOS



	FECHA	NOMBRE	DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA GALILEO GALILEI DE VALENCIA
DIBUJADO	20/06/2020	ALBERCA CONESA, ELENA	
ESCALA	PLANO DE SITUACIÓN		NÚMERO
1:50			1



DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA GALILEO GALILEI DE VALENCIA
ESCALA	20/06/2020	ALBERCA CONESA, ELENA	
1:25	PLANO DE DISTRIBUCIÓN		NÚMERO
			2



	FECHA	NOMBRE	DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN LA RESIDENCIA UNIVERSITARIA GALILEO GALILEI DE VALENCIA
DIBUJADO	20/06/2020	ALBERCA CONESA, ELENA	
ESCALA	ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN		NÚMERO
1:1			3