

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

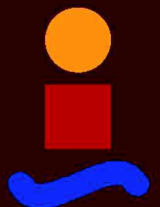
Instalación de energía solar térmica en un edificio residencial

Autor: Juan Tirado Pérez

Tutor: D. José Julio Guerra Macho

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

Sevilla, 2016



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Instalación de energía solar térmica en un edificio residencial

Autor:
Juan Tirado Pérez

Tutor:
D. José Julio Guerra Macho
Catedrático de Universidad

Dep. de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2016

Proyecto Fin de Grado: Instalación de energía solar térmica en un edificio residencial

Autor: Juan Tirado Pérez

Tutor: José Julio Guerra Macho

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2016

Agradecimientos

En primer lugar, quisiera dar las gracias a mis padres Juan y Paulina y a mis hermanos José Pablo y María. Gracias por el cariño diario que me habéis brindado. Gracias por haberme levantado en los momentos duros y haber celebrado conmigo todos los buenos y los que vendrán. Gracias por ser mi familia.

Gracias a mi abuela Paquita y a mis abuelos Juan Tirado, Juan Pérez y Encarnita que me observan desde allí arriba. Gracias por haberme enseñado que la honestidad, la generosidad, la amabilidad, la empatía y el trabajo diario son necesarios en esta vida y servirme como ejemplo para seguir siempre adelante con una sonrisa.

Gracias a Anita. Gracias por haber sido mi principal soporte en estos últimos dos años. Gracias por haberme aguantado en los días que ni yo mismo me soportaba. Gracias por hacerme sentir Sevilla como mi hogar.

Gracias a David, Alejandro, Dani, Álvaro, Julio y Melchor. Gracias por haberme hecho disfrutar tanto en estos cuatro años que han pasado ante nuestros ojos sin darnos apenas cuenta.

Y por último y no por ello menos importante, dar las gracias a mi tutor, D. José Julio Guerra Macho. Gracias por haberme recibido siempre con esa alegría y buen humor que le caracteriza y por el trato tan humano y cercano que me ha ofrecido.

¡Muchas gracias a todos, de corazón!

Juan Tirado Pérez

Noviembre de 2016

Índice

Agradecimientos	5
Índice	7
Índice de Tablas	9
Índice de Figuras	11
1 Memoria descriptiva	13
1.1 Objeto del Proyecto	13
1.2 Antecedentes	13
1.3 Método de cálculo	13
1.4 Descripción del edificio	17
1.5 Descripción de la instalación	17
1.5.1 Principio de funcionamiento	17
1.5.2 Elementos principales de la instalación	18
1.6 Características técnicas	25
1.6.1 Captadores solares	25
1.6.2 Interacumulador	27
1.6.3 Bomba de circulación	27
1.6.4 Vaso de expansión	29
1.7 Normativa	30
1.7.1 Código técnico de la Edificación HE-4	30
1.7.2 Norma UNE	30
1.7.3 Reglamento de instalaciones térmicas en la edificación (RITE)	31
1.8 Bibliografía	31
2 Memoria de cálculo	32
2.1 Introducción	32
2.2 Datos de partida	32
2.2.1 Parámetro geográfico	32
2.2.2 Parámetros climáticos	32
2.3 Cálculo de la demanda	37
2.3.1 Cálculo del consume de agua	37
2.3.2 Demanda energética	38
2.4 Cálculo de la superficie de captación	39
2.4.1 Determinación de la fracción de demanda cubierta anual	39
2.4.2 Disposición de los captadores	40
2.4.3 Pérdidas debido a la orientación, a la inclinación y a las sombras	40
2.5 Cálculo del volumen de acumulación	41
2.6 Cálculos sobre la red de tuberías	41
2.6.1 Fluido del circuito primario	41
2.6.2 Caudal del circuito primario	42
2.6.3 Pérdida de carga en los captadores	42
2.6.4 Pérdida de carga en el interacumulador	42
2.6.5 Pérdida de carga en la red de tuberías	43
2.6.6 Dimensionamiento de la bomba del primario	45
2.6.7 Dimensionado del vaso de expansión	45
2.6.8 Cálculo del espesor de aislamiento	46
2.6.9 Selección de accesorios	46
3 Pliego de condiciones	48

3.1	<i>Objeto</i>	48
3.2	<i>Normativa aplicable</i>	48
3.3	<i>Condiciones de materiales y equipos</i>	48
3.3.1	Tuberías	48
3.3.2	Accesorios	49
3.3.3	Válvulas	50
3.3.4	Aislamiento	52
3.3.5	Vasos de expansión	52
3.3.6	Bombas	52
3.3.7	Captadores	53
3.3.8	Sistema eléctrico y de control	54
3.3.9	Aparatos de medida	55
3.3.10	Acumuladores	56
3.3.11	Intercambiadores de calor	57
3.4	<i>Provisión del material</i>	57
3.5	<i>Condiciones de montaje</i>	58
3.6	<i>Pruebas, puesta en marcha y recepción</i>	58
3.6.1	General	58
3.6.2	Pruebas parciales	58
3.6.3	Pruebas finales	59
3.6.4	Ajustes y equilibrado	59
3.6.5	Recepción	59
3.7	<i>Mantenimiento</i>	60
3.7.1	Vigilancia	60
3.7.2	Mantenimiento preventivo	60
3.7.3	Mantenimiento correctivo	61
4	Presupuesto	62
4.1	<i>Sistema de captación</i>	62
4.2	<i>Sistema de acumulación e intercambio</i>	62
4.3	<i>Sistema hidráulico</i>	63
4.4	<i>Sistema de control</i>	64
4.5	<i>Presupuesto total de la instalación</i>	64
5	Planos	66

Índice de Tablas

Tabla 2-1 Radiación y temperatura ambiente según la norma UNE 94003:2007	33
Tabla 2-2 Declinación mensual	34
Tabla 2-3 Ángulo solar mensual	34
Tabla 2-4 Radiación extraterrestre e índice de claridad	35
Tabla 2-5 Coeficiente Rd	36
Tabla 2-6 Radiación solar global, directa y difusa sobre una superficie inclinada	36
Tabla 2-7 Demanda de referencia a 60 °C	37
Tabla 2-8 Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado	38
Tabla 2-9 Demanda energética y temperatura del agua de red mensual	38
Tabla 2-10 Fracción de la demanda cubierta en función del área	39
Tabla 2-11 Dimensionado del circuito primario	44
Tabla 2-12 Longitudes equivalentes para tablas soldadas en cobre	44
Tabla 2-13 Pérdida de presión total de la instalación	44

Índice de Figuras

Figura 1-1 Curvas de fracción de demanda cubierta	14
Figura 1-2 Curvas de corrección por caudal	15
Figura 1-3 Curva de corrección por agrupación	15
Figura 1-4 Curva de factor de corrección de almacenamiento	16
Figura 1-5 Captador solar plano	18
Figura 1-6 Esquema de un captador solar plano.	18
Figura 1-7 Esquema de la instalación	19
Figura 1-8 Pérdidas en un captador solar plano	20
Figura 1-9 Conexión en serie	20
Figura 1-10 Conexión en paralelo	21
Figura 1-11 Conexión de dos baterías de captadores en paralelo	21
Figura 1-12 Instalación de nuestros captadores	21
Figura 1-13 Tipos de Interacumuladores	22
Figura 1-14 Interacumulador de doble serpentín	23
Figura 1-15 Bomba de circulación	24
Figura 1-16 Vaso de expansión	25
Figura 1-17 Esquema del captador solar T8S	26
Figura 1-18 Captador Temosolar Modelo T8S	26
Figura 1-19 Interacumulador CV-1000M1B de Lapesa	27
Figura 1-20 Bomba elegida UP 15-14 B PM	28
Figura 1-21 Esquema de la bomba	28
Figura 1-22 Curvas de rendimiento	29
Figura 1-23 Vaso de expansión elegido	30
Figura 2-1 Zonas climáticas según la norma UNE 94003:2007	32
Figura 2-2 Radiación global sobre superficie horizontal e inclinada	37
Figura 2-3 Demanda energética	39
Figura 2-4 Distribución de la energía consumida anualmente	40
Figura 2-5 Volumen de acumulación frente a factor de cobertura	41
Figura 2-6 Pérdida de carga del captador	43
Figura 4-1 Peso de los distintos sistemas de la instalación	65

1 MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 Objeto del Proyecto

El objetivo de este proyecto se basa en el diseño de una instalación para producir agua caliente sanitaria mediante energía solar térmica de baja temperatura en un edificio residencial situado en el pueblo de Otura, provincia de Granada.

Con el fin de calcular la demanda energética del edificio, realizamos un estudio de la radiación que incide en el pueblo. A continuación, proyectaremos un dimensionamiento de la instalación y elección de los distintos equipos que emplearemos.

1.2 Antecedentes

El uso de energía solar trae consigo ventajas tanto económicas como desde el punto de vista ambiental. Usando el sol como fuente de energía, los costes para producir agua caliente se verán reducidos una vez se amortice la inversión. Para ello se deberá tener en cuenta la elección de materiales cuya vida útil sea lo más larga posible haciendo la inversión más rentable.

Un parámetro importante que ha tener en cuenta en la incorporación de esta tecnología es la situación geográfica. España goza con un a media de 2.500 horas de sol aseguradas del año. Dentro de España, la provincia de Granada es una de las zonas con mejores características para el uso de la energía solar dado que cuenta con un gran número de horas de sol anualmente debido a la escasez de lluvias durante la mayor parte del calendario.

Además la contaminación del medio ambiente disminuirá con la utilización de este tipo de sistemas, porque se reducen emisiones de CO₂ y se evitan riesgos derivados del uso de otras energías que no son consideradas limpias.

1.3 Método de cálculo

Existen distintos procedimientos para el cálculo de la demanda de fracción solar. Estos métodos de diseño pueden estar basados en simulaciones horarias o en correlaciones entre números adimensionales que permiten trabajar en una base de tiempo mensual. En este proyecto se trabajará con el último grupo de métodos mencionado y dentro de ellos, concretamente, con el método f-Chart. Su principio se basa en comprobar, mediante fórmulas analíticas, que para una determinada superficie de captación solar con un volumen de acumulador determinado se cumple la contribución solar mínima anual exigida en el Documento Básico HE Ahorro de Energía en su Sección HE 4, entendiéndose por contribución solar mínima anual como el porcentaje que representa la producción de energética anual sobre la demanda anual del edificio. El método f-chart es un método bastante preciso cuando se dispone de datos en base mensual, ya que se desarrolló a partir de correlaciones obtenidas de un gran número de simulaciones y le proporciona una precisión bastante aceptable.

A continuación se expone el alcance de dicho método:

- Basado en datos diarios medios mensuales.
- Aplicable a sistemas de calefacción y producción de ACS, con una demanda de ACS inferior al 20% de la demanda de calefacción.
- Considera un sistema base de energía solar sin intercambiador de calor en el circuito de captación y con una acumulación de 75 l/m² de superficie de captación.

El rendimiento del sistema se define como la fracción de demanda cubierta por la energía solar (f) y es función de los siguientes parámetros adimensionales:

$$X = \frac{F_R \cdot U_L \cdot (T_{ref} - T_{am}) \cdot \Delta t \cdot A}{L}$$

X: factor de pérdidas, relación entre las pérdidas de energía de la superficie de captación para una temperatura de referencia de 100°C y la carga total de un mes.

$$Y = \frac{F_R (\tau\alpha)_m \cdot \bar{H} \cdot N \cdot A}{L}$$

Y: factor de ganancias, relación entre la energía absorbida en la superficie de captación y la carga total de un mes.

$(\tau\alpha)_m$: Producto $(\tau\alpha)$ medio mensual del captador $\approx 0.96 \cdot (\tau\alpha)_n$

En la figura 1.1 se puede observar la relación entre los dos parámetros adimensionales descritos anteriormente y la fracción de demanda cubierta.

Como se ha mencionado anteriormente, el método f-Chart se basa en tres consideraciones, en el caso de que las condiciones de diseño difieran de estas será necesario aplicar a los parámetros adimensionales X e Y los criterios de corrección oportunos.

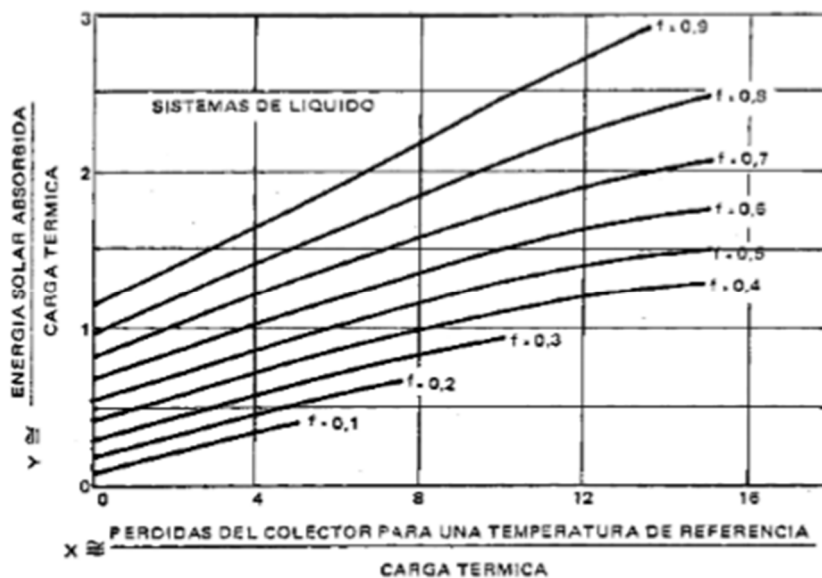


Figura 1-1 Curvas de fracción de demanda cubierta

Los criterios de corrección son los siguientes:

1. Corrección por caudal: siempre que el caudal de ensayo del captador difiera del caudal real es necesario corregir los parámetros $F_R \cdot U_L$ y $F_R (\tau\alpha)_n$ de la recta de rendimiento según la figura 1.2
2. Corrección por agrupación de captadores: definir el área y los parámetros de la recta de rendimiento de un único captador equivale a la agrupación de captadores. La expresión generalizada para N captadores en serie definiendo un captador solar de área $N \cdot A$ será

$$K = \frac{A \cdot F_R \cdot U_L}{M \cdot C_p}$$

$$C_A = \frac{1 - (1 - K)^N}{N \cdot K}$$

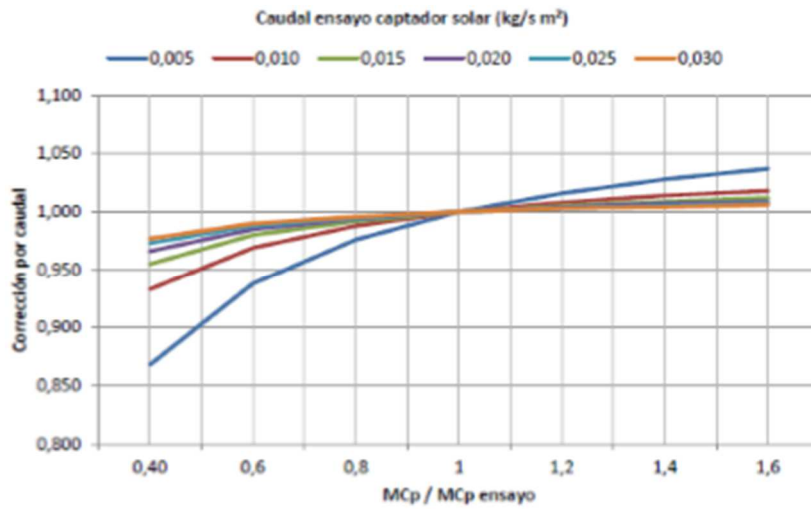


Figura 1-2 Curvas de corrección por caudal

- Corrección por agrupación de captadores: definir el área y los parámetros de la recta de rendimiento de un único captador equivale a la agrupación de captadores. La expresión generalizada para N captadores en serie definiendo un captador solar de área N·A será

$$K = \frac{A \cdot F_R \cdot U_L}{M \cdot C_p}$$

$$C_A = \frac{1 - (1 - K)^N}{N \cdot K}$$

Y su influencia en el rendimiento del número de captadores en serie se describe según se muestra en la figura 1.3

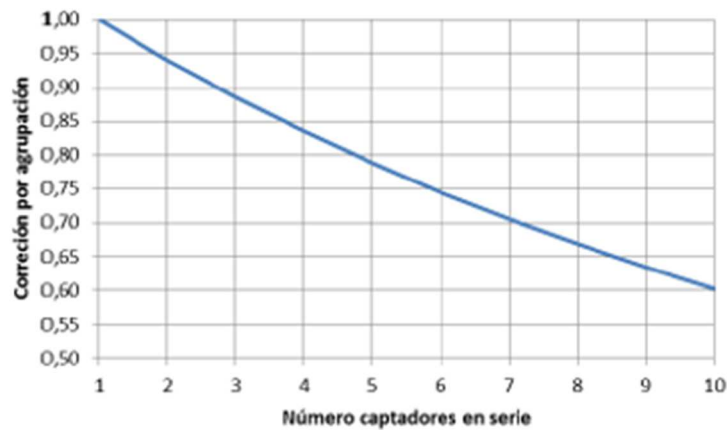


Figura 1-3 Curva de corrección por agrupación

4. Corrección por intercambiador de calor: se define un captador solar equivalente que incorpora al intercambiador de calor, corrigiendo los factores de pérdidas X y de ganancia Y, mediante la ecuación

$$C_{int} = \frac{F'_R}{F_R} = \left[1 + \frac{A \cdot F_R \cdot U_L}{M \cdot Cp_p} \cdot \left(\frac{M \cdot Cp_p}{\varepsilon (M \cdot Cp_p)_{min}} - 1 \right) \right]^{-1}$$

$F_R \cdot U_L$ = Factor de pérdidas del captador solar (W/m²K)

A = Área del captador solar (m²)

$M \cdot Cp_p$ = Capacidad calorífica del fluido del circuito primario (W/K)

$M \cdot Cp_{min}$ = Capacidad calorífica mínima de los fluidos en el intercambiador (W/K)

5. Corrección por la capacidad de almacenamiento: el método se desarrolló para una capacidad de acumulación de 75l/m², si la acumulación es diferente se corregirá el factor de pérdidas adimensional X mediante la ecuación

$$\frac{X_c}{X} = \left(\frac{V}{75} \right)^{-0.25} \quad \text{si } 37.5 < v < 300$$

En la figura 1.4 se muestra la relación existente entre el factor de corrección y el volumen de almacenamiento del caso que nos ocupa.

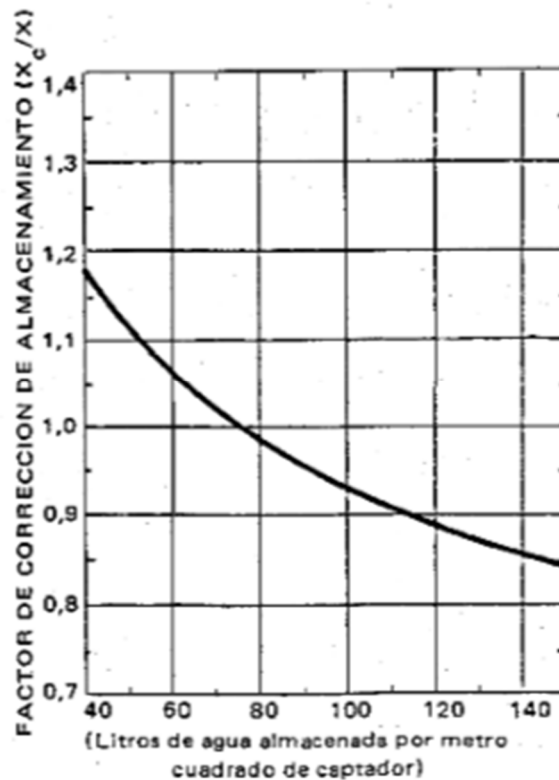


Figura 1-4 Curva de factor de corrección de almacenamiento

6. Corrección por consumo de ACS: el método se desarrolló para instalaciones donde la demanda de ACS es inferior al 20% de la demanda de calefacción. Si este porcentaje es superior, se corrige el factor de pérdidas adimensional X mediante la ecuación

$$\frac{X}{X_c} = \frac{11.6 + 1.18 \cdot T_{ac} + 3.86 \cdot T_{af} - 2.32 \cdot T_{am}}{100 - T_{am}}$$

T_{ac} : Temperatura de preparación del agua caliente (°C)

T_{af} : Temperatura del agua fría (°C). Depende de la localidad y del mes.

T_{am} : Temperatura ambiente media exterior (°C). Depende de la localidad y del mes.

Por último, una vez aplicados todos los criterios de corrección necesarios se calcula la fracción de demanda cubierta en base anual como:

$$f = 1.029 \cdot Y - 0.065 \cdot X - 0.245 \cdot Y^2 + 0.0018 \cdot X^2 + 0.0215 \cdot Y^3$$

Sabiendo que:

$$0 < Y < 3$$

$$0 < X < 18$$

1.4 Descripción del edificio

El edificio en cuestión se encuentra situado en la localidad granadina de Otura, comprendida dentro del área metropolitana de la ciudad de Granada. Otura está emplazada en la parte meridional de la Vega de Granada, a una altitud de 813 msnm y a 12 km de la capital.

Lo podemos definir como un edificio residencial, con orientación suroeste, que consta de una planta semisótano en la que se encuentran 6 trasteros y 7 plazas de garaje, dos plantas compuestas por 3 viviendas en cada planta y de una azotea en la que instalaremos nuestro sistema de captación para la producción de agua caliente sanitaria.

Actualmente, no dispone de ningún sistema de producción de ACS mediante energía solar.

1.5 Descripción de la instalación

1.5.1 Principio de funcionamiento

El principio en el que se fundamenta cualquier instalación solar térmica de baja temperatura es el de aprovechar la energía del Sol mediante un conjunto de captadores para transferirla después a un sistema de almacenamiento que abastecerá el consumo cuando sea necesario. Entendiendo por aprovechamiento de baja temperatura todos los sistemas de energía solar en los que la temperatura del fluido calentado no supera los 100°C.

La instalación solar térmica a tratar se divide en cuatro subsistemas:

- Subsistema de captación.
- Subsistema de intercambio.
- Subsistema de acumulación.
- Subsistema de apoyo.

En nuestro proyecto nos centramos en el diseño de los subsistemas de captación, intercambio y acumulación ya que consideramos que el sistema de apoyo será el sistema convencional que emplea el edificio para calentar el ACS, basados en energías convencionales como gas, gasóleo o electricidad.

El principio de funcionamiento se basa en la instalación solar térmica de baja temperatura que aprovecha la energía solar gracias a una serie de captadores que calientan el fluido para transferirlo posteriormente a un

sistema de almacenamiento que permite emplearlo cuando sea necesaria. En el caso que nos ocupa, esto no será necesario ya que el subsistema de intercambio y el subsistema de acumulación son tratados conjuntamente gracias al interacumulador. En la salida del interacumulador, instalaremos el sistema de apoyo que consistirá en una caldera que se activará cuando la temperatura del agua de salida no sea lo suficientemente alta. El esquema de la instalación que empleamos puede verse representado en la figura 1-5.

Las pérdidas térmicas que sufre el sistema de almacenamiento se contrarrestan con un buen aislamiento de tanto el tanque principal como del resto de elementos que lo componen, así como con su dimensionamiento, que comprende alrededor de la demanda de un día de consumo.

1.5.2 Elementos principales de la instalación

1.5.2.1 Captador solar

1.5.2.1.1 Introducción

El captador solar plano es un intercambiador de calor que transforma energía radiante solar en energía térmica que aumenta la temperatura de un fluido de trabajo contenido en el interior del captador. Mezcla el denominado efecto de cuerpo negro, mediante el cual absorbe la mayoría de la luz y energía que inciden sobre él y el efecto invernadero que aumenta la temperatura en el interior.



Figura 1-5 Captador solar plano

1.5.2.1.2 Descripción

Los captadores planos destinados a la producción de ACS están generalmente formados por una caja herméticamente cerrada cuyo lado superior es una superficie acristalada que permite el paso de la radiación solar pero que impide la pérdida de dicha ganancia térmica, el resto de la carcasa que envuelve al captador puede ser de metal, de algún plástico especial u otro material.

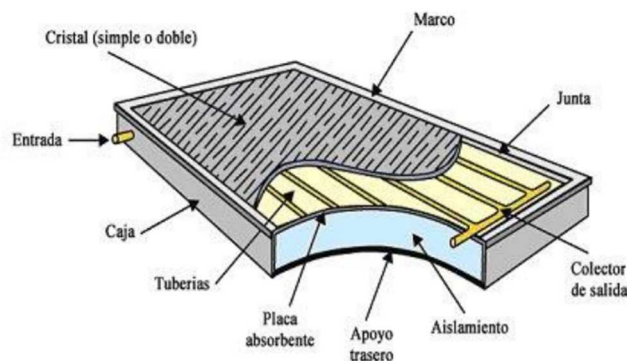


Figura 1-6 Esquema de un captador solar plano.

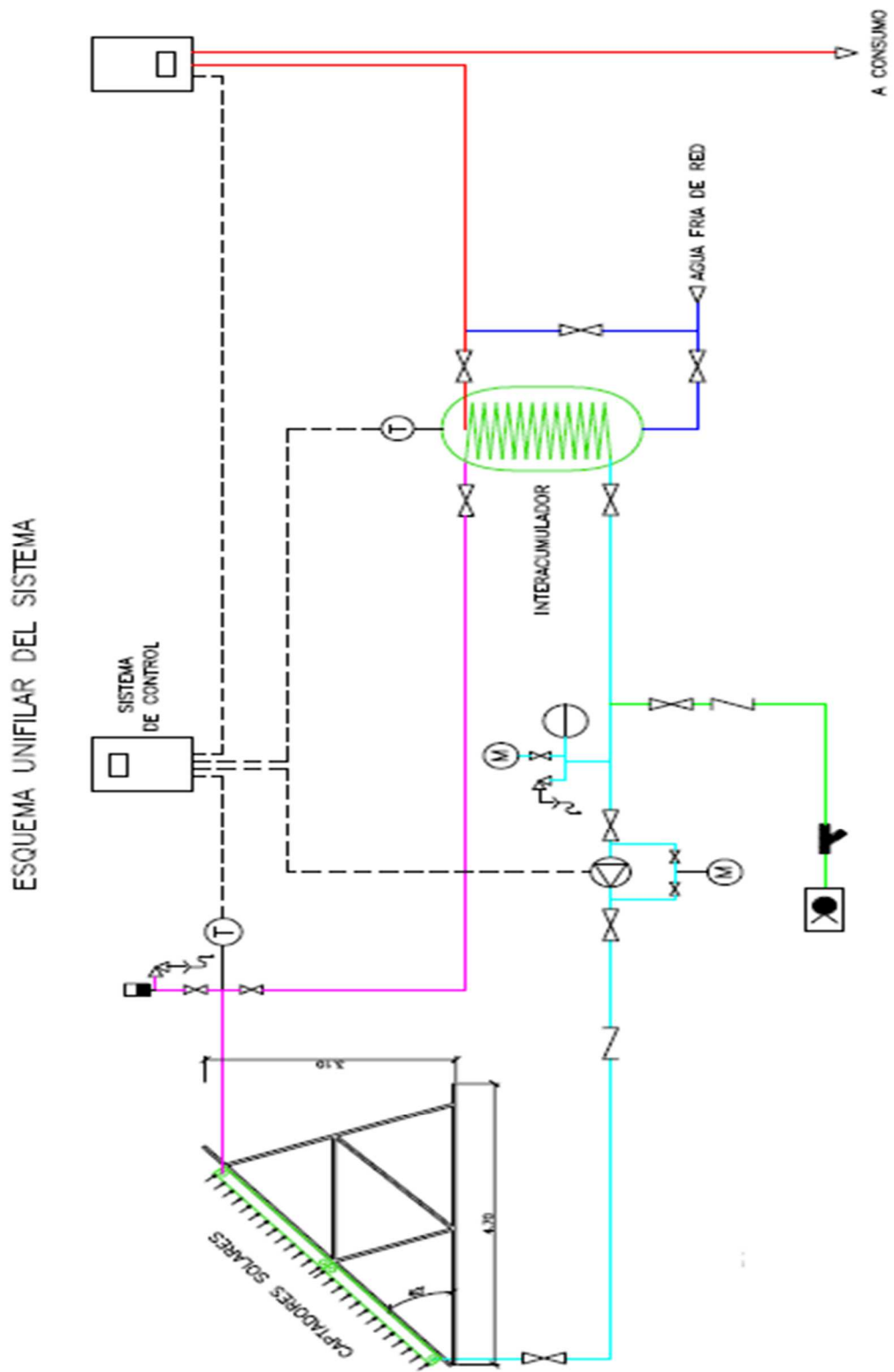


Figura 1-7 Esquema de la instalación

1.5.2.1.3 Funcionamiento

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

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

1.5.2.1.4 Pérdidas energéticas

Al incidir los rayos solares sobre la superficie del captador se producen los siguientes intercambios energéticos entre los que destacan las siguientes pérdidas debido a la radiación y la convección, como se puede observar en la Figura 1-7. Finalmente, solo alrededor del 60% de la radiación total es realmente aprovechada por el captador solar plano.

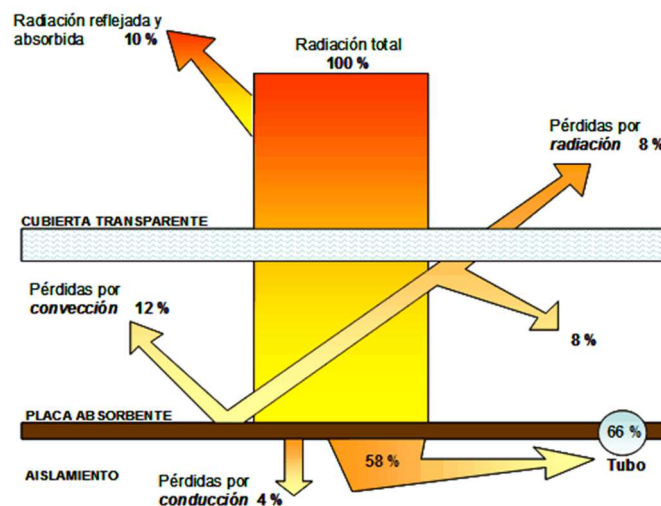


Figura 1-8 Pérdidas en un captador solar plano

1.5.2.1.5 Tipos de conexiones

Los captadores en la mayoría de los casos no se instalan de forma individual, sino que se agrupan formando baterías formando el campo de captación solar. Este tipo de conexiones pueden ser en serie o en paralelo como observamos en la figura 1-8 y 1-9.

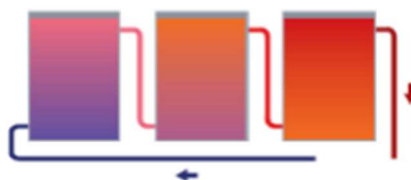


Figura 1-9 Conexión en serie

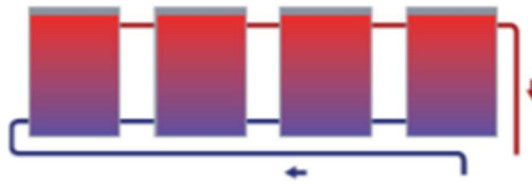


Figura 1-10 Conexión en paralelo

El rendimiento energético de los captadores disminuye con la temperatura de entrada del agua por lo que el acoplamiento de más de dos captadores en serie estaría muy penalizado energéticamente, si bien se producirá un aumento de la temperatura de salida del agua producida.

Por lo tanto, se llega a la conclusión de que la mejor configuración se basa en una conexión en paralelo de dos baterías de captadores si bien habría que añadir una serie de válvulas de equilibrado para lograr que el caudal que entra por A sea el mismo que entra por B.

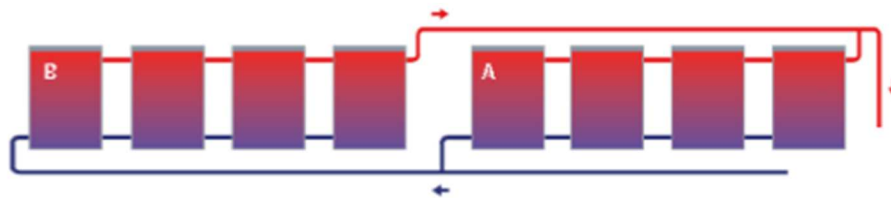


Figura 1-11 Conexión de dos baterías de captadores en paralelo

En lo referente a nuestra instalación, se instalarán 6 captadores en paralelo como podemos observar en la figura 1.11 que garantizarán cubrir la demanda de ACS que impone el CTE que esta para nuestra zona geográfica en un 60%. Se instala con retorno invertido para garantizar el equilibrio hidráulico del circuito.

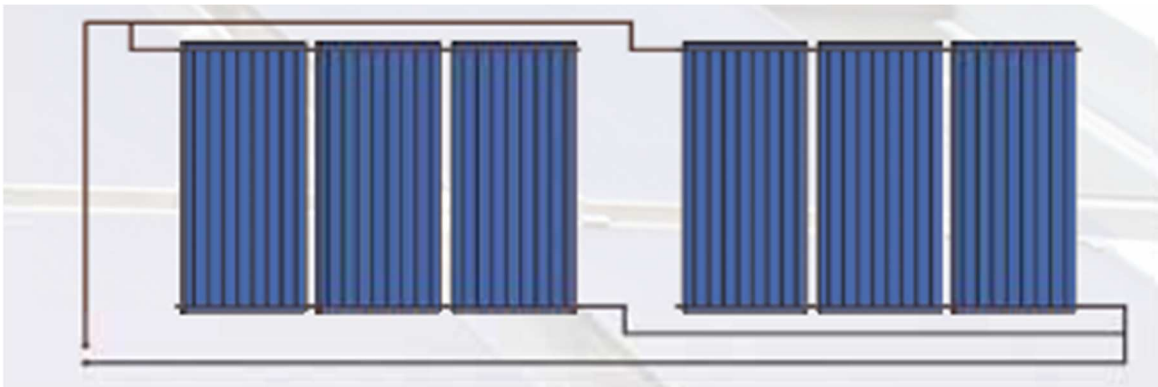


Figura 1-12 Instalación de nuestros captadores

1.5.2.1.6 Orientación

Con la finalidad de reducir lo máximo posible las pérdidas, se busca una orientación óptima que coincide con la orientación Sur geográfico y una inclinación de los captadores solares similar a la latitud del lugar ($\pm 10^\circ$), punto en el que el aprovechamiento de la radiación solar es máximo. Basándose en esto, la disposición de los captadores en este proyecto tendrá una orientación Sur. La inclinación ideal sería de 37° sobre la horizontal ya que es la latitud en la que se encuentra Otura, la localidad en la que se haya el edificio residencial. Sin embargo, emplearemos un inclinación de 40° ya que es la más cercana a la de la localidad que nos proporcionan los soportes elegidos para la instalación.

1.5.2.2 Interacumulador

1.5.2.2.1 Definición

El interacumulador, como su propio nombre indica, comprende las funciones tanto de un intercambiador de calor como de un depósito de acumulación.

1.5.2.2.2 Tipos de interacumulador

- Interacumulador de doble pared: Acumulador de agua caliente cuyo intercambiador de calor está constituido por una doble envoltura que rodea el depósito dentro de la cual circula el fluido del circuito primario.
- Interacumulador de serpentín: Acumulador de agua caliente cuyo intercambiador de calor está formado por un tubo curvado en espiral o serpentín, por el interior del cual circula el fluido del circuito primario. Algunos acumuladores pueden disponer de más de un serpentín de calentamiento, denominados de doble serpentín. En nuestro proyecto emplearemos un interacumulador de un serpentín ya que se trata de una instalación relativamente pequeña y este sistema responde perfectamente a nuestras necesidades de intercambio y acumulación.

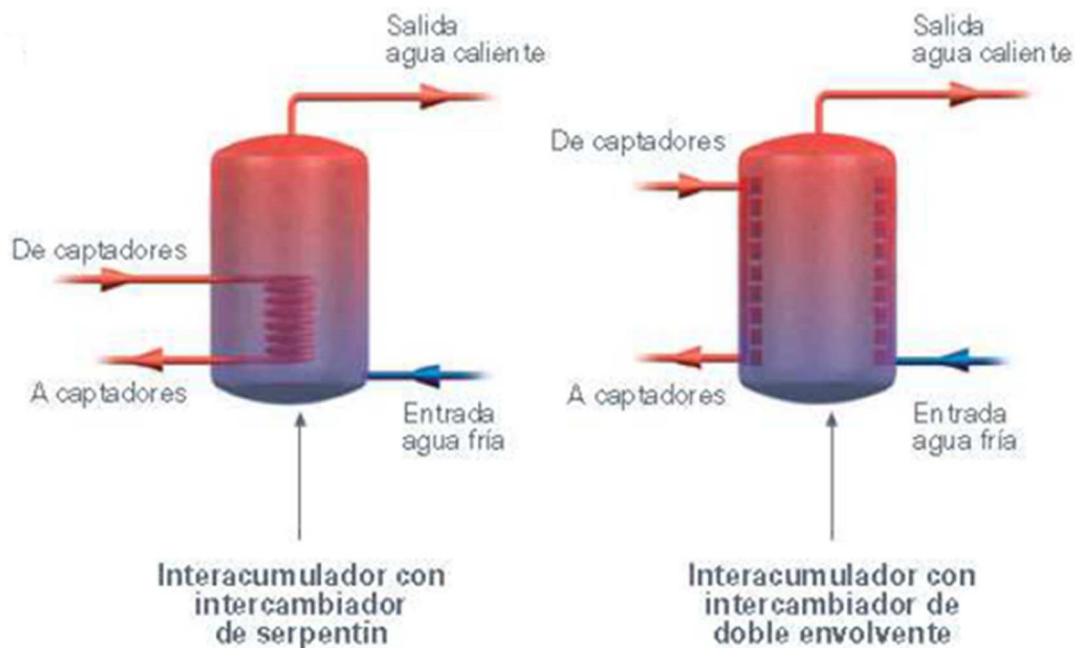


Figura 1-13 Tipos de Interacumuladores

1.5.2.2.3 Especificaciones

La posición de los interacumuladores debe ser preferentemente elevada. Las conexiones de las tuberías al acumulador deben realizarse de modo que se contribuya a la estratificación de temperaturas en el interior, acumulando el agua más caliente en la zona superior y el agua más fría en la parte inferior.

En el caso de equipos prefabricados, el interacumulador suele ser horizontal y está ubicado en la parte superior del conjunto de captadores.

La estratificación permite tener un suministro instantáneo de agua a temperatura de consigna sin necesidad de que todo el depósito esté a dicha temperatura. Además contribuye a obtener un mejor rendimiento de los captadores solares.

El agua caliente debe extraerse de la parte superior del acumulador.



Figura 1-14 Interacumulador de doble serpentin

1.5.2.2.4 Especificaciones

La posición de los interacumuladores debe ser preferentemente elevada. Las conexiones de las tuberías al acumulador deben realizarse de modo que se contribuya a la estratificación de temperaturas en el interior, acumulando el agua más caliente en la zona superior y el agua más fría en la parte inferior.

En el caso de equipos prefabricados, el interacumulador suele ser horizontal y está ubicado en la parte superior del conjunto de captadores.

La estratificación permite tener un suministro instantáneo de agua a temperatura de consigna sin necesidad de que todo el depósito esté a dicha temperatura. Además contribuye a obtener un mejor rendimiento de los captadores solares.

El agua caliente debe extraerse de la parte superior del acumulador.

1.5.2.3 Sistema hidráulico

El sistema hidráulico de la instalación está compuesto tanto por el conjunto de tuberías que transportan el agua hasta el interacumulador así como el resto de equipos (válvulas, vasos de expansión, bombas, etc...)

1.5.2.3.1 Tuberías

En cuanto a las tuberías que componen el circuito hidráulico es necesario hacer una distinción entre las destinadas al circuito primario y, por tanto, tuberías exteriores y las pertenecientes al circuito secundario e interiores.

Para ambos circuitos se empleará como material el cobre por sus buenas propiedades para trabajar con mezclas de agua y glicol aunque existen algunas otras opciones en el mercado como acero negro o acero galvanizado. Sin embargo, el cobre es el más aconsejable para instalaciones de energía solar por ser resistente a la corrosión, económico, duradero y con una buena protección contra los contaminantes del suministro de agua doméstica.

El circuito primario recorre buena parte de la azotea del edificio transportando el fluido calotransportador desde los captadores hasta el interacumulador. Es por ello por lo que el fluido de trabajo debe de estar previsto para heladas ya que esta localidad puedes registrar temperaturas mínimas de hasta -12°C por lo que usaremos el anticongelante proporcionado por el fabricante TERMICOL ideal y optimizado para trabajar en conjunto con sus captadores solares.

El circuito secundario está compuesto por el agua que llegará a las distintas estancias de las viviendas.

Para realizar el dimensionamiento de las tuberías se realizará una división de la red en tramos cuya finalidad es seleccionar el diámetro adecuado del conjunto de tramos de tuberías y conocer la velocidad y pérdida de carga en cada uno de ellos. Comprobando si cumplen las especificaciones recogidas en el pliego de condiciones técnicas del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE).

Este método de cálculo se describirá y aplicará en el apartado 2.6 de la memoria de cálculo.

Debido a que la red de tuberías discurre por el exterior es necesario dotarlas de un buen aislamiento que evite la mayor parte de las pérdidas térmicas. Ha de ser un material con alta resistencia a la corrosión y capaz de resistir altas temperaturas de alrededor de 100 °C.

1.5.2.3.2 Bombas de circulación

La bomba de circulación es el elemento de la instalación solar térmica encargado de hacer circular el fluido a través del circuito hidráulico de una instalación de circulación forzada. Es decir, generan el movimiento del fluido de trabajo desde la salida del depósito interacumulador hasta los colectores solares. Normalmente son de tipo centrífugas.

Se deben montar en las zonas más frías del circuito primario, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.



Figura 1-15 Bomba de circulación

Las bombas circuladoras empleadas en los circuitos termosolares suelen tener varias velocidades y el fabricante lo indicará en sus gráficas de funcionamiento. Lo aconsejable es que se trabaje en una velocidad intermedia, con objeto de tener margen de actuación en el caso de ser necesaria variar la presión de suministro de la bomba ante cambios en las condiciones de la instalación. Asimismo, previo a la aspiración de la bomba, se suele instalar un filtro con objeto de evitar que entren al interior de la bomba impurezas procedentes de los cordones de soldadura y otros desprendimientos del interior de la instalación.

Para poder conocer la potencia de las bombas que hemos de colocar, necesitaremos calcular primeramente la pérdida de carga del sistema. Es decir, la suma de la pérdida de carga en el circuito más desfavorable de tuberías, la pérdida de carga producida por el interacumulador así como la pérdida de carga de los captadores solares. A esto hay que añadirle el caudal de nuestro sistema.

Los grupos de bombeo contarán con válvulas de retención para evitar el sentido inverso de la corriente así como válvulas de corte con el fin de poder realizar reparación o mantenimiento.

No hará falta colocar dos bombas en paralelo ya que la superficie de captación no es superior a 50 m² que exige la normativa.

1.5.2.3.3 Vasos de expansión

Un vaso de expansión es un dispositivo capaz de absorber las dilataciones del fluido calotransportador de tal manera que el fluido sobrante que no cabe en la instalación entre en el vaso de expansión.

Entre los más usados, son los vasos de expansión de tipo cerrado, los cuales consisten en un depósito cerrado herméticamente, cuyo interior se encuentra dividido en dos partes separadas por una membrana impermeable y extensible.



Figura 1-16 Vaso de expansión

Para su diseño se ha seguido la norma UNE 1001155:2004 y como se trata de un circuito cerrado, se montará en la zona de aspiración de la bomba.

1.5.2.4 Sistema de regulación y control

En toda instalación solar es necesario un sistema de regulación y control automático en el que, a través de equipos de control, se controlen los diferentes elementos de la instalación.

El control del circuito primario se efectúa a través de la bomba del circuito primario, cuyo funcionamiento viene determinado por la diferencia de temperatura en el fluido caloportador medida entre la salida de los captadores y la salida del acumulador.

Este diferencial se activará en el caso de que la diferencia sea superior a 7°C y la bomba comenzará a funcionar como indica la norma correspondiente. Por el contrario, si la diferencia es inferior a 2°C el sistema de control detendrá el funcionamiento de la bomba.

Otra función del sistema de control se centra en el sistema de apoyo. Para ello se dispondrá de una sonda de temperatura a la salida del acumulador que registrará la temperatura del agua sanitaria, haciendo que el sistema auxiliar entre o no en funcionamiento según la demanda requerida en ese momento.

Para este caso el sistema auxiliar se activará en el instante que exista caudal de consumo y la temperatura medida por la sonda sea inferior a la temperatura del agua de consumo más 5°C .

Los sensores de temperatura empleados estarán colocados en los distintos puntos del circuito y deberán estar aislados de las condiciones ambientales que los rodean.

1.6 Características técnicas

1.6.1 Captadores solares

Instalaremos los captadores solares de la marca Termicol, más en concreto el modelo T8S. Se trata de un captador solar plano selectivo. Presenta las siguientes características:

- Superficie bruta: $2,09\text{m}^2$.
- Superficie neta: $1,9\text{m}^2$

- Dimensiones totales: 2013 x 970 x 100mm.



Figura 1-17 Esquema del captador solar T8S

- Cubierta: Vidrio templado con bajo contenido en hierro.
- Aislamiento: Tipo manta de lana de vidrio de gran espesor.
- Absorbedor: Absorbedor de parrilla con láminas de aluminio soldadas por ultrasonido.
- Peso en vacío: 38 kg.
- Presión máxima de trabajo: 10 bar.
- Rendimiento óptico: 80,3 %.
- Coeficiente de pérdidas k1: 3,61.
- Coeficiente de pérdidas k2: 0.014.
- Sistema de fijación: Es necesario adquirir los elementos de fijación aparte.



Figura 1-18 Captador Temosolar Modelo T8S

1.6.2 Interacumulador

Hemos seleccionado el modelo CV-1000M1B del fabricante LAPESA que nos proporciona las siguientes características principales:

- Capacidad ACS: 1000l
- Fabricación: Acero vitrificado
- Temperatura máxima depósito de ACS 90 °C
- Presión máxima del depósito de ACS: 8 bar
- Temperatura máxima del circuito de calentamiento: 200 °C
- Presión máxima circuito de calentamiento: 25 bar
- Superficie de intercambio circuito de calentamiento: 3.3 m²
- Peso en vacío: 230 kg

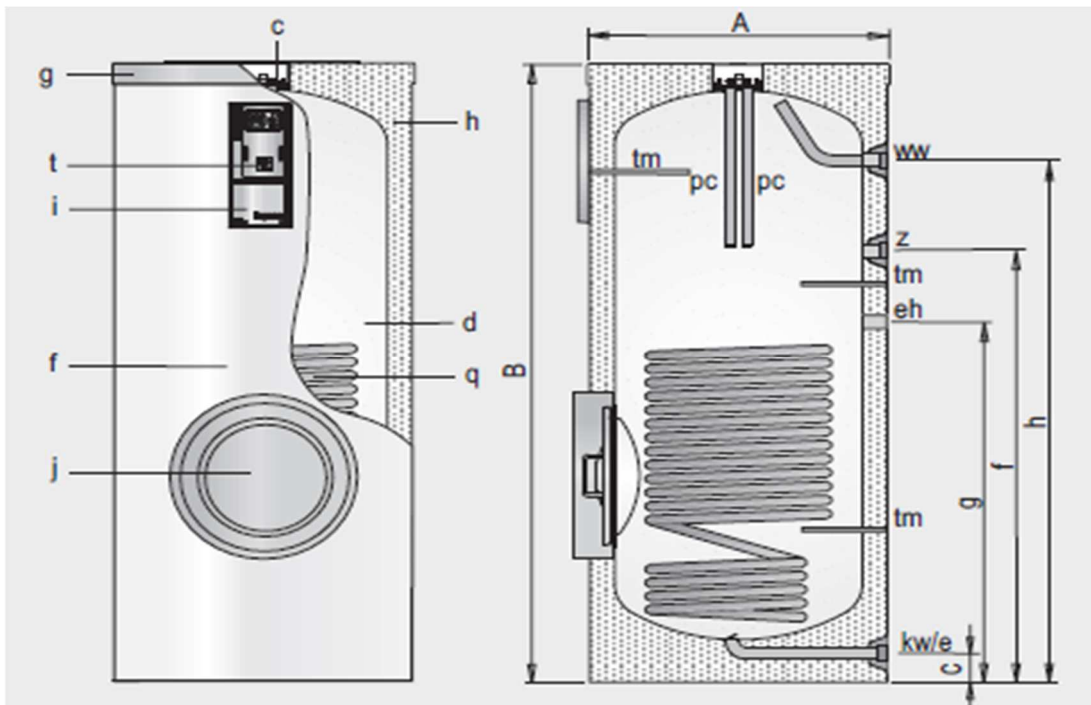


Figura 1-19 Interacumulador CV-1000M1B de Lapesa

Incorporan de serie, panel de control modelo "TS" con termómetro, termostato de regulación de temperatura y piloto indicador de funcionamiento, y ánodo de magnesio con medidor de carga, para la protección catódica del depósito.

Aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectado en molde, libre de CFC, con sistema desmontable de los laterales, para permitir su paso por puertas de 800 mm. de anchura.

1.6.3 Bomba de circulación

Hemos optado por una bomba de circulación del circuito primario pequeña, ya que se trata de una instalación no demasiado grande. El modelo elegido es UP 15-14 B PM de la empresa GRUNDFOS.



Figura 1-20 Bomba elegida UP 15-14 B PM

Cuenta con las siguientes especificaciones:

- N° de velocidad: 1
- Altura máxima: 14 dm
- Presión máxima de trabajo: 10 bar
- Diámetro de conexiones: ½ ''
- Distancia entre conexiones de aspiración y descarga: 80 mm

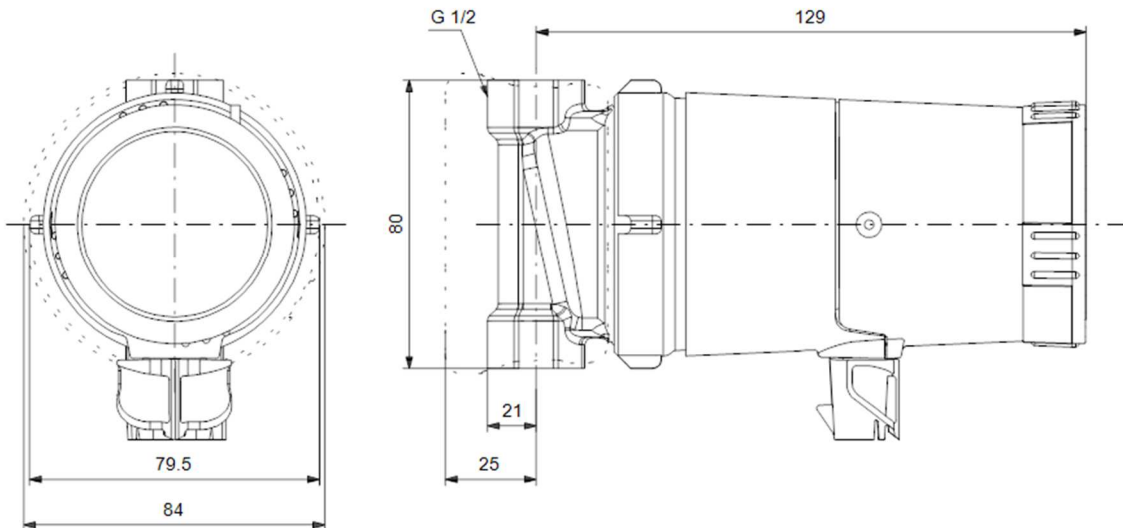


Figura 1-21 Esquema de la bomba

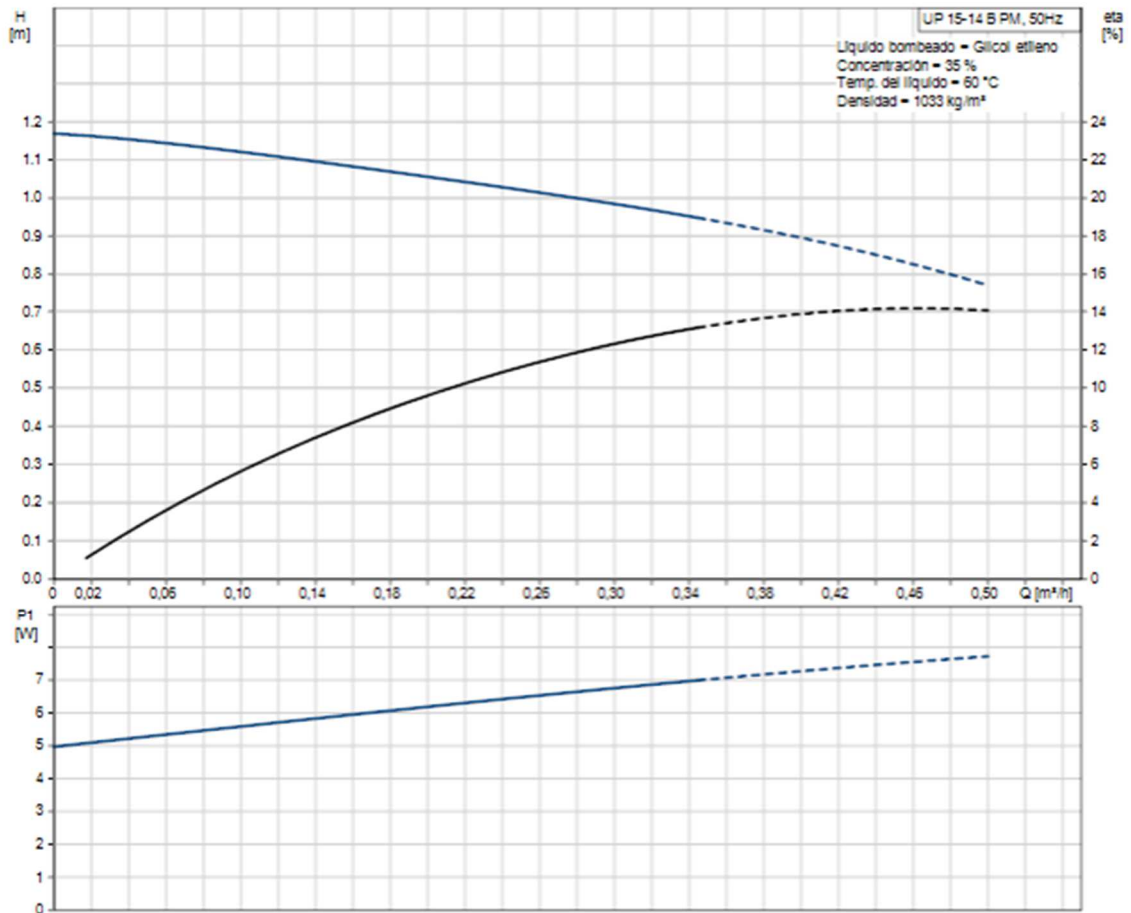


Figura 1-22 Curvas de rendimiento

1.6.4 Vaso de expansión

Para el vaso de expansión, se ha elegido el modelo 2-CMR de la empresa IBAIONDO que cuenta con las siguientes características:

- Presión máxima de trabajo: 10 bar
- Temperatura mínima: -10°C
- Temperatura máxima: 100 °C
- Capacidad: 2 litros
- Precarga: 3 bar
- Conexiones: 3/4 ''
- Peso: 0.8 kg
- Dimensiones: 110x245 mm



Figura 1-23 Vaso de expansión elegido

1.7 Normativa

Se procederá a describir e indicar las normas de obligado cumplimiento que hemos seguido para diseñar nuestra instalación solar térmica.

1.7.1 Código técnico de la Edificación HE-4

- Contribución solar mínima

La localidad de Otura está situada en una zona climática IV en el mapa de irradiación de España y por lo tanto, se debe cumplir que la vivienda tenga una demanda cubierta del 60%.

Con los cálculos realizados, podemos garantizar que la fracción solar cubierta es del 61%.

- Contribución solar máxima

La norma limita que en ningún mes se pueda superar el 110% de la instalación y no más del 100% en más de tres meses. En los cálculos realizados en el apartado 2.4, observamos que alcanzamos el 100% en tres meses, lo que no es impedimento para que cumpla la norma.

- Límite de pérdidas

Para el caso general las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecida serán del 10%, las pérdidas máximas por sombras un 10% y las pérdidas totales permitidas serán de un 15%.

Con los cálculos obtenidos en el apartado 2.4.3 certificamos que nuestra instalación no supera el límite máximo de pérdidas que impone el RITE:

1.7.2 Norma UNE

- UNE 100155

Empleada para el dimensionamiento del vaso de expansión.

- UNE 94003

Recoge los datos climáticos para el dimensionado de instalaciones térmicas. Se ha utilizado para los cálculos de temperaturas y radiaciones en la localidad de Otura realizando las distintas correcciones por altura.

- UNE 94002

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

1.7.3 Reglamento de instalaciones térmicas en la edificación (RITE)

- Aislamiento térmico (IT 1.2.3.2.1)

Para evitar pérdidas de energía, todas las tuberías, accesorios y equipos de la instalación deben estar aislados térmicamente. Esta norma recoge el cálculo del espesor mínimo de aislamiento según un proceso simplificado.

En el presente proyecto se seleccionan los espesores de aislamiento cumpliendo dicha instrucción como se detallará en el apartado correspondiente.

- Control automático (IT 2.3.4)

Establece el equipamiento mínimo del control de las instalaciones centralizadas de preparación de agua caliente sanitaria, referido tanto al control de la temperatura de la instalación como al control para los usuarios.

También queda recogido que cuando la instalación disponga de un sistema de control, mando y proyecto, su mantenimiento y la actualización de las versiones de los programas deberá ser realizado por personal cualificado o por el mismo suministrador de los programas.

1.8 Bibliografía

- 1 Código técnico de la edificación (CTE), sección HE 4.
- 2 IDAE-“Reglamento de instalaciones térmicas en edificios” 2013
- 3 AEONOR Norma UNE 100-155 “Diseño y cálculo de sistemas de expansión” 2004.
- 4 AEONOR Norma UNE 94002 “Instalaciones solares térmicas para producción de aguacaliente sanitaria” 2005.
- 5 AEONOR Norma UNE 94003 “Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones térmicas” 2007.
- 6 <http://www.aeonor.es>
- 7 <http://www.idae.es>
- 8 <http://www.lapesa.es>
- 9 <http://www.termicol.es/>
- 10 <http://es.grundfos.com/>
- 11 <http://www.ibaiondo.es/>

2 MEMORIA DE CÁLCULO

2.1 Introducción

Se desarrollarán y justificarán los cálculos realizados para el diseño de una instalación solar térmica de baja temperatura para la producción de agua caliente sanitaria en un edificio residencial situado en Otura (Granada) durante todo el año.

Se dimensionará la configuración a seguir por los elementos de captación, así como los equipos necesarios para implementar la instalación. Todo ello cumpliendo las directrices del reglamento técnico correspondiente.

2.2 Datos de partida

2.2.1 Parámetro geográfico

El edificio en cuestión se encuentra en la localidad de Otura, a 813 msnm, con una latitud de 37° 09' 43'' y orientación Sur.

2.2.2 Parámetros climáticos



Figura 2-1 Zonas climáticas según la norma UNE 94003:2007

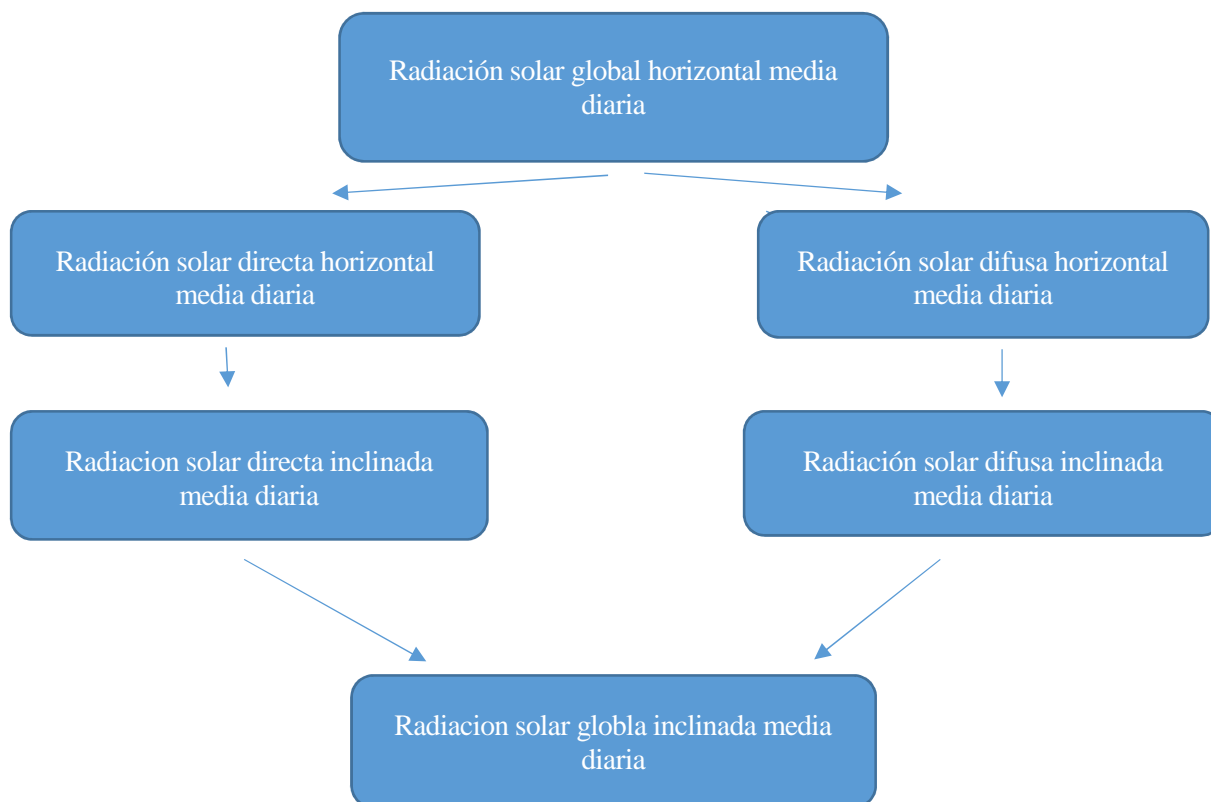
Según la norma UNE correspondiente nos encontramos en la zona climática IV, atendiendo al mapa de zonas climáticas nacional. Tomando como referencia la norma anteriormente mencionada obtenemos los datos de radiación solar global media diaria anual sobre superficie horizontal y de temperatura ambiente para la provincia de Granada que se resumen en la Tabla 2.1.

Mes	Temperatura ambiente media en Otura (°C)	Irradiación global media mensual en la provincia de Granada (kJ/m ² día)
Enero	5,2	9000
Febrero	7,1	11700
Marzo	9,2	15900
Abril	11,8	19200
Mayo	15,7	24000
Junio	20,5	26700
Julio	23,7	27800
Agosto	23,5	25100
Septiembre	20,5	19100
Octubre	14,1	13900
Noviembre	9,3	9900
Diciembre	6,1	8000

Tabla 2-1 Radiación y temperatura ambiente según la norma UNE 94003:2007

Dado que para este proyecto se cuenta con una inclinación diferente a la horizontal, es necesario hacer los cálculos pertinentes para obtener la radiación global sobre superficie inclinada.

En primer lugar se descompondrá la radiación solar horizontal global media diaria mensual en sus componentes directa y difusa y posteriormente se transformará la radiación directa y difusa sobre superficie horizontal a superficie inclinada.



A partir de la ecuación de Cooper que definimos así:

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

Se puede construir una tabla con los ángulos de declinación de todos los meses del año.

Mes	Día del año	Declinación (°)
Enero	17	-20,84
Febrero	45	-13,32
Marzo	74	-2,4
Abril	105	9,46
Mayo	135	18,72
Junio	161	23,04
Julio	199	21,11
Agosto	230	13,28
Septiembre	261	1,97
Octubre	292	-9,84
Noviembre	322	-19,02
Diciembre	347	-23,12

Tabla 2-2 Declinación mensual

El ángulo solar está definido como:

$$w_s = \arccos(-\tan\varphi + \tan\delta)$$

Siendo:

- w_s : Ángulo horario
- φ : Latitud que en nuestro caso es de 37°
- δ : Declinación

Construimos la tabla en la que representamos sus valores mensuales.

Mes	Ángulo horario (°)
Enero	73,33
Febrero	79,72
Marzo	88,19
Abril	97,21
Mayo	104,79
Junio	108,69
Julio	106,91
Agosto	100,24
Septiembre	91,49
Octubre	82,49
Noviembre	74,94
Diciembre	71,23

Tabla 2-3 Ángulo solar mensual

Para el cálculo del índice de claridad, definido como:

$$k_t = \frac{H_{go}}{H_o}$$

Siendo:

- H_{go} : La irradiación global horizontal.
- H_o : La irradiación extraterrestre horizontal para nuestra latitud.

En la tabla 2-4 podemos observar lo anteriormente indicado.

Mes	Radiación Extraterrestre horizontal(kJ/m ² *día)	Índice de claridad media mensual
Enero	16800	0,536
Febrero	22300	0,525
Marzo	28800	0,552
Abril	35400	0,542
Mayo	39800	0,603
Junio	41700	0,640
Julio	40900	0,680
Agosto	37500	0,669
Septiembre	31800	0,601
Octubre	25000	0,556
Noviembre	18700	0,529
Diciembre	15500	0,516

Tabla 2-4 Radiación extraterrestre e índice de claridad

Para obtener los valores definitivos de la radiación solar global es necesario el cálculo R_D , que es la relación entre la radiación directa sobre una superficie inclinada y la radiación directa sobre una superficie horizontal.

$$R_D = \frac{\cos(\Phi - s) \cdot \cos(\delta) \cdot \text{sen}(w'_s) + \left(\frac{\pi}{180}\right) \cdot w'_s \cdot \text{sen}(\Phi - s) \cdot \text{sen}(\delta)}{\cos(\Phi) \cdot \cos(\delta) \cdot \text{sen}(w_s) + \left(\frac{\pi}{180}\right) \cdot w_s \cdot \text{sen}(\Phi) \cdot \text{sen}(\delta)}$$

Siendo:

- s : Inclinación del panel sobre la horizontal.
- w'_s : Angulo solar en una superficie inclinada.

w'_s podemos calcularla como:

$$w'_s = \text{MIN}(w_s, \arccos(-\tan(\Phi - s) \cdot \tan \delta))$$

Obteniendo así los valores de R_D que podemos observar en la tabla 2-5.

Mes	Rd
Enero	2,154
Febrero	1,736
Marzo	1,315
Abril	0,991
Mayo	0,801
Junio	0,724
Julio	0,758
Agosto	0,908
Septiembre	1,182
Octubre	1,585
Noviembre	2,039
Diciembre	2,316

Tabla 2-5 Coeficiente Rd

Por último lugar, calculamos la radiación global sobre una superficie inclinada como:

$$I_T = R_D \cdot I_D + \frac{1 + \cos s}{2} \cdot I_d$$

Siendo:

- I_D : Radiación solar directa sobre una superficie horizontal.
- I_d : Radiación solar difusa sobre una superficie horizontal.

Obteniendo así finalmente todos los valores acerca de las radiaciones globales, pudiendo observar en la figura que se cumple el hecho de que la radiación global sobre superficie horizontal supera a la inclinada durante los meses más cálidos del año

Mes	Radiacion global sobre una superficie inclinada (kJ/m ² *dia)	Radiacion directa sobre una superficie inclinada (kJ/m ² *dia)	Radiacion difusa sobre una superficie inclinada (kJ/m ² *dia)
Enero	13150,63	9057,75	4092,88
Febrero	14614,65	9102,76	5511,89
Marzo	17212,64	10373,90	6838,75
Abril	17655,05	9114,91	8540,15
Mayo	19742,00	11335,86	8406,14
Junio	20500,33	12777,23	7723,09
Julio	21757,93	15560,23	6197,70
Agosto	22405,05	16367,52	6037,53
Septiembre	19974,03	13210,84	6763,18
Octubre	16976,69	11081,24	5895,45
Noviembre	13803,04	9208,32	4594,72
Diciembre	11900,31	8031,97	3868,35

Tabla 2-6 Radiación solar global, directa y difusa sobre una superficie inclinada

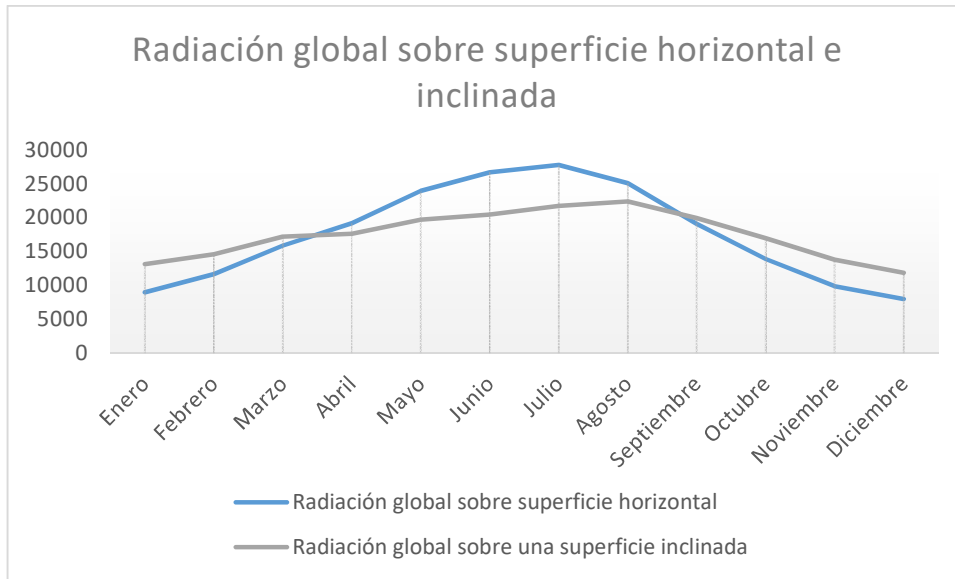


Figura 2-2 Radiación global sobre superficie horizontal e inclinada

2.3 Cálculo de la demanda

2.3.1 Cálculo del consume de agua

Recurrimos al CTE-Sección 4 para estimar la demanda energética de nuestro edificio, basándonos en las tablas 2-7 y 2-8.

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

Tabla 2-7 Demanda de referencia a 60 °C

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

Tabla 2-8 Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado

Teniendo en cuenta la información proporcionada, consideramos que el número de personas mínimo por piso a considerar es de 3, que existen 6 pisos en el edificio y que en un bloque de viviendas debemos considerar una demanda de referencia de $28 \frac{\text{litros}}{\text{persona} \cdot \text{día}}$ podemos considerar un consumo de $Q_{acs} = 504l/\text{día}$.

La temperatura de referencia del sistema es de 60 °C.

2.3.2 Demanda energética

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

$$L_{ACS} = Q_{ACS} * \rho_{agua} * c_p * (T_{ac} - T_{af}) * \Delta t$$

Sabiendo que:

- L_{ACS} : Demanda de energía (J/mes).
- Q_{ACS} : Consumo unitario diario medio (l/día).
- ρ_{agua} : Densidad del agua, para nuestro caso, 1 kg/l.
- c_p : Calor específico del agua, constante e igual a 4190 J/kg·K
- T_{ac} : Temperatura de referencia del agua caliente, según el CTE 60°C.
- T_{af} : Temperatura del agua de red o temperatura del agua fría, estos valores se encuentran tabulados por la UNE para cada provincia y para cada mes
- Δt : Número de días del mes correspondiente (días)

Tanto la tabla 2-9 como la figura 2-3 muestran la demanda mes a mes en la localidad de Otura para nuestro edificio.

Mes	Taf	Demanda (MJ/mes)
Enero	7,1552	4,17331873
Febrero	8,1552	3,69811862
Marzo	9,1552	4,01537249
Abril	11,5776	3,70071097
Mayo	13,5776	3,66612177
Junio	16,5776	3,31858297
Julio	19,5776	3,19228305
Agosto	18,5776	3,27125617
Septiembre	16,5776	3,31858297
Octubre	13,1552	3,69948001
Noviembre	10,1552	3,80941875
Diciembre	7,1552	4,17331873

Tabla 2-9 Demanda energética y temperatura del agua de red mensual

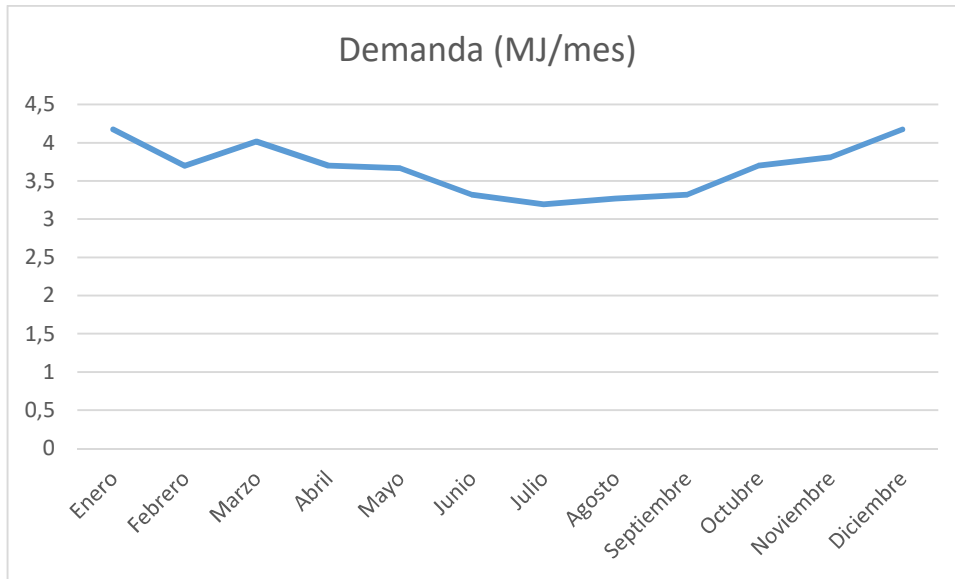


Figura 2-3 Demanda energética

2.4 Cálculo de la superficie de captación

2.4.1 Determinación de la fracción de demanda cubierta anual

Para hallar la superficie de captación necesaria en nuestro edificio residencial recurrimos al factor “f” definido como:

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

Nuestra localidad se encuentra en la zona climática IV. El CTE nos indica la fracción de demanda de energía mínima que debe cubrir nuestra instalación anualmente. Al tratarse de la zona climática IV, la fracción de cobertura es del 60%, siendo la cantidad restante de energía aportada por fuentes convencionales como gasóleo, electricidad o gas natural.

Aplicando el método f-chart explicado en el apartado 1.3 de la memoria descriptiva y con los siguientes datos de partida:

- Inclinación de los captadores: 45° respecto a la horizontal.
- Acimut: 0°.
- Coeficientes característicos del captador seleccionado: $F_R (\tau\alpha)_n = 0.95$, $F_R U_L = 3.61 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Efectividad del intercambiador: 75%.
- Porcentaje de radiación directa: 70%.

Podemos calcular la fracción cubierta para distintas áreas del captador:

Área (m ²)	f
3,8	0,29
7,6	0,49
11,4	0,62
15,2	0,68
17	0,71
20,8	0,75
24,6	0,9

Tabla 2-10 Fracción de la demanda cubierta en función del área

Debido a que nos basta con alcanzar un 60%, procederemos a tomar un área de 11,4 m² que corresponde a 6 captadores de 1.9 m² cada uno y nos proporciona una cobertura del 62%.

Con esta configuración podemos observar en la figura 2-4 la cantidad de energía que nos proporciona nuestra instalación de ACS mes a mes frente a la que hay que aportar mediante un sistema auxiliar.

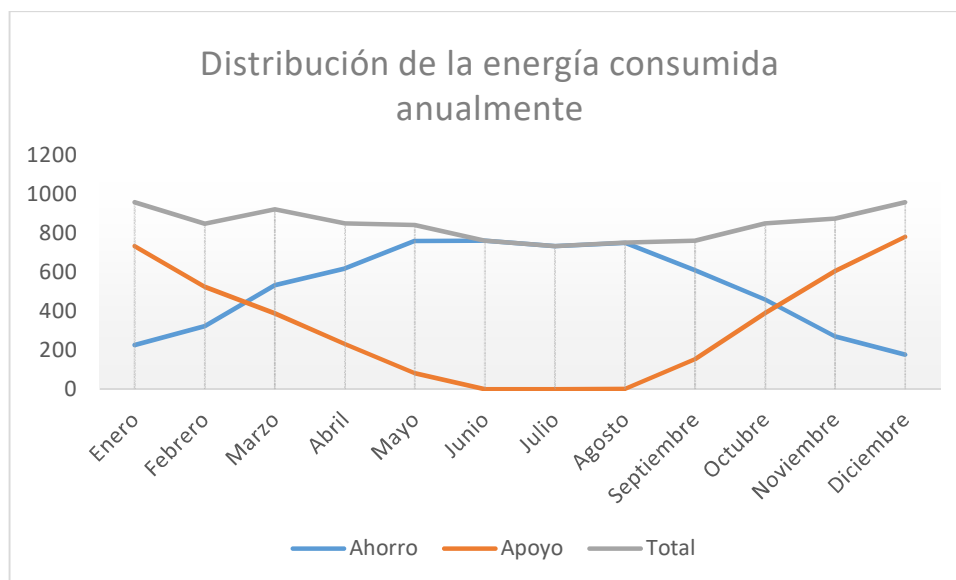


Figura 2-4 Distribución de la energía consumida anualmente

2.4.2 Disposición de los captadores

Nuestro campo está compuesto de 6 captadores que serán colocados en serie para optimizar el rendimiento conjunto en detrimento de la temperatura de salida.

Realizamos la conexión entre ellos con retorno invertido para lograr que el circuito esté equilibrado hidráulicamente.

2.4.3 Pérdidas debido a la orientación, a la inclinación y a las sombras

La orientación que hemos elegido para nuestro campo solar, siguiendo las recomendaciones del CTE es la orientación SUR.

En lo que respecta a la inclinación y debido a que la demanda térmica del edificio es constante a lo largo del año, el CTE recomienda una inclinación del orden de 37°. Sin embargo, debido a que nuestros perfiles de sujeción sobre triángulos ajustables se ajustan a ángulos concretos, tomamos una inclinación de 40°.

Esto conllevará una serie de pérdidas calculables mediante la siguiente expresión:

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

Sabiendo que:

- β : 40° (Inclinación)
- β_{opt} : 37° (Inclinación óptima)
- α : 0° (acimut)

Obtenemos $Pérdidas(\%) = 0,11\% < 10\%$ que impone el CTE.

Respecto a las pérdidas debido a las sombras, podemos afirmar que son nulas debido a que no existe ningún edificio cercano que supere la altura del nuestro y que por lo tanto proyecte sombras sobre él.

2.5 Cálculo del volumen de acumulación

En este apartado procederemos a calcular el volumen de acumulación óptimo para nuestro sistema que nos permita alcanzar las exigencias mínimas del CTE.

Como podemos observar en la figura 2-5 que relaciona el volumen de captación con el factor de cobertura de nuestra instalación de ACS, a pesar de aumentar el volumen de nuestro sistema de acumulación, la demanda del sistema tiende a estabilizarse en un punto cercano al 65% de la demanda cubierta. Debido a esta estabilización y a que la empresa que nos proporciona los captadores solares nos proporciona un interacumulador de 1000litros con fáciles conexiones, hemos elegido el dispositivo anteriormente mencionado. Este interacumulador nos proporciona un factor de demanda cubierta del 61% anual.

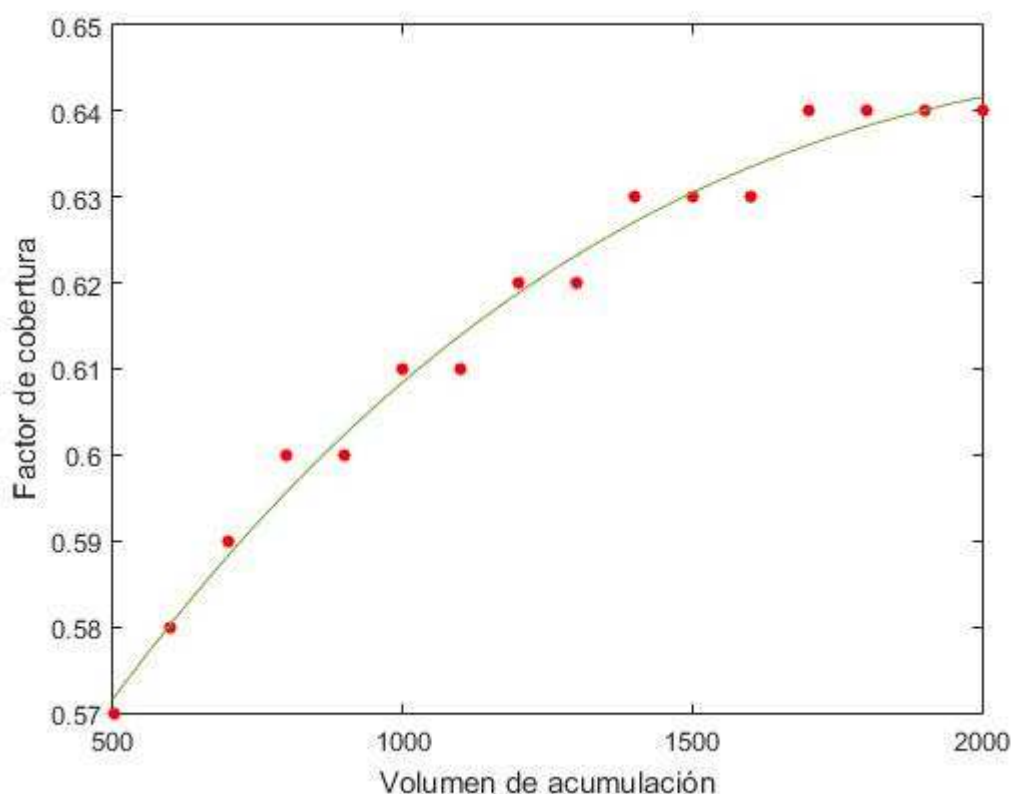


Figura 2-5 Volumen de acumulación frente a factor de cobertura

Como podemos ver en la figura 2-5, el volumen de acumulación varía muy poco en función del factor de cobertura, apenas un 8% en torno a los posibles valores de acumulación de nuestro sistema.

2.6 Cálculos sobre la red de tuberías

2.6.1 Fluido del circuito primario

El fluido calotransportador del circuito primario está constituido por una mezcla de agua con glicol. Como glicol emplearemos el anticongelante proporcionado por la empresa TERMICOL ideal para trabajar con sus equipos.

Hemos de tener en cuenta la temperatura mínima histórica registrada en Otura para evitar daños debido a congelaciones del circuito primario. La mínima temperatura histórica registrada es de $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ por lo que el CTE nos obliga a diseñar el fluido con una temperatura $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ más baja como medida de seguridad, es decir, $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Con todo ello, llegamos a una solución compuesta por agua en un 65% y por un 35% de glicol

Nuestro fluido de trabajo tiene las siguientes propiedades:

$$\rho_{agua} = 1028 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_{p\text{ agua}} = 3.78 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}}$$

2.6.2 Caudal del circuito primario

Para calcular el caudal de fluido que circula por el circuito de captación se utiliza la ecuación siguiente:

$$M_B = \frac{G * N_C * A}{N}$$

Siendo:

- M_B : Caudal del circuito de captación (kg/s)
- G : Caudal específico en el captador solar (kg/s*m²)
- N_C : Número de captadores
- A : Área del captador (m²)
- N : Número de captadores en serie

Por lo tanto, el resultado sería:

$$M_B = \frac{G * N_C * A}{N} = \frac{0.0684\text{kg}}{\text{s}} = 246.24\text{kg/h}$$

2.6.3 Pérdida de carga en los captadores

Para determinar la pérdida de los captadores, hemos contactado con el fabricante para obtener la representación de la pérdida de carga del captador frente al caudal introducido. Representado la función cuadrática que nos relaciona ambos obtenemos la figura 2-6.

Por tanto, siendo nuestro caudal de 3.99 l/h, obtenemos una pérdida de carga en nuestro captador de:

$$\Delta P_{captador} = 175.2 \text{ mm. c. a.} = 17.52 \text{ mbar}$$

2.6.4 Pérdida de carga en el interacumulador

En el caso del intercambiador, podemos encontrar la pérdida de carga de nuestro equipo a partir de las gráficas que nos proporciona el fabricante, en este caso, LAPESA.

Entrando en la gráfica con nuestro caudal (m³/h) obtenemos que:

$$\Delta P_{interacumulador} = 2.5 \text{ mbar}$$

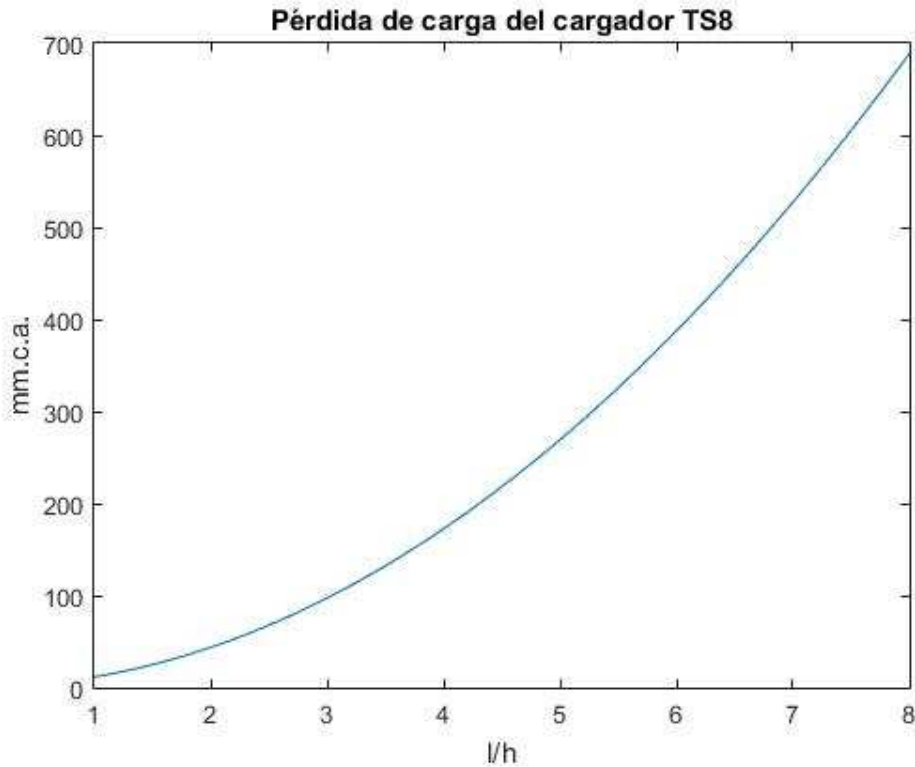


Figura 2-6 Pérdida de carga del captador

2.6.5 Pérdida de carga en la red de tuberías

Al tratarse de un circuito con un solo equipo y no producirse divisiones de flujo excepto en los captadores, podemos considerar el circuito como de un solo tramo.

Es importante para el dimensionamiento de la red de tuberías tener en cuenta una serie de condiciones técnicas proporcionadas por IDEA entre las cuales destacan:

- La velocidad de circulación del fluido debe ser inferior a 2m/s cuando están situadas en locales habitados, e inferior a 3 m/s cuando se trate de zonas exteriores. Para esta instalación, por tanto, al estar situada en cubierta del edificio debe restringirse la velocidad del fluido a 3m/s o inferior.
- El dimensionamiento de tuberías deberá realizarse de modo que las pérdidas de carga por metro lineal no superen los 40 mm.c.a/m cuando se trate de agua. Si se tiene una mezcla de agua y anticongelante, se utiliza un factor corrector de 1.3. Para este caso el fluido es una mezcla de agua y anticongelante de manera que:

$$\Delta P_{\text{max lineal}} \leq 1.3 \cdot 40 = 52 \text{ mm. c. a/m}$$

- El diámetro de las tuberías sea normalizado (DN)

Teniendo en cuenta el caudal y el diámetro de cada tramo, seleccionando el más adecuado para lograr que la velocidad sea menor que 3 m/s al tratarse de una zona exterior, pasamos a calcular la velocidad del fluido según la siguiente expresión:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

Donde:

- Q: Caudal de circulación (m³/s)
- D: Diámetro interior (m)

Podemos estimar la pérdida de carga de nuestra red de tuberías haciendo uso de la fórmula de Flamant referenciada a tuberías de cobre y teniendo en cuenta que nuestro fluido de trabajo es un mezcla de agua y glicol. La ecuación de Flamant queda pues de la siguiente forma:

$$\Delta P_{lineal} = 1.3 \cdot 378 \cdot \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Siendo:

- ΔP_{lineal} : Pérdida de presión por cada metro lineal.

Realizando los cálculos obtenemos la tabla 2-11

Longitud(l)	Caudal(kg/h)	Dnominal(mm)	Dint(mm)	Velocidad(m/s)	ΔP_{linea}
30,8	239,4	18	16	1,190678166	13,65

Tabla 2-11 Dimensionado del circuito primario

Una vez que conocemos la pérdida de carga lineal, pasamos a calcular la pérdida total en la instalación para proceder a la elección de la bomba del circuito primario.

Para calcular la pérdida de carga total en la instalación tenemos que tener en cuenta el número de accesorios que tenemos en nuestro diseño, así como el conjunto de válvulas que hayamos decidido colocar para tuberías soldadas en cobre, como podemos ver en la tabla 2-12.

Tuberías de cobre

Diámetro nóminal	Codo 90°	Curva 90°	Curva 45°	Codo doble 180°	T rama alineada	T rama derivada	Válvula esférica	Válvula compuerta	Válvula ángulo	Válvula retención
1/2"	0.33	0.17	0.10	0.56	0.22	0.67	3.79	0.09	1.67	1.12
5/8"	0.43	0.22	0.13	0.72	0.29	0.87	4.92	0.12	2.17	1.45
7/8"	0.62	0.31	0.19	1.04	0.42	1.25	7.07	0.17	3.12	2.08
1-1/8"	0.83	0.41	0.26	1.38	0.55	1.66	3.39	0.22	4.14	2.76
1-3/8"	1.01	0.51	0.31	1.69	0.68	2.03	11.49	0.27	5.07	3.38
1-5/8"	1.21	0.60	0.37	2.02	0.81	2.42	13.72	0.32	6.05	4.03
2-1/8"	1.61	0.80	0.49	2.68	1.07	3.21	18.21	0.43	8.03	5.35
2-5/8"	2.01	1.00	0.62	3.35	1.34	4.02	22.78	0.54	10.05	6.70

Fuente: "Cálculos en Instalaciones Frigoríficas", J.M. Pinazo Ojer, Universidad Politécnica de Valencia

Tabla 2-12 Longitudes equivalentes para tablas soldadas en cobre

Estos accesorios toman forma en el cálculo como longitudes equivalente que han de ser sumadas a las propias de la tubería y multiplicadas por la pérdida de carga lineal. A todo esto, hay que sumarle la pérdida de carga de los captadores y del interacumulador, quedando todo esto representado en la tabla 2-13.

Longitud(m)	Leq accesorios (m)	ΔP Tuberías y accesorios (m.c.a)	ΔP equipos (m.c.a)	ΔP accesorios (m.c.a)	ΔP total (m.c.a)
30.80	0,88	0,1504	0,1752	0,025	0,632

Tabla 2-13 Pérdida de presión total de la instalación

2.6.6 Dimensionamiento de la bomba del primario

El primer paso para el dimensionamiento de nuestra bomba de funcionamiento es el cálculo de la presión total a vencer que ha sido realizado en el apartado 2.6.5 de la memoria para determinar así la altura manométrica que debe vencer nuestra bomba.

A este valor, hay que añadirle un 5% de seguridad exigido por IDEA para el dimensionamiento de estos grupos de bombeo. Por lo tanto, las pérdidas de carga que debe superar nuestra bomba viene definida por:

$$\Delta P_{bomba} = \Delta P_{circuito} + 5\% \text{ de seguridad} = 0.3506 * 1.05 = 0.36813 \text{ m. c. a.}$$

Como se trata de una altura a vencer bastante pequeña y nuestro caudal de bombeo no es excesivamente alto, se ha optado por la bomba mas pequeña del catalogo de la empresa GRUNDFOS.

El dispositivo elegido ha sido la bomba UP 15-14 de la empresa que incorpora ya sus propios racores de conexión.

2.6.7 Dimensionado del vaso de expansión

Siguiendo las instrucciones propuestas por la norma UNE-100155, podemos diseñar el volumen del vaso que necesitamos para nuestra instalación.

El primer paso consiste en calcular el volumen total de fluido calotransportador del circuito primario. Esto se consigue sumando el volumen de los captadores, más el del fluido en las tuberías más un 10% de seguridad:

$$V_T = V_{captadores} + V_{tuberias} + V_{seguridad} = 9.24l$$

A continuación calculamos el coeficiente de expansión del fluido:

$$C_e = (-1.75 + 0.064 * T + 0.0036 * T^2) * 10^{-2}$$

Suponiendo que T es la temperatura de paso del fluido por el vaso de expansión que se estima en 50 °C.

Es necesario corregir el coeficiente de expansión multiplicándolo por un factor de corrección ya que el fluido calotransportador está conformado por glicol en un 35%.

$$f_c = a * (1.8 * T + 32)^b$$

Sabiendo que:

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

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

Siendo G=35 que es nuestro porcentaje de glicol en agua.

Finalmente se calcula el coeficiente de presión calculado gracias a la fórmula:

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

Conociendo que:

- P_M : Presión máxima del vaso
- P_m : Presión mínima del vaso

Por lo tanto obtenemos que:

$$C_{ecorregido} = C_e * f_c = 0.01 * 1.768 = 0.01768$$

$$C_p = 1.22$$

Con todos estos datos podemos calcular el volumen final que habrá que tener nuestro vaso de expansión una vez aplicadas las correcciones con la siguiente fórmula:

$$V = V_{T00} * C_{\text{corregido}} * C_p = 9.24 * 0.01768 * 1.22 = 0.199l$$

Se ha optado por instalar un vaso de expansión de 2 litros del fabricante Ibaiondo ya que cumple con todas las especificaciones de nuestra instalación.

2.6.8 Cálculo del espesor de aislamiento

El RITE exige un aislamiento térmico con el propósito de evitar gastos energéticos innecesarios para tuberías, accesorios, equipos, aparatos y depósitos del sistema. Muchos de estos espesores vienen indicados por la propia norma mientras que todos los equipos comprados traen consigo ya el aislamiento necesario exigido por la normativa.

El RITE emplaza a proteger externamente la tubería con el fin de aumentar la durabilidad, pudiendo revestirlas con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o pinturas acrílicas.

Se establece el grosor mínimo de aislamiento de la tubería en función de la temperatura máxima del fluido, del diámetro interior y de la situación de estas tuberías, ya se interior o exterior.

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

Tabla 2-14 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios en el interior de edificios

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

Tabla 2-15 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios en el exterior de edificios

Como nuestras tuberías exteriores tienen un diámetro de 18 mm y la temperatura de trabajo se encuentra entre 40 y 60 °C, debemos emplear un espesor de 25 mm.

2.6.9 Selección de accesorios

En este apartado se precisan los accesorios necesarios para el correcto funcionamiento de nuestra instalación, según la norma expuesta anteriormente:

- Válvulas de retención: Se sitúa una en el grupo de bombeo primario.
- Válvulas de compuerta: Se seleccionan las de diámetro de 18 mm y se situarán en:
 - Entrada y salida del conjunto de captadores.
 - Entrada del grupo de bombeo primario.
 - Entrada y salida del interacumulador.
 - Conexión con el sistema auxiliar
- Purgador automático: Situado a la salida del vaso de expansión y del campo solar.
- Purgador de aire: Situado a la entrada y a la salida de nuestra batería de captadores.

3 PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 Objeto

El presente pliego de condiciones técnicas fija los criterios generales del proyecto de instalación de captadores solares planos para la producción de agua caliente sanitaria.

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

3.2 Normativa aplicable

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

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

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

3.3 Condiciones de materiales y equipos

3.3.1 Tuberías

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

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

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y sus uniones serán realizadas por accesorios a presión que soporten las condiciones extremas o, mediante soldadura por capilaridad de acuerdo a la norma UNE EN 1057.

Se realizará soldadura fuerte cuando la temperatura del circuito pueda superar en algún momento los 125°C.

En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero según Norma UNE 100050.

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

3.3.2 Accesorios

3.3.2.1 Compensadores de dilatación

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

La situación será siempre entre dos puntos fijos garantizados como tales, capaces de soportar los esfuerzos de dilatación y de presión que se originan.

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

3.3.2.2 Juntas

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

3.3.2.3 Lubricante de roscas

General: no endurecedor, no venenoso.

3.3.2.4 Acoplamiento dieléctricos o latiguillos.

Se incluirán acoplamiento dieléctricos o latiguillos en las uniones entre cobre y acero o fundición, tanto en la conducción de impulsión, como en el retorno.

3.3.2.5 Derivaciones

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

3.3.2.6 Codos en bombas:

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

3.3.2.7 Sombreretes

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

3.3.2.8 Guías

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

3.3.2.9 Termómetros

Los termómetros serán de mercurio en vidrio, con una escala adecuada para el servicio (divisiones de 1/2 grado) dentro de una caja metálica protectora con ventana de vidrio, instalados de modo que su lectura sea sencilla.

3.3.2.10 Manómetros

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

3.3.2.11 Válvulas de seguridad

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

3.3.2.12 Purgadores de aire

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

En el caso de que, una vez que las redes estén en funcionamiento, se den anomalías por presencia de aire en la instalación, se instalarán nuevos empalmes, purgadores, válvulas según se considere necesario y sin costes extra.

Se preferirán por norma general los purgadores manuales, salvo en puntos ocultos o de difícil acceso, que hagan recomendable la instalación de purgadores automáticos.

3.3.2.13 Vaciados

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

3.3.2.14 Conexiones a equipos

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

3.3.3 Válvulas

3.3.3.1 Generalidades

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

La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura) siguiendo los siguientes criterios:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvula de resorte.
- Para retención: válvulas de disco, de capeta o de muelle (disco partido).

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

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

3.3.3.2 Materiales

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

3.3.3.2.1 Válvulas de esfera:

- Cuerpo de fundición de hierro o acero.
- Esfera y eje de acero duro cromado o acero inoxidable.
- Asientos, estopada y juntas de teflón. Podrán ser de latón estampado para diámetros inferiores a 1 1/2 con esfera de latón duro cromado.

3.3.3.2.2 Válvulas de asiento:

- Cuerpo de bronce (hasta 2") o de fundición de hierro o acero.
- Tapa del mismo material que el cuerpo.
- Obturador en forma de pistón o de asiento plano con cono de regulación de acero inoxidable y aro de teflón. No será solidario al husillo.
- El asiento será integral en bronce o en acero inoxidable según el cuerpo de la válvula.
- Prensa-estopas del mismo material que cuerpo y tapa.

3.3.3.2.3 Válvulas de seguridad de resorte:

- Cuerpo de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido.
- Obturador y vástago de acero inoxidable.
- Prensa-estopas de latón. Resorte en acero especial para muelle.

3.3.3.2.4 Válvulas de retención de clapeta:

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

3.3.3.2.5 Válvulas de retención de muelle:

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

- Resorte en acero especial para muelle.

3.3.3.2.6 Purgadores automáticos de aire:

- Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.
- Mecanismo de acero inoxidable.
- Flotador y asiento de acero inoxidable o de plástico.
- Obturador de goma sintética.

3.3.4 Aislamiento

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

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

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

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

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

3.3.5 Vasos de expansión

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

- Fabricante
- Marca
- Modelo

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

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

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

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

3.3.6 Bombas

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

- Fabricante
- Marca

- Modelo
- Características eléctricas

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

- Cuerpo en fundición o bronce. Partidos, o no, según planos. Se incluirán conexiones para cebado, venteo, drenaje y manómetros en impulsión y descarga.
- Rodete de fundición/polysulfone o bronce.
- Eje en acero inoxidable AISI 316.
- Tubo de estanqueidad en acero inoxidable.
- Cojinetes a bolas de carbono, a prueba de polvo y humedad.
- Cierres Mecánicos: todas las bombas deberán de estar provistas con cierres mecánicos y separadores de sedimentos.
- Juntas torcas de EPDM.
- Acoplamientos flexibles del tipo todo acero con protector de acoplamiento. Se incluirá espaciador en el acoplamiento para facilitar el mantenimiento del grupo.
- Rotor húmedo o seco, según documentos de proyecto.
- Motor de 2 o 4 polos, 2900 o 1450 rpm, 220V/1~ o 220/380V/ 3~, 50 Hz, IP.44 clase F.
- Presión de aspiración 2 maca. para 82°C.
- Caudal, altura manométrica, potencia del motor, numero de velocidades y presión sonora según lo establecido en el presupuesto o especificaciones técnicas.
- En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.
- Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

3.3.7 Captadores

3.3.7.1 Generalidades

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

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

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

- Material de la cubierta transparente: vidrio templado de espesor no inferior a 3 mm y transividad mayor o igual a 0,8.

- Distancia media entre el absorbedor y la cubierta transparente no inferior a 2 cm ni superior a 4 cm. - Absorbedor constituido solo por materiales metálicos.

La instalación de sistemas integrados en cubierta se debería realizar mediante procedimiento acreditado por el fabricante y de forma que se garanticen las características funcionales y de durabilidad del conjunto.

Los datos para la caracterización térmica, hidráulica y mecánica del captador solar deberían proceder de los resultados del ensayo realizado conforme a la norma UNE 12975. A estos efectos, es importante señalar que la función de rendimiento del captador siempre está relacionada con una superficie útil y un caudal de ensayo.

3.3.7.2 Modelo de captador

Todos los captadores que integren la instalación se recomienda que sean del mismo tipo y modelo.

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

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

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

3.3.7.3 Estructura soporte y sujeción del captador

La estructura soporte cumplirá los requisitos establecidos en el CTE-SE.

Todos los materiales de la estructura soporte se deberían proteger contra la acción de los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la acción combinada del aire y el agua. Las estructuras de acero deberían protegerse mediante galvanizado por inmersión en caliente, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes. La realización de taladros en la estructura se debería llevar a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura.

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

3.3.8 Sistema eléctrico y de control

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

Se construirá un cuadro eléctrico específico para la instalación solar. El sistema de control consistirá en un controlador digital programable e incorporará una adquisición de datos de la instalación en tiempo real, telegestionable a distancia a través de un módem ya incorporado. Los datos a chequear serán: caudales, temperaturas en captadores, acumuladores, potencia y energía inyectadas en cada servicio y número de horas de funcionamiento de las bombas.

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

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

- La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que detecten exactamente las temperaturas que se desean, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los colectores y las zonas de estancamiento (en el caso la piscina).

- La precisión de los sistemas de control y la regulación de los puntos de consigna asegurará que en ningún caso las bombas estén en marcha con diferencias de temperaturas menores de 3°C ni paradas con diferencias superiores a 7°C.

- La diferencia de temperatura entre el punto de arranque y parada del termostato diferencial no será inferior a 3°C.

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

3.3.9 Aparatos de medida

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

3.3.9.1 Medida de temperatura

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

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

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

3.3.9.2 Medida de caudal

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

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

- Calibre del contador.
- Temperatura máxima del fluido.
- Caudales:
 - en servicio continuo.
 - máximo (durante algunos minutos).
 - mínimo (con precisión mínima del 5%).
 - de arranque.
- Indicación mínima de la esfera.
- Capacidad máxima de totalización.
- Presión máxima de trabajo.

- Dimensiones.
- Diámetro y tipo de las conexiones.
- Pérdida de carga en función del caudal.

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

3.3.9.3 Medida de energía térmica.

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

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

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

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

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

3.3.10 Acumuladores

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

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

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

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

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

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

Al objeto de este pliego de condiciones podrán utilizarse depósitos de las siguientes características y tratamientos:

- Depósitos de acero galvanizado en caliente de cualquier tamaño, con espesores de galvanizado no inferiores a los especificados en la Norma UNE 37.501.
- Depósitos de acero con tratamiento epoxídico.
- Depósitos de acero inoxidable de cualquier tamaño.
- Depósitos de cobre de cualquier tamaño.

-Acumuladores no metálicos que, además de soportar las condiciones extremas del circuito, resistan la acción combinada de presión y temperatura más desfavorable y este autorizada su utilización por la Administración Competente.

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

3.3.11 Intercambiadores de calor

Los intercambiadores de calor serán de acero inoxidable AISI 316 L. El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de la instalación. Los materiales soportarán temperaturas de 110°C y serán compatibles con el fluido de trabajo.

3.3.11.1 Intercambiadores externos

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

- Fabricante.
- Marca.
- Modelo.
- Número de placas.
- Temperatura máxima.
- Presión nominal.
- Potencia nominal.
- Caudal nominal en primario y secundario.
- Salto de temperatura nominal en primario y secundario. Se podrán utilizar intercambiadores de placas desmontables o electro soldadas. El material de las placas será acero inoxidable o cobre.

3.4 Provisión del material

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

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

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

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

3.5 Condiciones de montaje

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

3.6 Pruebas, puesta en marcha y recepción

3.6.1 General

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

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

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

3.6.2 Pruebas parciales

Todas las pruebas estarán precedidas de una comprobación de los materiales al momento de su recepción a obra.

Durante la ejecución de obra, todos los tramos de tubería, uniones o elementos que vayan a quedar ocultos, deberían ser expuestos para su inspección y debería quedar expresamente aprobado su montaje antes de quedar ocultos.

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

3.6.2.1 Pruebas de equipos

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

3.6.2.2 Pruebas de estanqueidad de redes hidráulicas

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

3.6.2.3 Pruebas de libre dilatación

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

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

3.6.3 Pruebas finales

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

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

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

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

3.6.4 Ajustes y equilibrado

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

3.6.4.1 Sistemas de distribución de agua

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

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

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

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

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

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

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

3.6.4.2 Control automático

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

3.6.5 Recepción

3.6.5.1 Recepción provisional

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

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

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

- Una memoria descriptiva de la instalación, en la que se incluyen las bases de proyecto y los criterios adoptados para su desarrollo.

- Una copia reproducible de los planos definitivos, comprendiendo, como mínimo, los esquemas de principio de todas las instalaciones, los planos de sala de máquinas y los planos de plantas donde se debería indicar el recorrido de las conducciones y la situación de las unidades terminales.

- Una relación de todos los materiales y equipos empleados, indicando fabricante, marca, modelo y características de funcionamiento.

- Las hojas desopilativas de los resultados de las pruebas parciales y finales.

- Un manual de instrucciones de funcionamiento de los equipos principales de la instalación.

3.6.5.2 Recepción definitiva

Desde el acta de recepción provisional, la propiedad podrá y deberá notificar cualquier incidencia en el funcionamiento de la instalación.

Transcurrido el plazo estipulado desde el acta de recepción, la Recepción Provisional se transformara en Recepción Definitiva. A partir de la Recepción Definitiva entrara en vigor la garantía.

3.7 Mantenimiento

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

- Vigilancia.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

3.7.1 Vigilancia

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

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

Puede ser llevado a cabo por el usuario.

3.7.2 Mantenimiento preventivo

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

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

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

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

3.7.3 Mantenimiento correctivo

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

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

4 PRESUPUESTO

4.1 Sistema de captación

Nº Ord	Concepto	Medición	Precio/Ud(€)	Total(€)
1.1	Ud. Captador solar T8S de la empresa TERMICOL o similar con las siguientes características: Superficie útil: 1.9 m ² Dimensiones: 2013x970x100 mm Peso del captador: 38 kg Rendimiento óptico: 0.803 Coeficiente de pérdida: 3.61	6	735.00	4410.00
1.2	Ud. Estructura Soporte en AluminioESTA6-T20 para 6 captadores modelo T8s o similar.	1	747.00	747.00
1.3	Ud.BATCAPT-02 Conjunto de accesorios para batería de captadores con llaves de corte, purgador automático y válvula de seguridad	1	109.00	109.00
1.4	Ud. RACORBAT-02 Conjunto de adaptadores	1	10.00	10.00
1.5	Ud. Anticongelante “Fluidosol” concentrado 25l	2	180.00	360.00
Total del sistema de captación				5636.00

4.2 Sistema de acumulación e intercambio

Nº ord	Concepto	Medición	Precio/Ud (€)	Total(€)
2.1	Ud. Interacumulador Coral Vitro CV-1000-M1B de la empresa LAPESA o similar con las siguientes características: Capacidad de ACS: 1000 l Presión máxima de ACS: 8 bar Superficie de intercambio: 3.3 m ² Temperatura máxima del circuito de calentamiento: 200 °C	1	2545.00	2545.00
Total del Sistema de acumulación e intercambio				2545.00

4.3 Sistema hidráulico

Nº ord	Concepto	Medición	Precio/Ud (€)	Total(€)
3.1	<p>Ud. Bomba circuladora del circuito primario Grundfos modelo UP 15-14 B PM o similar con las siguientes características:</p> <p>Nº de velocidades: 1 Altura máxima: 1.4 m Presión máxima de trabajo: 10 bar Diámetro de conexiones: ½''</p>	1	264.00	264.00
3.2	<p>Ud. Vaso de expansión de la empresa Ibaiondo de 2 litros modelo 2-CMR o similar con las siguientes características:</p> <p>Capacidad: 2 litros Peso en vacío: 0.8 kg Dimensiones: 110x245 mm Conexiones: ¾'' Temperatura máxima: 100°C Temperatura mínima: -10 °C</p>	1	16.28	16.28
3.3	m. Tubería de cobre 18 mm	32	6.35	203.20
3.4	m. Aislamiento tubería de cobre 18 mm, 25 mm de espesor	32	5.42	173.44
3.5	Ud. Codo de 90° de cobre 18x18	6	11.68	70.08
3.6	Ud. Válvula de compuerta de 18 mm	14	6.20	86.80
3.7	Ud. Válvula de retención 18 mm	2	42.35	84.70
3.8	Ud. Válvula de seguridad 18 mm	2	52.00	104.00
3.9	Ud. Purgador automático	2	46.30	92.60
Total sistema hidráulico				1095.10

4.4 Sistema de control

Nº ord	Concepto	Medición	Precio/Ud (€)	Total(€)
4.1	Ud Termómetro con vaina de 0 a 110 °C	1	15.20	15.20
4.2	Ud Manómetro con escala de regulación de 0 a 10 bar	2	2.20	4.40
4.3	Ud Centralita solar	1	320.00	320.00
Total Sistema de control				339.60

4.5 Presupuesto total de la instalación

Tipo de sistema	Precio (€)
Sistema de captación	5636.00
Sistema de intercambio y acumulación	2545.00
Sistema hidráulico	1095.10
Sistema de control	339.60

Finalmente, llegamos al costo total de la instalación:

Presupuesto sin IVA	9615.70 €
IVA (21%)	2019.30 €
Presupuesto total	11635 €

Obtenemos que el presupuesto total de la instalación es de 11635 € con un precio unitario de 1020.61 € por metro cuadrado de captador.

En la figura 4-1 podemos observar los distintos porcentajes del total del presupuesto que ocupan nuestros distintos sistemas.

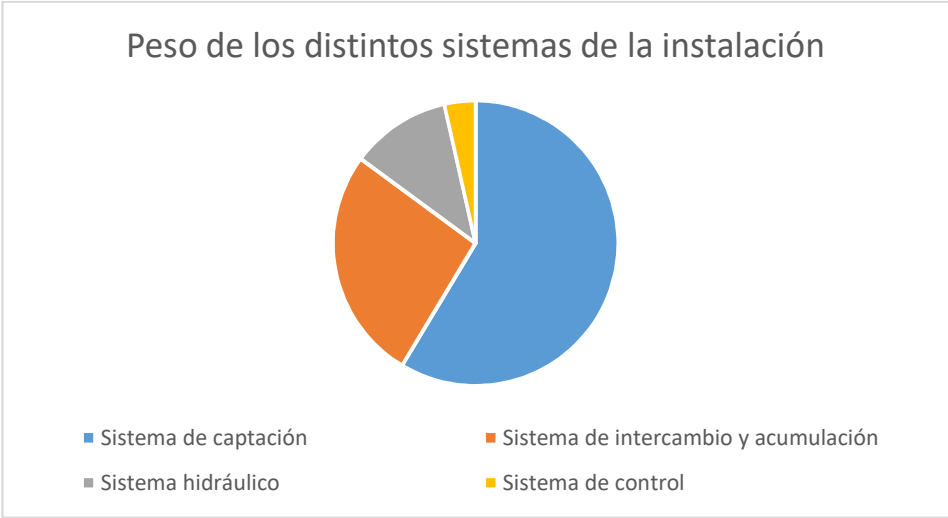
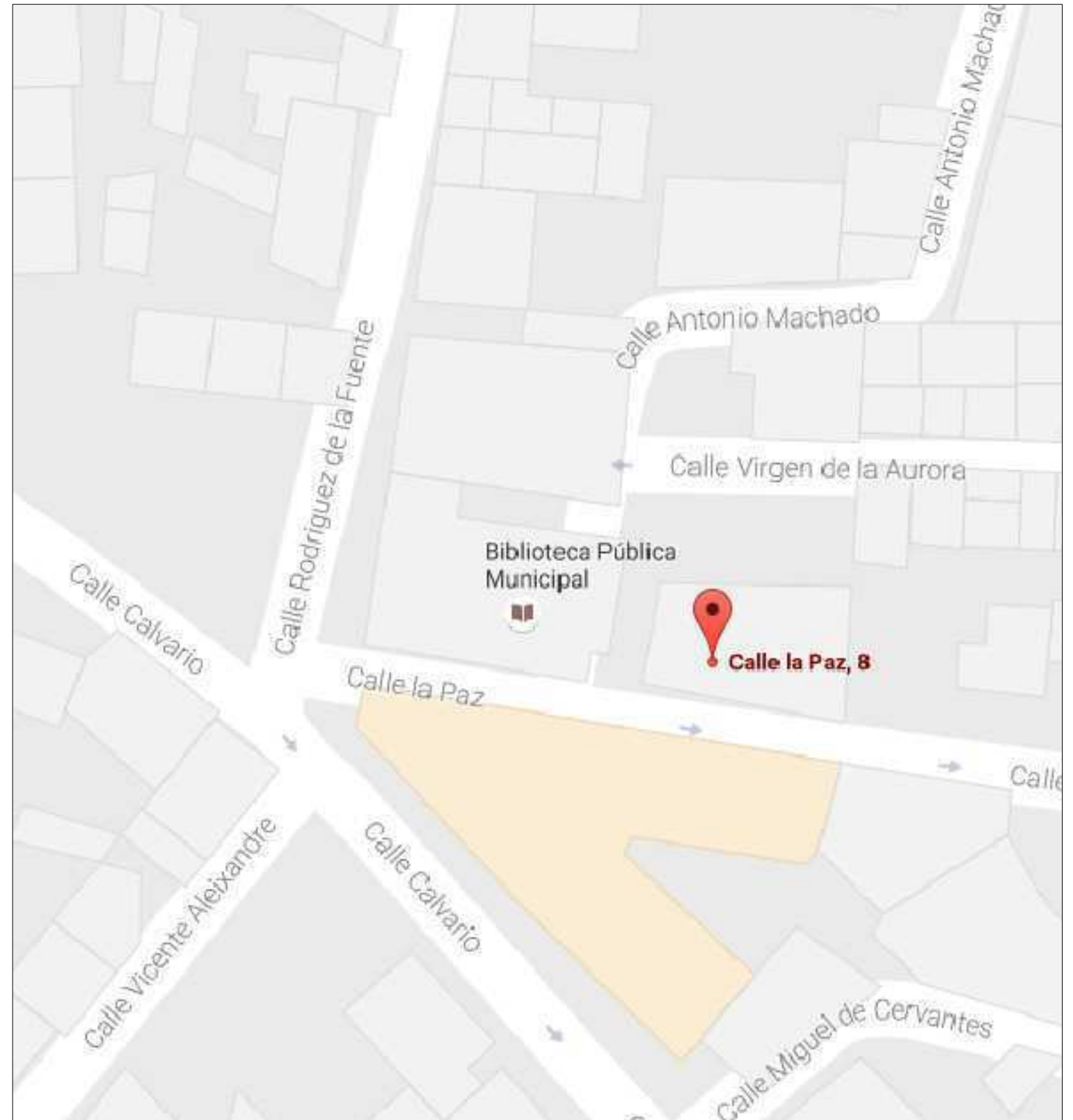
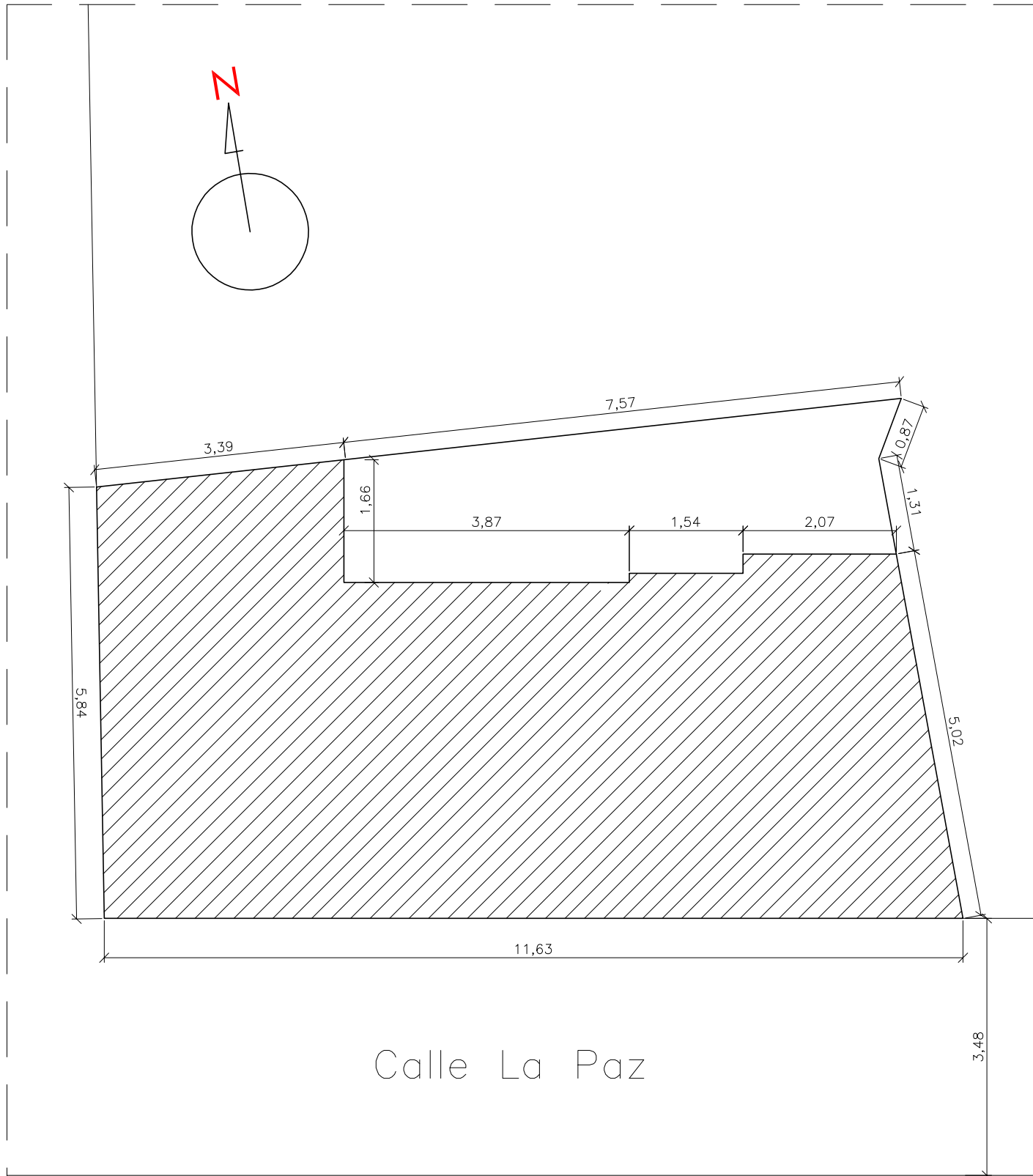


Figura 4-1 Peso de los distintos sistemas de la instalación

5 PLANOS



Superficie solar: 289.19 m²

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SEVILLA
 INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES TRABAJO FIN DE GRADO
 INSTALACION SOLAR PARA PRODUCCION DE ACS EDIFICIO RESIDENCIAL

Escala

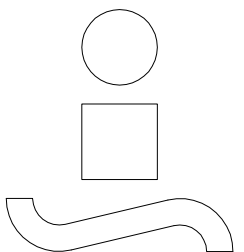
S/E

Formato A3

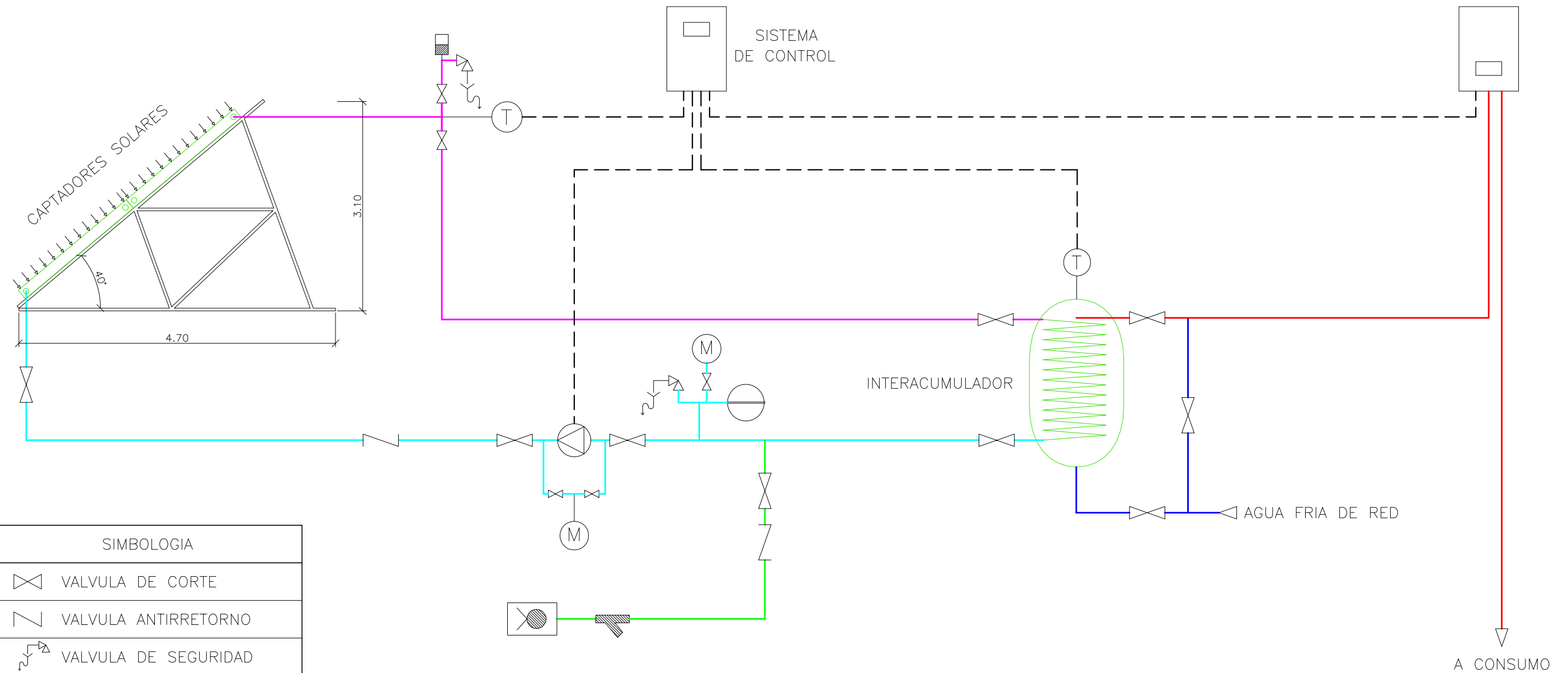
01: PLANO DE SITUACION
 C/ LA PAZ OTURA GRANADA

Tutor: D. JOSE JULIO GUERRA MACHO

Alumno: JUAN TIRADO PEREZ



ESQUEMA UNIFILAR DEL SISTEMA

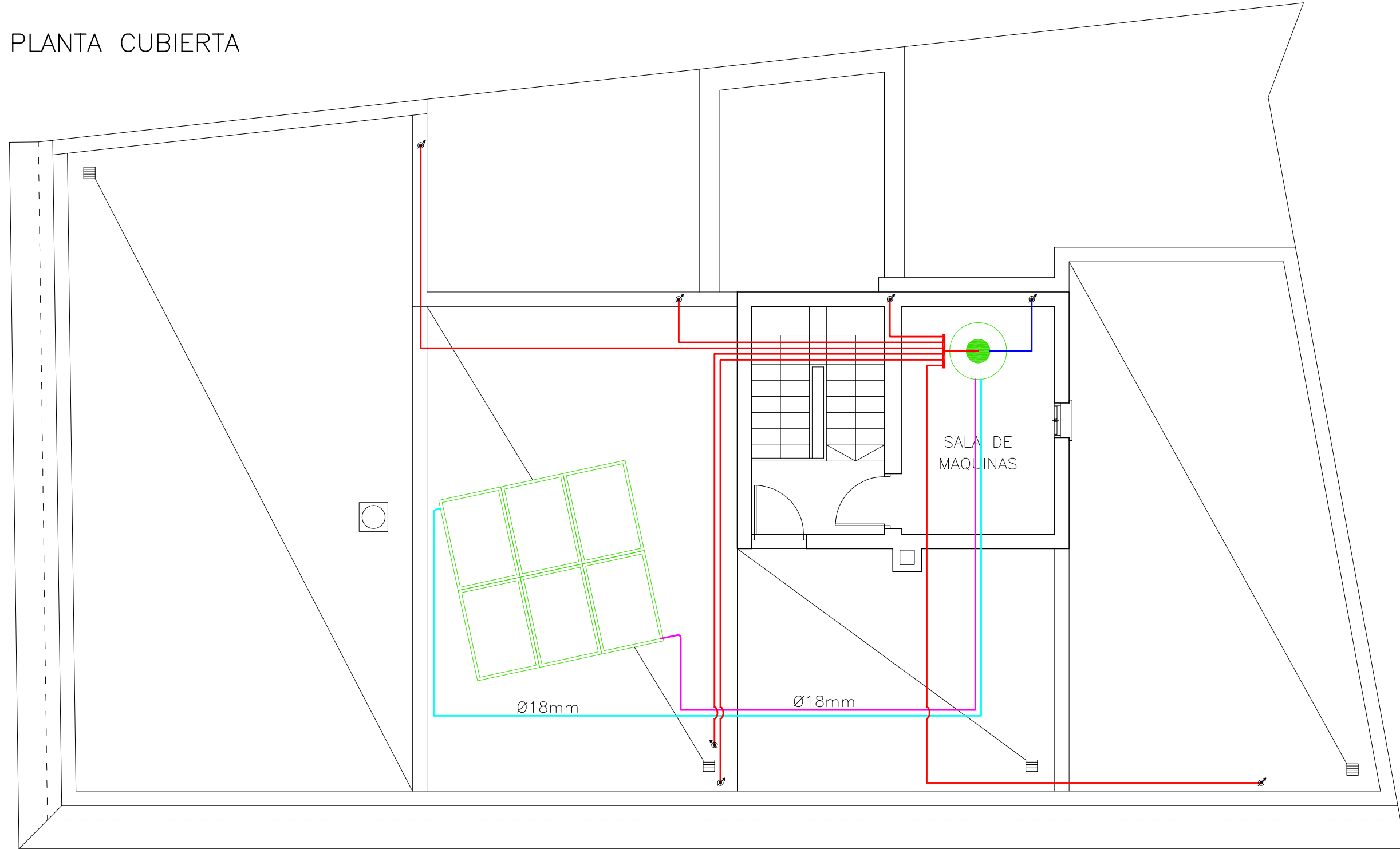
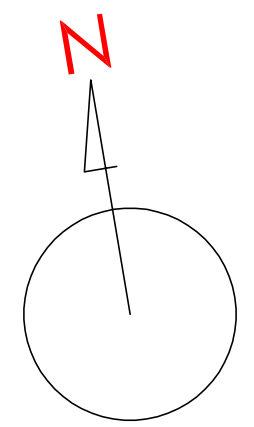


SIMBOLOGIA	
	VALVULA DE CORTE
	VALVULA ANTIRRETORNO
	VALVULA DE SEGURIDAD
	PURGADOR DE AIRE
	FILTRO ASIENTO INCLINADO
	GRIFO DE LLENADO
	MANOMETRO
	SENSOR DE TEMPERATURA
	BOMBA DE CIRCULACION
	VASO DE EXPANSION
	INTERACUMULADOR

CODIGO DE COLORES EN TUBERIAS	
	C. PRIMARIO FLUIDO FRIO
	C. PRIMARIO FLUIDO CALIENTE
	AGUA FRIA SANITARIA RED
	AGUA CALIENTE SANITARIA
	LLENADO CIRCUITO PRIMARIO

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SEVILLA INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES TRABAJO FIN DE GRADO INSTALACION SOLAR PARA PRODUCCION DE ACS EDIFICIO RESIDENCIAL	<h3>02: ESQUEMA UNIFILAR SISTEMA Y GEOMETRIA DE CAPTADORES</h3> Tutor: D. JOSE JULIO GUERRA MACHO Alumno: JUAN TIRADO PEREZ
Escala <h1 style="font-size: 2em;">S/E</h1> Formato A3	

PLANTA CUBIERTA



SIMBOLOGIA	
	CAPTADOR SOLAR
	INTERACUMULADOR
	DISTRIBUIDOR ACS
	COLUMNA SUBIDA/BAJADA

CODIGO DE COLORES EN TUBERIAS	
	C. PRIMARIO FLUIDO FRIO
	C. PRIMARIO FLUIDO CALIENTE
	AGUA FRIA SANITARIA RED
	AGUA CALIENTE SANITARIA

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SEVILLA INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES TRABAJO FIN DE GRADO INSTALACION SOLAR PARA PRODUCCION DE ACS EDIFICIO RESIDENCIAL	
Escala 1:75 Formato A3	03: PLANTA CUBIERTA IMPLANTACION DE CAPTADORES Tutor: D. JOSE JULIO GUERRA MACHO Alumno: JUAN TIRADO PEREZ

