

Máster en Energías Renovables y Mercado Energético (MERME) 2009-2010

**Sistema de energía solar térmica para
producción de agua caliente sanitaria, frío
(aire acondicionado) y apoyo a calefacción en
un centro comercial en Madrid, con apoyo
de bombas de calor geotérmicas**



Tutor: Vicente Gallardo

Lucia Reyes Robles
Lourdes Reza Núñez
Jaime José Briz Córdova
Juan López Monte

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ALCANCE DEL PROYECTO.....	1
1.2 CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO.....	1
1.3 LOCALIZACIÓN	1
1.4 POBLACIÓN.....	2
1.5 DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMÁTICOS.....	2
1.6 ENERGÍA SOLAR	2
1.6.1 Energía Solar Térmica.....	2
1.7 CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE).....	3
1.8-DATOS DE PARTIDA.....	3
2. DEMANDA ENERGÉTICA Y APOORTE SOLAR.....	4
2.1 INTRODUCCIÓN.....	4
2.2 CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA ACS.....	4
2.2.1 Zona Climática.....	4
2.2.2 Ocupación y tipología del edificio.....	6
2.2.3 Factores correctores del consumo diario.....	7
2.2.4 Selección del acumulador.....	9
2.2.5 Aporte Solar.....	9
2.2.6 Superficie de captación.....	13
2.2.7 Sistema de acumulación de apoyo.....	13
2.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA Y APOORTE SOLAR DE SUELO RADIANTE.....	14
2.3.1 Aporte solar.....	15
2.4 REFRIGERACIÓN SOLAR. DEMANDA Y APOORTE SOLAR.....	18
2.4.1 Cálculo de la demanda y aporte solar.....	18
2.5 RESUMEN DE DEMANDAS Y APOORTE SOLAR.....	20
3. APOORTE CON SISTEMA GEOTÉRMICO.....	23
3.1. FUNDAMENTOS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA.....	23
3.2. VENTAJAS DE LAS BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS.....	23
3.3. TIPO DE INSTALACIONES GEOTÉRMICAS.....	24
3.4 BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA.....	24
3.4.1 Perforaciones.....	27
3.5 DIMENSIONADO DEL APOORTE CON SISTEMA GEOTÉRMICO.....	30
4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR.....	32
5. SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR.....	34
6. CIRCUITO PRIMARIO.....	36
6.1 UBICACIÓN DE LOS CAPTADORES.....	36
6.2 ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN.....	36
6.3 IMPLANTACIÓN DE LOS CAPTADORES.....	36
6.4 SEPARACIÓN ENTRE FILAS.....	36
6.5 CONEXIÓN DE LOS CAPTADORES.....	38
6.6 FLUIDO CALOPORTADOR.....	38
6.7 CAUDAL DEL CIRCUITO PRIMARIO.....	38
6.8 DIMENSIONADO DE TUBERÍAS.....	39
6.9 INTERCAMBIADORES.....	44
6.10 PERDIDAS DE CARGA.....	45

6.11 VASO DE EXPANSIÓN	46
6.12 BOMBA DE CIRCULACIÓN DEL PRIMARIO	48
7. SEGURIDAD EN LOS CAPTADORES	49
8. DISIPADOR DE CALOR.	51
9 .CIRCUITO SECUNDARIO SOLAR.....	51
9.1 FLUIDO DE TRABAJO.	51
9.2 TUBERÍAS Y PÉRDIDAS DE CARGA DEL SECUNDARIO SOLAR.	51
9.3 BOMBAS DEL SECUNDARIO SOLAR.....	52
9.3.1 Bomba ACS	52
9.3.2 Bomba suelo radiante	53
9.3.3 Bomba máquina de absorción	53
9.3.4 Montaje de bombas.....	55
10 SUELO RADIANTE	58
11. MÁQUINA DE ABSORCIÓN.....	59
11.1 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO	60
12. SISTEMA DE CONTROL.	61
12.1 LABVIEW	61
12.2 CÓDIGO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	62
12.3 CONEXIONADO DE ELEMENTOS DE CONTROL	68
13. PLIEGO DE CONDICIONES.....	69
13.1 GENERALIDADES.....	69
14. ANÁLISIS ECONÓMICO	75
14.1 SUBVENCIONES	75
15. EMISIONES DE CO ₂ EVITADAS.....	78
16. CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	80

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del proyecto es el diseño y dimensionamiento de un sistema de energía solar térmica para la producción de aire acondicionado, agua caliente sanitaria y apoyo de calefacción en un centro comercial ubicado en Madrid con el apoyo de bombas de calor geotérmicas.

La energía renovable generada se empleará en tres aplicaciones diferentes, suministro de Agua Caliente Sanitaria (ACS) para duchas de los empleados del centro, suministro de Calefacción por Suelo Radiante y Climatización-Refrigeración mediante fan-coils. Se realizará un análisis económico del proyecto y una determinación del ahorro de emisiones que supone el empleo de energía renovable.

1.1 ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del proyecto se estructura en tres objetivos:

- Dimensionado del sistema solar térmico y geotérmico de baja temperatura para la generación de energía térmica.
- Optimización del aporte energético en función del periodo de retorno de la inversión en ambos sistemas.
- Determinación de las cantidades de gases contaminantes que dejan de emitirse a la atmosfera en función del sistema de apoyo elegido.

1.2 CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO

El centro comercial posee una dimensión de 78 metros de largo por 63 metros de ancho, pero sólo posee dos terrazas disponibles para la instalación del sistema, con una superficie de 12 metros por 63 metros, tanto en el bloque este como oeste. Dicha superficie estará destinada a la instalación de paneles.

1.3 LOCALIZACIÓN

El proyecto se localiza en Madrid, capital de España, por el hecho de ser una gran urbe, la ciudad tiene inviernos fríos (con heladas frecuentes) y veranos calurosos con máximas que superan los 35°C. Esta elevada amplitud térmica hace que se necesite calefacción en invierno y refrigeración en verano. Es por ello que el proyecto que se presenta a continuación requiera de todas estas cargas energéticas.



Figura 1: Localización de Madrid

1.4 POBLACIÓN

La Comunidad Autónoma de Madrid según datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística para las cifras de población referidas al 01-01-2009, el total de habitantes ascendía a 6.445.499 habitantes concentrando un 13.66% aproximadamente de la población total española.

1.5 DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMÁTICOS

Madrid por su clima (mediterráneo continental) y por el hecho de ser una gran urbe presenta como ya se ha comentado grandes contrastes térmicos entre invierno y verano. La tabla 1 muestra los datos geográficos y climáticos más relevantes del emplazamiento.

Tabla 1: Datos climáticos de Madrid

	Madrid
Latitud de cálculo:	40.42
Latitud [°/min.]:	40.25
Altitud [m]:	667.00
Humedad relativa media [%]:	42.00
Velocidad media del viento [km/h]:	10.00
Temperatura máxima en verano [°C]:	34.00
Temperatura mínima en invierno [°C]:	-3.00

1.6 ENERGÍA SOLAR

El Sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades, si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia.

España, por su privilegiada situación y climatología, se ve particularmente favorecida respecto al resto de los países de Europa, ya que sobre cada metro cuadrado de su suelo inciden al año unos 1.500 kilovatios-hora de energía, cifra similar a la de muchas regiones de América Central y del Sur. Esta energía puede aprovecharse directamente, o bien ser convertida en otras formas útiles.

¿Qué se puede obtener con la energía solar?

Básicamente, recogiendo de forma adecuada la radiación solar, podemos obtener calor y electricidad, en el presente proyecto solo nos enfocaremos a la primera.

1.6.1 Energía Solar Térmica.

La energía solar térmica consiste en el aprovechamiento de la energía procedente del Sol para transferirla a un medio portador de calor, generalmente agua o aire. La tecnología actual permite también calentar agua con el calor solar hasta producir vapor y posteriormente obtener energía eléctrica.

¿En qué consiste la energía solar térmica?

La energía solar térmica consiste en la captación y aplicación de la radiación solar, generalmente en edificios y viviendas para usos térmicos.

¿Qué se puede obtener con la energía solar?

La aplicación de calor se logra mediante los captadores o colectores térmicos, el calor recogido en los colectores puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades.

¿Qué aplicaciones tiene la energía solar térmica?

El principal objetivo de una instalación solar es generar un ahorro significativo de la energía convencional y reducir emisiones de CO₂.

Las principales aplicaciones de la energía solar son:

A través de los sistemas de aprovechamiento térmico, se puede obtener agua caliente para consumo doméstico o industrial, o bien para dar calefacción a nuestros hogares, hoteles, colegios, fábricas, etc. Incluso podemos climatizar las piscinas y permitir el baño durante gran parte del año. Una de las últimas aplicaciones estudiadas es la climatización solar. En el presente trabajo se dimensionará

1.7 CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE).

El Código Técnico de la Edificación es el marco normativo a nivel nacional, que da impulso a las instalaciones de energía solar térmica. En la sección HE 4 establece las directrices que se deben de tomar en cuenta para la contribución solar mínima de ACS, con carácter de mínimos, y es aplicable a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta.

El CTE define la contribución solar mínima anual, como la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de valores mensuales. Las exigencias de cumplimiento implica cubrir entre un 30 y un 70% de la demanda y dependerá de:

- Zona climática
- Demanda de energía en el edificio.
- Sistema de energía auxiliar.

1.8-DATOS DE PARTIDA

Para definir las necesidades energéticas de consumo se han tomado los siguientes datos:

- Agua Caliente Sanitaria: El centro comercial abre de lunes a viernes de 9:00 a 23:00. Sus 250 empleados toman una ducha diaria a temperatura de 45°C.
- Calefacción: El suelo radiante emplea agua a 50°C y la retorna a 40°C. La superficie a calefactor es de 2500 m². El factor de ocupación varía en función de la época del año. Se ha partido de que se empleará la calefacción por Suelo Radiante de lunes a viernes en los meses de Octubre a Marzo. La temperatura ambiente que se debe conseguir es de 20°C.

- Refrigeración: La refrigeración se realizará con una máquina de absorción que alimentará de agua fría a Fan-Coils. Se debe conseguir refrigerar a 21°C los 2500 m² del centro comercial durante los días de Mayo a Septiembre.

El horario de funcionamiento de la instalación solar es el relativo a las horas de sol de cada día, almacenando la energía para el posterior consumo, sea éste de día o de noche. Sin embargo, la instalación geotérmica funciona durante todo el día pues la fuente de calor es constante.

2. DEMANDA ENERGÉTICA Y APORTE SOLAR.

2.1 INTRODUCCIÓN.

La demanda energética es la energía necesaria para mantener en el interior del edificio unas condiciones de confort definidas reglamentariamente en función del uso del edificio y de la zona climática en la que se ubique. Se compone de la demanda energética de ACS, calefacción y refrigeración.

Es primordial conocer la demanda que se produce de forma diaria, así como disponer de datos que hagan referencia al tipo de captador a instalar. En el presente proyecto el sistema solar térmico estará diseñado para el abastecimiento de:

- *Agua caliente sanitaria (ACS)*
- *Calefacción.*
- *Refrigeración.*

2.2 CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA ACS.

Hay que considerar que la demanda energética de ACS depende de algunos factores como son:

1. *Zona climática:* En función de la localidad donde se lleve a cabo la instalación, tendremos unas temperaturas de entrada de agua y unos valores de temperatura ambiente diferentes que determinarán el rendimiento del captador.

2. *Ocupación y tipología del edificio:* El número de usuarios que realizan consumo y el uso al que esté destinado el mismo afectan a la demanda.

2.2.1 Zona Climática

El CTE proporciona un gráfico en donde se marcan los límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia. Las zonas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal, tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas, como se indica en la figura 3.

Como se puede observar en la imagen a Madrid le corresponde la Zona climática IV con una Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H) entre $4,6 \leq H < 5,0$ kW/m²xdía.

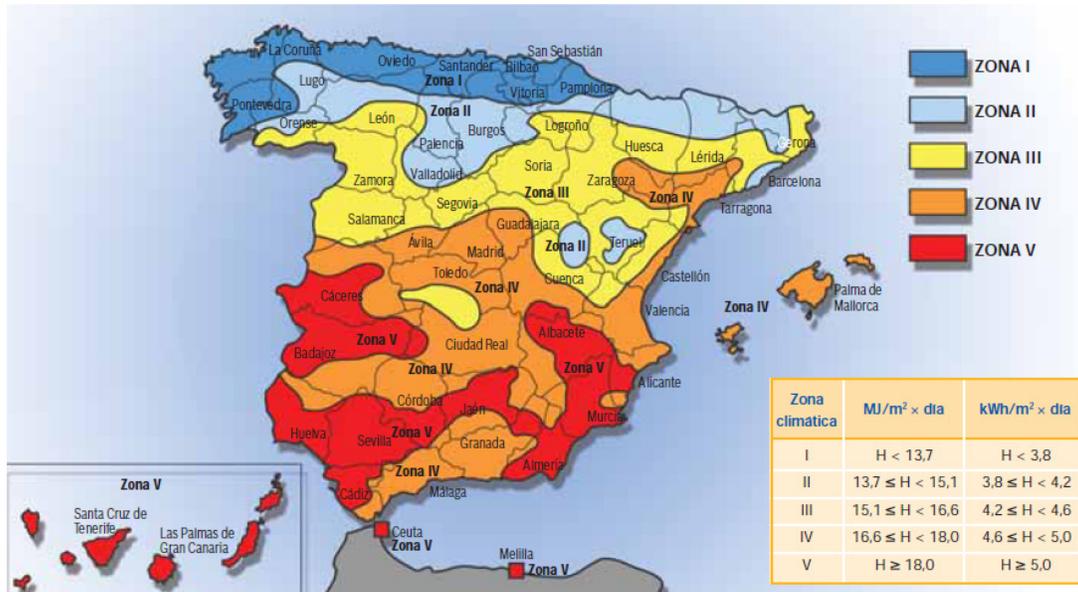


Figura 2: Zonas climáticas de España.

Para mayor especificación se adjunta la tabla 2

Tabla 2: Zona Climática de las localidades madrileñas.

Zonas Climáticas		
	Alcalá de Henares	IV
	Alcobendas	IV
	Alcorcón	IV
	Aranjuez	IV
	Arganda del Rey	IV
	Colmenar Viejo	IV
	Collado Villalba	IV
	Coslada	IV
	Fuenlabrada	IV
	Getafe	IV
	Leganés	IV
Madrid	Madrid	IV
	Majadahonda	IV
	Móstoles	IV
	Parla	IV
	Pinto	IV
	Pozuelo de Alarcón	IV
	Rivas-Vaciamadrid	IV
	Las rozas de Madrid	IV
	San Fernando de Henares	IV
	San Sebastián de los Reyes	IV
	Torrejón de Ardoz	IV
	Tres Cantos	IV
	Valdemoro	IV

2.2.2 Ocupación y tipología del edificio

Para determinar la demanda de ACS de un edificio en función de su uso y la temperatura de referencia, es posible tomar los valores unitarios aportados por el CTE para una temperatura de referencia de 60° C y se muestran en siguiente tabla.

En los casos en los que la temperatura de diseño sea diferente a la anterior, se aplicará la fórmula correspondiente que se muestra posteriormente.

Tabla 3: Consumo diario de ACS en diferentes tipos de edificios.

Demanda	L/día a 60°C	Unidad de referencia
<i>Viviendas unifamiliares</i>	30	x persona
<i>Viviendas multifamiliares</i>	22	x persona
<i>Hospitales y clínicas</i>	55	x cama
<i>Hoteles****</i>	70	x cama
<i>Hoteles***</i>	55	x cama
<i>Hoteles**/Hostales</i>	40	x cama
<i>Hostal/Pensión</i>	35	x cama
<i>Residencias</i>	55	x cama
<i>Camping</i>	40	x emplazo
<i>Vestuarios/Duchas</i>	15	x servicio
<i>Escuelas</i>	3	x alumno
<i>Cuarteles</i>	20	x persona
<i>Fábricas/Talleres</i>	15	x persona
<i>Oficinas</i>	3	x persona
<i>Gimnasios</i>	20 a 25	x usuario
<i>Lavanderías</i>	3 a 5	x kg de ropa
<i>Restaurantes</i>	5 a 10	x comida
<i>Cafeterías</i>	1	x almuerzo

Debemos calcular la demanda de ACS que se debe suministrar a 250 empleados, considerando una temperatura de diseño de 45 °C.

El CTE plantea dos opciones para la estimación de la demanda y pueden ser:

1. Mediante datos reales de consumo de años anteriores aportados por el propio usuario.
2. **Mediante tablas que definen consumos unitarios máximos.**

La tabla 3 define los consumos unitarios en l/día en función del uso al que este destinada la instalación a 60°C. Para una temperatura de referencia de 45 °C se debe aplicar la siguiente fórmula

$$D_i(T) = D_i(60\text{ °C}) \times \left(\frac{60 - T_i}{T - T_i} \right)$$

Donde

$D_i(T)$ =Demanda de agua caliente a la temperatura de diseño.

$D_i(60\text{ °C})$ =Demanda de agua caliente a la temperatura de 60 °C.

T=Temperatura de diseño.

T_i =Temperatura media del agua fría (De acuerdo a cada provincia).

La temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de la red están sujetas a las condiciones climáticas en donde se ubica el campo de captación. El Pliego de Condiciones Técnicas (PCT) que suministra el IDAE, expresa que podrán utilizarse datos de radiación y temperaturas publicados por entidades de reconocido prestigio y a falta de otros datos, se podrán usar las tablas de temperatura ambiente y temperatura mínima media del agua de la red por provincias publicadas por Censolar. Para lo cual se obtienen los siguientes valores:

Tabla 4: Temperatura del agua de red de Madrid.

Mes	T(°C)
Enero	6
Febrero	7
Marzo	9
Abril	11
Mayo	12
Junio	13
Julio	14
Agosto	13
Septiembre	12
Octubre	11
Noviembre	9
Diciembre	6
Año	10,3

A partir de esta tabla sabemos que la demanda de ACS que se debe suministrar por ducha es de 22 l/día, por lo que para cubrir la demanda del total de duchas serán necesarios 5500 litros diarios.

2.2.3 Factores correctores del consumo diario.

Los factores de corrección del consumo sirven para dimensionar el sistema de acumulación de forma más precisa en función de la instalación y del patrón de consumo del edificio. El primer factor a aplicar a la demanda es el referente a la acumulación del sistema.

El *Sistema de acumulación* consiste en almacenar la energía térmica en un depósito de acumulación para su posterior utilización. En aplicaciones de ACS o calefacción la demanda no siempre coincide con el momento en el que hay suficiente radiación, por tanto si se quiere aprovechar al máximo las horas de Sol será necesario acumular la energía en aquellos momentos del día en que esto sea posible y utilizarla cuando se produzca la demanda. El sistema de acumulación está formado por uno o más depósitos de agua caliente. La dimensión de los depósitos de almacenamiento deberá ser proporcional al consumo estimado y debe cubrir la demanda de agua caliente de al menos un día.

En la instalación diseñada se ha optado por un sistema de acumulación instantánea, que es aquel sistema donde el acumulador solar no tiene un intercambiador de serpentín, sino que consta de un intercambiador de placas externo que se encarga de la transferencia de calor.

Los criterios de dimensionado contemplan el uso del factor de acumulación que depende del tipo de sistema de acumulación que se utilice. En este caso es instantánea y el coeficiente de simultaneidad es 1,1.

Primero considerando un factor de acumulación instantánea de 1,1. Se tiene que:

Factor de acumulación instantánea=1,1

D= Factor de Acumulación Instantánea ΣD

$$D=1,1*5500=6050 \text{ l/día}$$

Factor de Simultaneidad: Se propone un método en el que se determina un consumo horario punta afectada por un coeficiente de simultaneidad, para individuos que demandan suministro de A.C.S en las duchas al mismo tiempo.

Existen distintos valores para el coeficiente de simultaneidad para edificaciones colectivas dependiendo del número de viviendas, como:

Coef_{simultaneidad} = 1 (Edificios de menos de 10 viviendas).
 Coef_{simultaneidad} = 1,2 - 0,02 n (Edificios de 10 a 25 viviendas).
Coef_{simultaneidad} = 0,7 (Edificios de más de 25 viviendas).

Ahora considerando un coeficiente de simultaneidad para instalaciones colectivas en edificios de mas de 25 viviendas siendo el nivel más alto. La demanda total es igual a:

Coeficiente de simultaneidad=0,7

$$D_T = \text{Coeficiente de simultaneidad} \times \Sigma D$$

$$D^T=0,7*6050=4235 \text{ l/día}$$

El CTE establece la contribución solar mínima de la instalación de acuerdo a cada zona climática a la que pertenece la instalación y la demanda de agua de ACS. A continuación se muestra en la tabla el porcentaje que debe de cumplir la instalación por estar localizada en Madrid en donde le corresponde la zona climática IV para una demanda de 4235 l/día.

La siguiente tabla muestra la información para una temperatura de referencia es de 60°C y el supuesto de que la fuente energética de apoyo sea otra fuente diferente a la electricidad.

Tabla 5: Contribución solar mínima.

Demanda Total de ACS del edificio (l/d)	Zona Climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.000	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
>20.000	52	70	70	70	70

El porcentaje de contribución mínima solar para el suministro de A.C.S para 250 duchas con una demanda total diaria de 4235 l/d es del 60%, es decir el porcentaje mínimo a cumplir a través del sistema solar que se diseñe.

Tras conocer los consumos y por lo tanto la demanda se definirá el volumen de acumulación necesario para un día en el caso de servicio de A.C.S y la superficie de captadores necesarios para generar el aporte energético solar.

2.2.4 Selección del acumulador

Hay que tener en consideración que los acumuladores para A.C.S. y las partes de acumuladores combinados que estén en contacto con agua potable, deberán cumplir los requisitos de UNE EN 12897. Se ha de calcular un volumen de acumulación mínimo y máximo que se encuentre entre un 80% y 100%

El volumen del acumulador V (l) se determina por la expresión:

$$0,8 M < V < M$$

Siendo:

V = Volumen del acumulador solar.

M = Volumen total de acumulación del edificio.

Volumen de acumulación mínimo=3388 l/día

Volumen de acumulación solar máximo=4235 l/día

Volumen del acumulador solar comercial=4000 l/día

Por lo que el volumen de acumulación se situará entre 3388 l/día (80%) y 4235 l/día (100%).

Para la elección del acumulador, se ha seleccionado un acumulador comercial de la marca Junkers con capacidad de 4000 L. Conociendo el volumen de acumulación solar que necesitamos es posible calcular el número de captadores que se necesitan.

2.2.5 Aporte Solar.

El Sol se compone, principalmente, de hidrogeno (90%) y helio (7%). En el se producen fusiones nucleares en que el primero de ellos se transforma en el segundo, por este proceso, el 0,73% de la materia se convierte en energía, que se manifiesta en forma de rayos gamma. Estas ondas, interactúan con la materia solar y se van tornando en radiaciones de diferente amplitud: ultravioleta (UV), visible (V) e infrarroja (IR).

En el interior del sol, los núcleos atómicos de hidrogeno funcionan bajo una presión enorme, dando lugar a núcleos atómicos de helio. Durante este proceso, parte de la masa atómica se transforma en energía térmica que, en consecuencia, provoca temperaturas millones de grados en el interior del astro. La temperatura de la superficie del sol es de aproximadamente 6000°C. De esta manera, el sol funciona como un reactor de fusión, que actúa de manera continua y segura desde hace 5000 millones de años y que, según las estimaciones de los astrónomos, seguirá suministrando otros tantos más.

La potencia radiante del sol en el límite exterior de la atmosfera terrestre, a una distancia de unos 150 millones de kilómetros, corresponde a aproximadamente 1360 W/m². Este valor se denomina Constante Solar.

La irradiancia solar extraterrestre se reduce al pasar por la atmósfera terrestre, de modo que al llegar a la superficie de la tierra alcanza un valor máximo de 1000 W/m². Evidentemente las nubes reducen más incluso la irradiancia. La irradiancia total que incide sobre una superficie en la tierra se denomina irradiancia global y se compone tanto de irradiancia difusa como de irradiancia directa. Ambas componentes de la radiación solar se pueden aprovechar con actual tecnología solar.

A continuación se muestran los valores de la radiación solar para una superficie horizontal e inclinada en la provincia de Madrid.

Tabla 6: Radiación solar en Madrid.

Mes	Rad. horiz. [kJ/m ² /día]:	Rad. inclinada. [kJ/m ² /día]:
Enero	6.700	8.914
Febrero	10.600	13.087
Marzo	13.600	15.099
Abril	18.800	18.713
Mayo	20.900	19.003
Junio	23.500	20.693
Julio	26.000	23.641
Agosto	23.100	23.215
Septiembre	16.900	19.572
Octubre	11.400	15.166
Noviembre	7.500	10.767
Diciembre	5.900	8.357
Año	15.408	16.352

Según el PCT que proporciona el IDAE, el **captador** seleccionado deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia, según la legislación vigente. Se recomienda también que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

El rendimiento del captador se ve afectado por las condiciones externas, como radiación, inclinación y orientación. La fórmula siguiente expresa el rendimiento de un captador.

$$\eta = A - U (T_m - T_a) / I$$

Donde:

A = Factor de ganancia o eficiencia óptica. Definido tras evaluar la transmitancia de la cubierta transparente y la absorción de la placa absorbente.

U = Factor de pérdidas (W/m²K). Son las pérdidas debidas a la superficie del captador y a la diferencia de temperaturas creadas entre la temperatura ambiente y temperatura media del captador.

T_m-T_a = Salto térmico producido entre la temperatura media del fluido calo portador (T_m) y la temperatura ambiente (T_a).

Cuanto mayor sea el factor de eficiencia óptica o ganancia (A) de un captador y menor su coeficiente global de pérdidas (U), mejor será su rendimiento.

El coeficiente global de pérdidas es la pendiente de la curva que representa la ecuación del rendimiento o eficiencia del captador.

Es importante que los captadores trabajen a la temperatura más baja posible, siempre en relación con la temperatura de utilización.

Para la intensidad radiante (I), la superficie tomada es de 1 m² y el tiempo corresponde al número de horas de sol útiles que son aportadas en el supuesto de inexistencia de sombras proyectadas en los captadores (véase tabla 7).

Tabla 7: Horas de sol diarias

Mes	Horas
Enero	6
Febrero	7
Marzo	7,5
Abril	8
Mayo	8,8
Junio	9
Julio	9
Agosto	9
Septiembre	8,5
Octubre	8
Noviembre	7
Diciembre	6

La curva de rendimiento para los diferentes tipos de captadores se muestra en la figura 3. En España por las horas de sol y las temperaturas medias de las diferentes provincias hace que sea suficiente un *captador con cubierta de alto rendimiento* para la mayor parte de las aplicaciones.

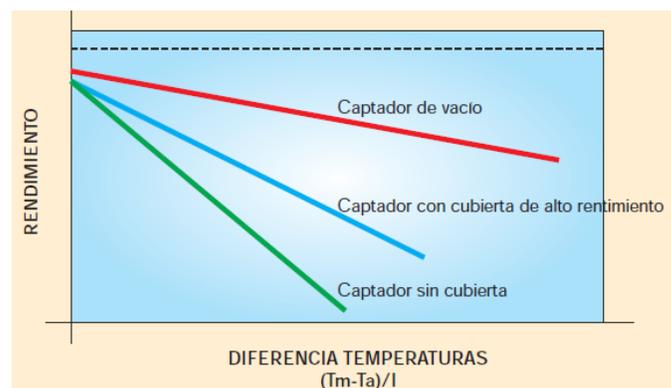


Figura 3: Rendimiento de los captadores.

De acuerdo a la ecuación anterior, el tipo de captador que se eligió es el FKT-1 S de la marca Junkers, por tener un mayor factor de eficiencia óptica ($A=0,811$) con respecto a los otros captadores y por tener un menor coeficiente global de pérdidas ($U=3,653$).

FKB -1S	$h = 0.717 - 5.773 (T_m - T_a) / I$
FKC -1S	$h = 0.748 - 3.567 (T_m - T_a) / I$
FKC -1W	$h = 0.748 - 3.981 (T_m - T_a) / I$
FKT -1S	$h = 0.811 - 3.653 (T_m - T_a) / I$

Las especificaciones técnicas del captador se muestran en los anexos.

El porcentaje de ocupación según cada mes se muestra en la siguiente tabla:

Mes	%
Enero	68
Febrero	71
Marzo	74
Abril	73
Mayo	68
Junio	73
Julio	71
Agosto	71
Septiembre	73
Octubre	68
Noviembre	73
Diciembre	74

Nota: Se han considerado los días laborables del año 2010 para el cálculo de los porcentajes.

A través de programa Junkers, que cuenta con una aplicación F-Chart, y de los datos anteriores de partida se calculó el aporte solar. La figura 4 y la tabla 9 muestran el resumen de datos del ACS.

Tabla 9: Resumen de demandas y aporte solar para ACS.

Mes	Demanda ACS kWh/mes	Aporte Solar ACS kWh/mes	Cobertura solar [%]:
Enero	5.634	2.181	38,7
Febrero	5.177	2.951	57
Marzo	5.659	3.713	65,6
Abril	5.102	5.102	82
Mayo	4.766	4.276	89,7
Junio	4.802	4.536	94,4
Julio	4.676	4.676	100
Agosto	4.827	4.827	100
Septiembre	4.952	4.405	89
Octubre	4.912	3.590	73,1
Noviembre	5.402	2.584	47,8
Diciembre	6.130	2.065	33,7
		Anual	70,9

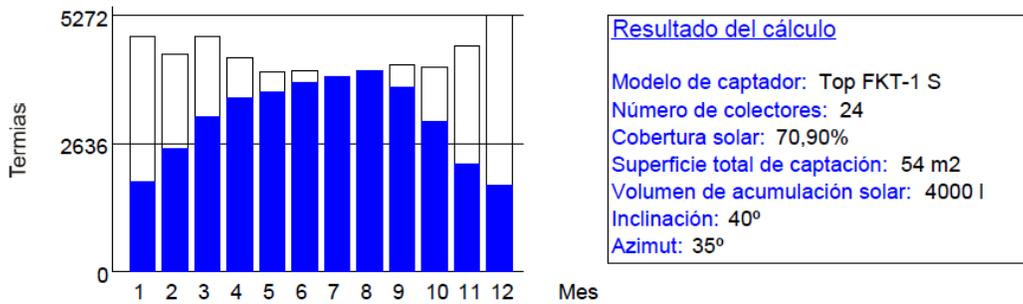


Figura 4: Resultados de ACS.

Con esta configuración obtenemos una cobertura solar del **70,90%** en promedio anual, por lo que cumple con el porcentaje mínimo de aportación solar que marca el CTE de 60% para una demanda de 4235 l/día en la zona climática IV, sin superar ningún mes más del 110% ni más de tres del 100%, habiéndolo configurado con un confort alto y acumulación instantánea, una inclinación de los paneles de 40 grados y azimut de 35 grados.

2.2.6 Superficie de captación

El CTE expresa que para la aplicación de ACS, el área total de captadores tendrá un valor tal que cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

Siendo:

A, la suma de las áreas de los captadores en m².

V, el volumen de acumulación de ACS.

De la fórmula anterior, se calculó el número de captadores a emplear cumpliendo la condición para servicio de ACS. A través del programa Junkers la cantidad de captadores resultantes fue de **24 captadores** tipo Top FKT-1 S, con una superficie útil de 2,25 m² teniendo una superficie de captación de 54 m².

$$50 < \frac{4000 \text{ l}}{54 \text{ m}^2} < 180$$

La relación volumen de acumulación y la superficie de captación que se obtiene es de 74,07 m², por lo que cumple con la normativa.

2.2.7 Sistema de acumulación de apoyo

El CTE impone que la energía auxiliar no pueda aplicarse al acumulador solar, por tanto es necesario diseñar un segundo acumulador para el apoyo por bomba de calor. El PTC del IDAE manifiesta que el volumen de acumulación del sistema de apoyo debe diseñarse para que se cubran las necesidades de energía demandada durante, al menos, una hora., y recomienda usar una relación de V/A entre 25 l/m² y 50 l/m²

$$25 \text{ l/m}^2 < V/A < 50 \text{ l/m}^2$$

Calculando el volumen de acumulación de apoyo en función de la superficie de captación disponible se tiene que obtener un volumen de acumulación que se encuentre dentro del rango especificado.

$$\text{Volumen del acumulador apoyo mínimo} = 1350 \text{ l/m}^2$$

$$\text{Volumen del acumulador apoyo mínimo} = 2700 \text{ l/m}^2$$

$$\text{Volumen del acumulador apoyo comercial} = 2000 \text{ l/m}^2$$

$$25 < \frac{2000 L}{24 \cdot 2,25} < 50$$

2.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA Y APORTE SOLAR DE SUELO RADIANTE.

Para el diseño y dimensionamiento del sistema solar para calefacción a través de suelo radiante se parte de los siguientes datos, basados en valores de confort comerciales.

Tabla 10: Datos de diseño del Suelo Radiante

Superficie de calefacción (m ²)	Potencia por m ² (kcal/h)	T° interior	T° Exterior mínima histórica
2500	107,5	20	-16 °C

Se ha considerado una potencia de demanda de calefacción por m² de 107, 5 kcal/h, y si se tiene en cuenta que la superficie a calefactar son 2500 m², la potencia demandada de calefacción en Kcal/h será de 268750 kcal/h para una temperatura mínima histórica de -16°C en Madrid.

Ahora considerando la cantidad de horas que se demandará la calefacción por cada mes y la temperatura ambiente, temperatura interior y temperatura exterior se puede obtener la potencia para la temperatura ambiente, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

A partir de la ecuación tenemos que:

$$\text{Potencia}_{\text{ambiente}} \text{ (Kcal/h)} = \text{Potencia}_{\text{exterior}} \times \frac{(T^{\text{a}}_{\text{interior}} - T^{\text{a}}_{\text{ambiente}})}{(T^{\text{a}}_{\text{interior}} - T^{\text{a}}_{\text{exterior}})}$$

Donde la temperatura ambiente es la temperatura exterior media diaria durante las horas de sol (tabla 11) y la temperatura exterior la temperatura mínima histórica del lugar (-16°C).

Mes	T exterior	Mes	T exterior
Enero	6	Julio	28
Febrero	8	Agosto	26
Marzo	11	Septiembre	21
Abril	13	Octubre	15
Mayo	18	Noviembre	11
Junio	23	Diciembre	7

Con la ecuación anterior y el patrón de consumo se obtienen los resultados, expuestos en la tabla 12:

Tabla 12: Resumen de demandas de calefacción

Mes	Horas Calefacción	Demanda de calefacción (kcal)	Demanda de calefacción en kWh/mes
Enero	14	104.514	35.729
Febrero	14	89.583	29.167
Marzo	14	67.188	25.156
Abril	0	0	0
Mayo	0	0	0
Junio	0	0	0
Julio	0	0	0
Agosto	0	0	0
Septiembre	0	0	0
Octubre	14	37.326	12.760
Noviembre	14	67.188	24.063
Diciembre	14	97.049	36.337
	Total	462.847	163.212

Nota: Considerar la relación de 1kW ->860 Kcal/h

Así entonces se tiene que la demanda de calefacción por las horas necesarias de uso entre los meses de enero-marzo y octubre-diciembre es de 163.212 kWh.

2.3.1 Aporte solar.

Para el cálculo del aporte solar primero se debe calcular la radiación efectiva útil (Eu) de la radiación solar media diaria. La radiación media diaria (H) debe corregirse en función de la calidad del aire.

$$H_{corr} = H \cdot 1,05$$

$$Eu = 0,94 \cdot H_{corr} \cdot K$$

Donde:

K= factor correctivo que depende de la latitud del lugar y de la inclinación del captador, en este caso es de 40°.

Los valores de H se han tomado del Centro de Estudios de Energía Solar (CENSOLAR), al igual que el valor de K para cada uno de los meses. El valor de 0,94 es un coeficiente que permite hablar de radiación efectiva debido a que a primera hora de la mañana y a última hora de la tarde la intensidad de radiación es menor que en el medio día solar y en ocasiones se compensaría la intensidad recibida por las pérdidas generadas

Obtenida la energía útil se calcula la radiación efectiva (Ep) de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$E_p \left(\frac{Kwh}{m^2} \right) = 0,9 \times \eta \times E_u \text{ (kWh/m}^2\text{mes)}$$

Donde

$$\eta = \text{Rendimiento} = A - U (T_m - T_a) / I = 0,811 - 3,653 (T_m - T_a) / I$$

$$I (Wh / m^2) = \frac{E_u}{n^\circ \text{ horas sol} \cdot \text{días mensuales}}$$

Se han considerado pérdidas del 4,3% por inclinación y orientación, el CTE proporciona la siguiente fórmula para hallarlas.

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

Las tablas 13 y 14 resumen los cálculos.

Tabla 13: Radiación efectiva solar.

Mes	Días del Mes	Horas de sol	Factor K	Radiación kWh/m ²	Radiación Efe. kWh/m ² mes	Ta amb media (hrs. de sol)	Intensidad Radiante	η
Enero	21	6	1,39	1767,92	48,74	6	386,86	0,40
Febrero	20	7	1,29	2721,61	66,32	8	473,75	0,49
Marzo	23	7,5	1,16	3931,15	99,07	11	574,31	0,56
Abril	30	8	1,04	5431,55	160,07	13	666,95	0,61
Mayo	31	8,8	0,95	5885,19	163,71	18	600,11	0,62
Junio	30	9	0,92	6536,63	170,41	23	631,14	0,65
Julio	31	9	0,95	7187,80	199,94	28	716,65	0,70
Agosto	31	9	1,05	6385,51	196,33	26	703,67	0,69
Septiembre	30	8,5	1,21	4477,86	153,53	21	602,10	0,64
Octubre	21	8	1,39	2989,13	82,42	15	490,57	0,55
Noviembre	22	7	1,52	2035,44	64,29	11	417,48	0,47
Diciembre	23	6	1,48	1732,92	55,72	7	403,75	0,42

Y la cobertura solar que dará el sistema:

$$\% \text{ Cobertura} = \frac{E_p}{E_{necesaria}} \times 100$$

Tabla 14: Aporte solar del sistema.

Mes	Aporte solar (kWh/mes/m ²)	Energía solar aportada por la superficie de captación (kWh/mes)	Demanda de calefacción en kWh/mes	La cobertura solar
Enero	17,35	7.184	35.729	20,11%
Febrero	29,08	12.039	29.167	41,27%
Marzo	50,19	20.779	25.156	82,60%
Abril	87,64	0	0	0,00%
Mayo	90,79	0	0	0,00%
Junio	100,41	0	0	0,00%
Julio	125,76	0	0	0,00%
Agosto	121,28	0	0	0,00%
Septiembre	87,75	0	0	0,00%
Octubre	40,82	16.901	12.760	13,45%
Noviembre	27,18	11.253	24.063	46,76%
Diciembre	21,16	8.760	36.337	24,11%
	799,43	330.962	163.212	57,88%

Por lo tanto, los resultados obtenidos tanto en la demanda como en la aportación solar son los siguientes en kWh/mes véase figura 5.

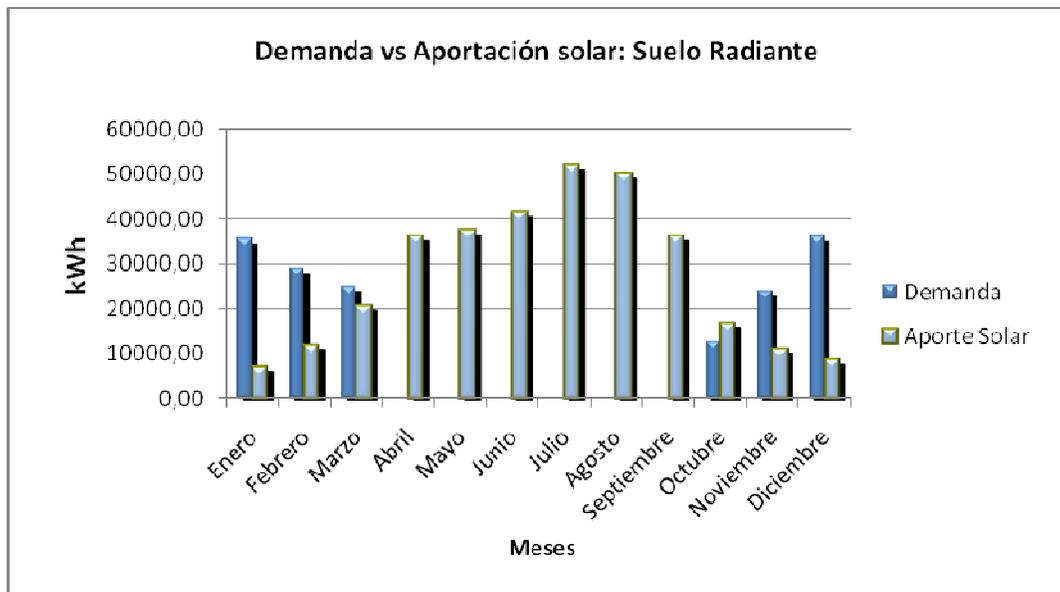


Figura 5: Demanda y aporte solar en Suelo Radiante.

El gráfico que muestra la distribución de la demanda a lo largo del año durante los meses de uso de calefacción abastecidos a través de suelo radiante. El resto será cubierto por la bomba de calor geotérmica.

2.4 REFRIGERACIÓN SOLAR. DEMANDA Y APORTE SOLAR

La demanda de refrigeración y aire acondicionado sigue aumentando día a día, por ello el diseño de sistemas de climatización solares son cada vez más estudiados en el mercado. Dejando a un lado ACS y calefacción, la filosofía de las instalaciones solares debe ir encaminándose a cubrir demandas de refrigeración, pues de lo contrario en muchas instalaciones supondría tener parados los captadores en una parte del año.

A día de hoy el aire acondicionado se basa en tecnologías de compresión mecánica. Sin embargo, es necesario aprovechar tecnologías que puedan acoplar el calor solar puesto que la demanda de frío se produce en el mismo espacio de tiempo que la mayor radiación solar. Entre algunas de las ventajas ecológicas de la tecnología de refrigeración solar se encuentran:

- Ahorro de energía primaria al sustituir una máquina de compresión eléctrica.
- Se evita el uso de refrigerantes controvertidos desde el punto de vista ambiental (CFHC).
- Se reducen las emisiones de CO₂.

Las tecnologías de producción de frío solar pueden clasificarse en sistemas cerrados, con máquinas de absorción o adsorción, y sistemas abiertos (enfriamiento desecativo). En el caso que nos ocupa se ha diseñado la refrigeración solar mediante máquinas de absorción.

2.4.1 Cálculo de la demanda y aporte solar.

Existen métodos de dimensionado de ACS y calefacción mediante aplicaciones F-Chart, sin embargo en refrigeración solar el cálculo no puede simplificarse tan fácilmente debido a la importancia de las cargas del edificio y las características ocupacionales del mismo. Sin embargo en el presente proyecto se ha tomado un valor de confort térmico de 190 kcal/h por metro cuadrado a refrigerar. Con este valor se obtuvieron los kW necesarios de refrigeración.

$$190 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \Leftrightarrow 0,22 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$$

$$\text{Demanda refrigeración} = 0,22 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \cdot 2500 = 550 \text{ kW}$$

Con esta demanda de frío, se busca una máquina de absorción que cubra la demanda total. El modelo comercial obtenido es LT-18C de **609 kW**. Más tarde se detalla el funcionamiento de la máquina de absorción. En las especificaciones técnicas de la máquina de absorción se toma el dato del caudal y las temperaturas del agua caliente que necesita esta máquina. Los datos son los siguientes:

$$\text{Caudal volumétrico} = 72,3 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$T_{in} = 90^\circ \text{C} \quad T_{out} = 80^\circ \text{C}$$

Con el caudal, las temperaturas y el número de horas de trabajo diarias, se estima los litros día necesarios y la demanda en kcal de cada día. Conociendo el régimen de funcionamiento de la refrigeración solar (durante los meses de Mayo a Septiembre) se puede conocer la demanda mensual. La tabla siguiente muestra la demanda de refrigeración.

Tabla 15: Demanda de refrigeración del edificio.

Mes	Demanda Refrigeración Solar (kW)	Demanda Refrigeración (kWh/mes)
<i>Enero</i>	0	0
<i>Febrero</i>	0	0
<i>Marzo</i>	0	0
<i>Abril</i>	0	0
<i>Mayo</i>	841	248.107
<i>Junio</i>	841	257.758
<i>Julio</i>	841	259.053
<i>Agosto</i>	841	259.053
<i>Septiembre</i>	841	257.758
<i>Octubre</i>	0	0
<i>Noviembre</i>	0	0
<i>Diciembre</i>	0	0

Si se calcula la radiación solar incidente y el aporte solar de igual forma que para suelo radiante se obtiene la cobertura solar, la tabla 16 muestra los resultados.

El aporte solar se calculó con 184 captadores, que son los captadores restantes a los 208 captadores si mantenemos la prioridad de 24 captadores durante todo el año de ACS. Se observa que la cobertura solar no llega al 15% en ningún mes y que se necesitarían cerca de 1640 captadores para cubrir el 100% de la demanda de refrigeración solar. Como este número de captadores hace inviable la instalación se ha adoptado la siguiente solución:

- Aportar el calor solar posible a través de los 184 captadores. Se diseñará un sistema de absorción adecuado para este aporte solar
- El resto de la demanda de frío la cubrirá la bomba de calor geotérmica.

Tabla 16: Cobertura solar.

Mes	Aporte Solar kWh/mes/m ²	Energía Solar aport. kWh	Cobertura Solar
<i>Enero</i>	0	0	0,00%
<i>Febrero</i>	0	0	0,00%
<i>Marzo</i>	0	0	0,00%
<i>Abril</i>	0	0	0,00%
<i>Mayo</i>	55,81	23107	9,31%
<i>Junio</i>	64,91	26871	10,43%
<i>Julio</i>	87,23	36115	13,94%
<i>Agosto</i>	84,59	35021	13,52%
<i>Septiembre</i>	55,89	23140	8,98%
<i>Octubre</i>	0	0	0,00%
<i>Noviembre</i>	0	0	0,00%
<i>Diciembre</i>	0	0	0,00%
		Media	11,24%

De esta forma se dimensiona una máquina de absorción que cubra el 11,24 % de la potencia de refrigeración (550), 62 kW. El valor comercial más cercano es el modelo Thermax LT 2 de 64 kW. Los valores de caudal de agua a 90°C, son los siguientes:

$$Caudal\ volumétrico = 8,21\ m^3 / h$$

$$T_{in} = 90^{\circ}C \quad T_{out} = 80^{\circ}C$$

Con esta demanda térmica de agua a 90°C se vuelve a calcular la cobertura solar. El volumen de acumulación se calcula con una relación $25 < V/A < 50$ y resulta ser de 12000 L obtenidos en 3 acumuladores de 4000 L. La tabla muestra los resultados de la cobertura solar de la nueva máquina de absorción.

Tabla 17: Cobertura solar a la máquina de absorción

Mes	Demanda Refrigeración solar. kWh/mes	Aporte Energía Solar kWh	Cobertura Solar (%)
Enero	0,0	0	0
Febrero	0,0	0	0
Marzo	0,0	0	0
Abril	0	0	0
Mayo	28173,70	23106,60	82,01%
Junio	29269,60	26871,50	91,81%
Julio	29416,60	36115,10	122,77%
Agosto	29416,60	35021,30	119,05%
Septiembre	29269,60	23140,30	79,06%
Octubre	0	0	0
Noviembre	0	0	0
Diciembre	0	0	0
		Media	98,94%

Conviene recordar que estos resultados son los referentes a la máquina de absorción de 64 kW que está lejos de aportar toda la demanda de frío del sistema. Es por ello que las coberturas aquí expuestas son las referentes a la máquina comentada.

2.5 RESUMEN DE DEMANDAS Y APOORTE SOLAR.

La energía solar aporta un fracción importante de la energía que demanda el sistema, sin embargo su concepción y dimensionamiento debe ir unido a la necesidad de un sistema de apoyo para aquellos días en los que la radiación solar no sea la suficiente. En este apartado resumiremos las aportaciones solares y las demandas del sistema intentado optimizar en todo momento el funcionamiento del sistema.

Las tablas 18 y 19 muestran los resultados de las demandas de la instalación y el aporte solar.

Tabla 18: Demandas energéticas de la instalación.

Mes	Demanda ACS kWh/mes	Demanda Calefacción kWh/mes	Demanda de Frío kWh/mes	Demanda total kWh/mes
<i>Enero</i>	5.634	35.729	0	41.363
<i>Febrero</i>	5.177	29.167	0	34.344
<i>Marzo</i>	5.659	25.156	0	30.815
<i>Abril</i>	5.102	0	0	5.102
<i>Mayo</i>	4.766	0	248.107	252.873
<i>Junio</i>	4.802	0	257.758	262.560
<i>Julio</i>	4.676	0	259.053	263.729
<i>Agosto</i>	4.827	0	259.053	263.880
<i>Septiembre</i>	4.952	0	257.758	262.710
<i>Octubre</i>	4.912	12.760	0	17.672
<i>Noviembre</i>	5.402	24.063	0	29.465
<i>Diciembre</i>	6.130	36.337	0	42.467

Tabla 19: Aporte y Cobertura solar.

Mes	Aporte Solar ACS kWh/mes	Aporte solar Calefacción kWh/mes	Aporte Solar Frío kWh/mes	Aporte solar total kWh/mes	Demanda total kWh/mes	Cobertura solar (%)
<i>Enero</i>	2.181	7.184	0	9.365	41.363	23
<i>Febrero</i>	2.951	12.039	0	14.990	34.344	44
<i>Marzo</i>	3.713	20.779	0	24.492	30.815	79
<i>Abril</i>	5.102	0	0	5.102	5.102	100
<i>Mayo</i>	4.276	0	23.107	27.383	252.873	11
<i>Junio</i>	4.536	0	26.871	31.407	262.560	12
<i>Julio</i>	4.676	0	36.115	40.791	263.729	15
<i>Agosto</i>	4.827	0	35.021	39.848	263.880	15
<i>Septiembre</i>	4.405	0	23.140	27.545	262.710	10
<i>Octubre</i>	3.590	16.901	0	20.491	17.672	116
<i>Noviembre</i>	2.584	11.253	0	13.837	29.465	47
<i>Diciembre</i>	2.065	8.760	0	10.825	42.467	25
					Media	41,5

Como se observa la demanda de refrigeración solar es bastante elevada, siendo inviable económicamente cubrirla completamente con el sistema solar. De esta forma, con la disposición técnica de los 208 paneles, que caben en la instalación se va a intentar cubrir:

- Al menos durante todo el año con 24 paneles diseñados exclusivamente para el ACS se va a cubrir el 70% aproximadamente de aporte solar, cumpliendo en todo momento con el CTE. Si además la instalación tiene un control digital que la gestiona de tal manera que el ACS siempre será la primera aplicación a cubrir, con prioridad respecto a las otras, se puede afirmar que el ACS va a ser cubierto con un 100% de cobertura solar.

- Con los 184 paneles restantes se va a cubrir la máxima cobertura solar en Suelo Radiante y la cobertura económicamente posible de Refrigeración. Como se observa en la figura X la demanda de Refrigeración es muy elevada por lo que casi siempre necesitará el apoyo de la bomba e calor. Este razonamiento es válido si se tiene en cuenta que las aplicaciones de Suelo Radiante y Climatización nunca solapan en el tiempo por lo que no hay que sumar sus aportes solares en un determinado mes.

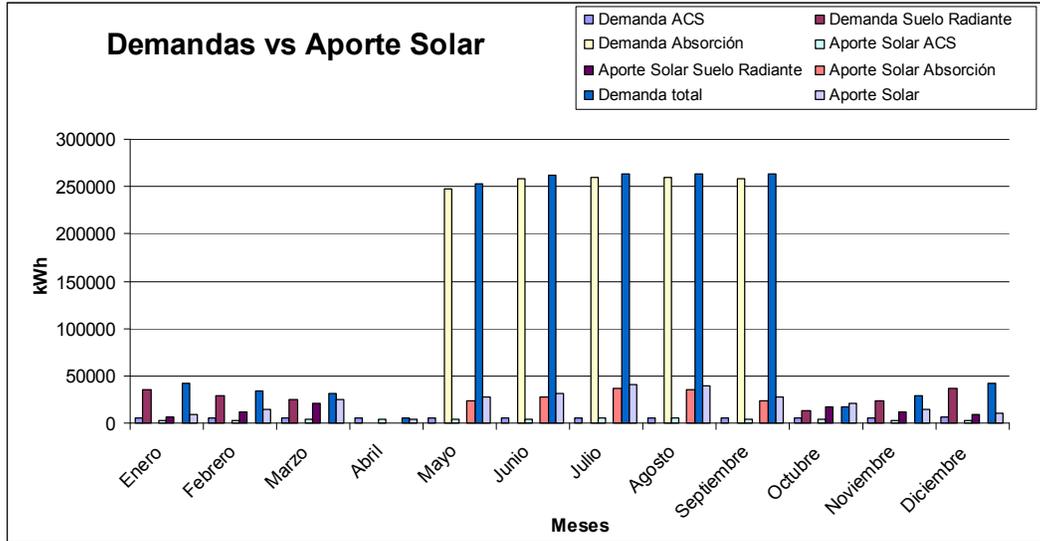


Figura 6: Resumen de demandas y aportes solares.

Para los meses en los que se supera la cobertura del 100%, es necesario dimensionar un aerotermo, que es un equipo disipador de calor compuesto por una tubería y un radiador primordialmente cuyo cálculo se detalla más adelante.

3. APORTE CON SISTEMA GEOTÉRMICO

3.1. FUNDAMENTOS DE LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

El aprovechamiento de la energía geotérmica de baja temperatura, basa su principio en que la tierra tiene una temperatura más constante que el aire exterior. Cuanto mayor sea la profundidad a que se mida la temperatura, menos fluctuaciones se observarán. Debido a la diferencia de temperaturas entre el ambiente y el terreno (en invierno el suelo está más caliente que el ambiente y en verano a la inversa, más frío que el ambiente) y con la ayuda de una bomba de calor geotérmica (BCG) se puede apoyar a un sistema de energía solar térmica para producción de frío, calefacción y ACS.

Los intercambiadores de calor enterrados, elemento fundamental de las BCG, están constituidos por una tubería plástica (generalmente polietileno) de alta resistencia y gran duración que se entierra debajo de la superficie del subsuelo a una cierta profundidad. El líquido (agua con anticongelante) circula a través de la tubería, normalmente en circuito cerrado. Se produce un intercambio de energía térmica entre el líquido que circula por las tuberías enterradas y el suelo de forma que pueden acondicionarse recintos con una enorme eficiencia y ahorro energético.

En la figura 7, se muestra el esquema básico del sistema geotérmico de bomba de calor.

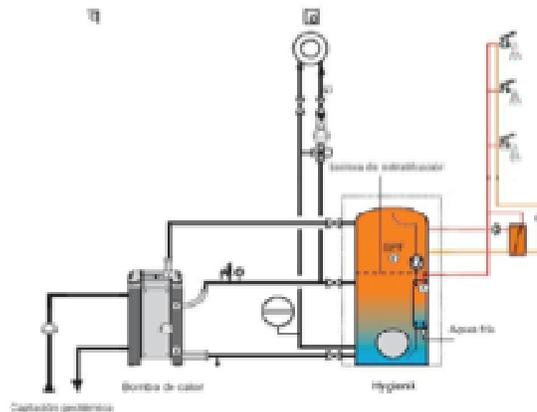


Figura 7. Esquema básico de sistema geotérmico de bomba de calor

3.2. VENTAJAS DE LAS BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS

Los sistemas de bombas de calor geotérmicas en comparación con los sistemas tradicionales, tienen las siguientes ventajas:

- Ahorro energético significativo
- 40-60% comparado con sistema de bomba de calor agua-agua o aire agua.
- 75% comparado con sistemas de radiadores eléctricos
- 60% comparado con sistemas de Gas Natural.
- 70% comparado con sistemas que usen otros combustibles.
- Maximizan la vida útil de la instalación.
- Reduce el coste de mantenimiento, operación y potencia contratada.
- Mayor fiabilidad y comodidad.

- Flexibilidad de ampliación o modificación cuando las necesidades del edificio cambian.
- Flexibilidad en la ubicación.
- Disminución de las emisiones de CO₂.
- Disminuyen el ruido.
- Elimina el riesgo de contagio por legionela.

3.3. TIPO DE INSTALACIONES GEOTÉRMICAS.

Existen diferentes configuraciones de intercambiadores enterrados acoplados a bombas de calor geotérmicas que se aplican dependiendo de las características concretas de cada proyecto.

La configuración de *intercambiador horizontal* permite una buena relación coste-prestaciones, su instalación es sencilla (1,5 m de profundidad), y se utiliza en edificios con disponibilidad de una superficie de terreno disponible.

Otra *configuración horizontal* es la denominada *Slinky* (tubería enrollada en forma de espiral) la cual permite intercambiar más energía en menos espacio, con material de relleno, y tiene una menor longitud de tubería.

La *configuración vertical*, recomendable cuando se tiene poca disponibilidad de espacio, pues minimiza el área afectada. Los pozos se suelen hacer típicamente de entre 50 y 150 m de profundidad.

La configuración en bucle abierto es la que tiene una relación coste eficiencia más alta, se utilizan en aquellas zonas donde existe agua subterránea y es la instalación más sencilla existente.

Por último cabe destacar la configuración de intercambiadores sumergidos. Esta opción es la aplicable en aquellos casos donde exista una masa de agua, ya sean pozos abiertos, lagos, etc. Es una de las opciones más eficientes.

3.4 BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA.

Las bombas de calor geotérmicas son de tipo agua-agua, con ciclo reversible de calentamiento y refrigeración. El diseño modular de las bombas proporciona a la aplicación flexibilidad, esto es, la instalación de las unidades se puede realizar individualmente o en cualquier combinación para alcanzar los requerimientos de carga exactos para el proyecto. Este aspecto facilita la realización de modificaciones o ampliaciones futuras de la instalación.

Las bombas de calor geotérmicas operan silenciosamente, la bomba de calor cuando opera en modo refrigeración, cuenta con una fracción del cambio refrigerante de la estación central de refrigeración, lo que le permite operar en un nivel de sonido reducido.

El sistema geotérmico se engloba dentro de los denominados sistemas cerrados de bucle vertical. Esta opción resulta más cara que la de bucle horizontal debido a la necesidad de excavar pozos en el terreno, pero necesita menos superficie disponible para su instalación.

Se ha optado por la perforación de 44 pozos en el terreno. Los pozos se conectan de modo que existe una distribución del flujo de agua equilibrada. El bucle vertical exige un intercambiador enterrado vertical. Las tuberías instaladas son el doble U, se han preferido frente a las tuberías coaxiales (concéntricas), por presentar menor coste del material, además de ser las de uso más frecuente en Europa.

Se han instalado dos bombas de calor geotérmicas modelo **WW420**, del fabricante FHP (Bosch Group). Las especificaciones técnicas se detallan a continuación:

- Capacidad de refrigeración: 328,300 W
- Capacidad de calentamiento: 470,000 W
- EER: 13.2
- COP: 4.4

La bomba de calor geotérmica es de alta eficiencia, además de reducir los costes de operación, permite reducir las emisiones de CO₂, principal causa del calentamiento global. El modelo seleccionado está especialmente preparado para aplicaciones geotérmicas. Además, cuenta con la certificación ISO 9001:2000.

La bomba de calor cuenta con control e interfaces de usuario para optimizar la unidad de operación con mayor flexibilidad, proporcionar más exactitud al control y a los modos de operación. Los controladores FHP y las opciones de interfaces proporcionan un nivel incrementado de confort en el centro comercial, además de fiabilidad y sencillez de operación.

Cada controlador tiene un rango programado de características de encendido en su microprocesador, con un rango desde 270-300 segundos previniendo el encendido simultáneo de múltiples unidades. Además, un temporizador cíclico anti-ruptura permite un retraso de 5 minutos en el temporizador de ruptura para evitar el corte de ciclo del compresor. Un conmutador de temporizador de by-pass de baja presión previene defectos por cierre durante el arranque de refrigeración. El retraso de un segundo, de la conmutación de alta presión proporciona estabilidad a la conmutación en el arranque para prevenir cierres indeseados.

Las temperaturas del agua pueden ser monitorizadas desde el ordenador de la central de control y desde el display indicativo de la unidad de fallo. El controlador de la bomba de calor agua-agua ofrece un control configurable para proporcionar enfriamiento solo, calentamiento solo, o autoconmutación sobre estrategias de control basadas sobre la aplicación de la unidad en el sistema. El reset inteligente automático de condiciones de fallo evita perjudiciales paradas.

Por otra parte, un compresor global de alta densidad se ha incorporado a la bomba de calor geotérmica. Éste contribuye a reducir los niveles de sonido hasta el 60%.

Como se ha mencionado anteriormente, las dos bombas de calor son de tipo agua-agua, y funcionan conectadas a los fan coils. Estas bombas ofrecen un resultado óptimo con suelo radiante en calefacción. La instalación interior es convencional.

La configuración implementada es la típica en Europa, se expone en la figura 8.

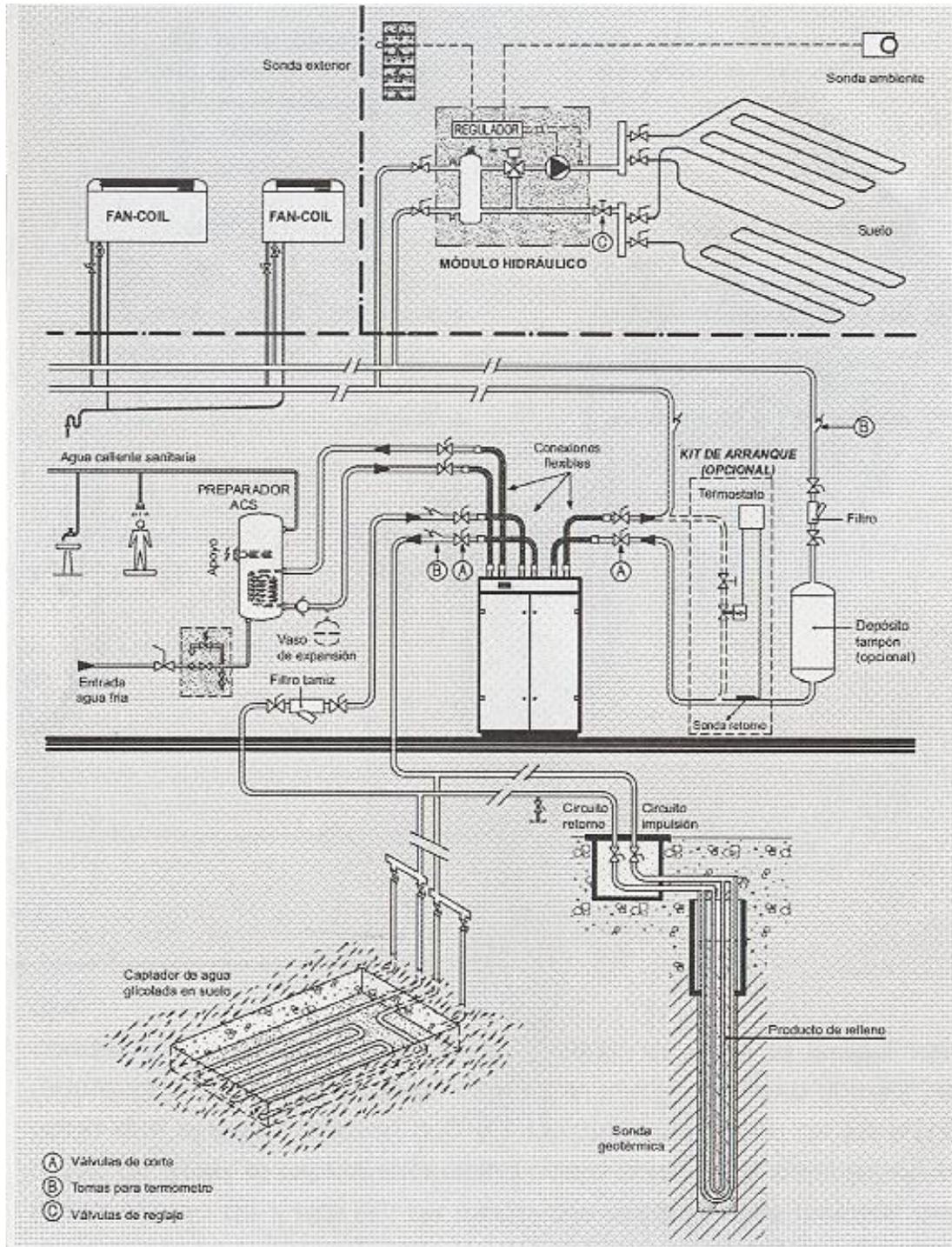


Figura 8: Instalación geotérmica.

3.4.1 Perforaciones.

En el esquema expuesto a continuación, se muestra en detalle un esquema de las perforaciones realizadas. Las conexiones de los intercambiadores están unidas mediante electrosoldaduras.

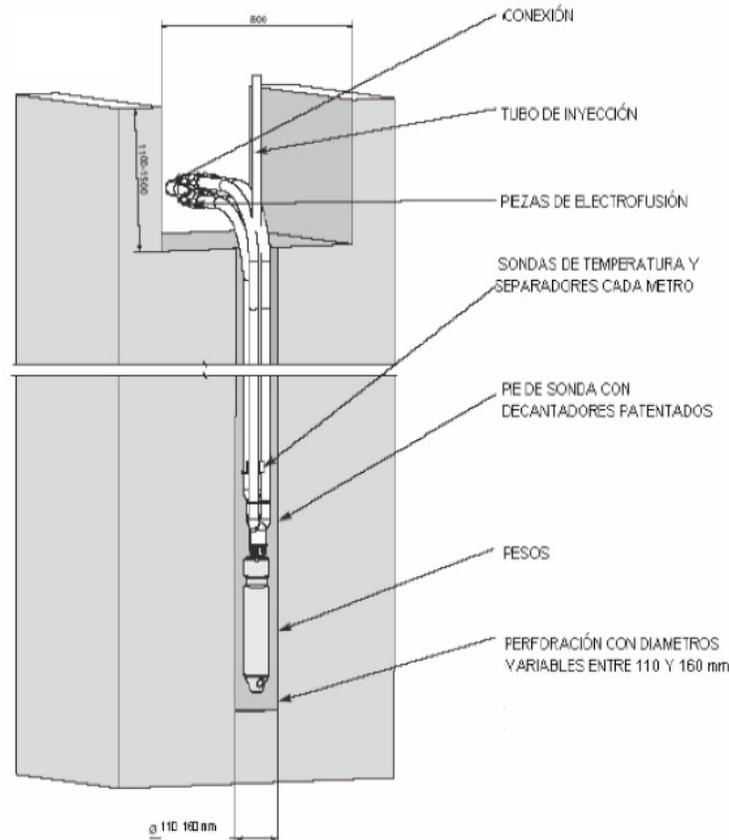


Figura 9: Esquema de perforaciones

El aprovechamiento energético realizado en el centro comercial se trata de un aprovechamiento geotérmico de baja entalpía. El tipo de instalación implantada se trata de una captación vertical, para la ejecución de varias perforaciones en las cuales se han introducido los captadores de energía. Se ha optado por la selección de captadores de 300 metros de longitud, y de 150 mm de diámetro; para optimizar el rendimiento de la instalación, porque la demanda térmica es muy elevada.

La captación vertical se ha preferido frente a la captación horizontal porque ocupan menos espacio y proporcionan gran estabilidad de temperaturas. Otra de las razones por la que se ha descartado la captación horizontal es porque se carece del espacio necesario para ejecución de las zanjas en las cuales se han de colocar los colectores de energía. En el centro comercial no se dispone de grandes superficies de terreno, además en las proximidades de los centros comerciales es frecuente la construcción de plataformas o la presencia de soleras, que hacen inapropiado este espacio para la realización de las perforaciones.

El desarrollo del proyecto consta de las siguientes fases:

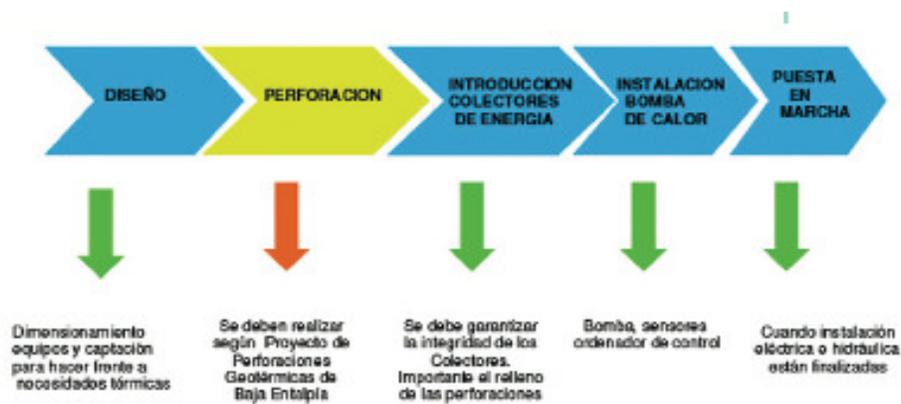


Figura 10: Fases del proyecto

La fase de perforación condiciona el éxito de la instalación. La profundidad de perforación elegida para la colocación de la sonda, es 300 metros, y los diámetros de los colectores geotérmicos, son 150 mm. La profundidad de perforación se ha elegido en base a la capacidad de refrigeración de la bomba de calor y la capacidad extraíble del terreno. La ubicación del centro comercial no se caracteriza por un excesivo recurso geotérmico disponible, el cual se ha tratado de maximizar yendo a profundidades de 300 m y rechazando la realización de perforaciones más superficiales de unos 80 m, que también hubiera sido viable realizar.

En lo referente a los equipos y sistemas de perforación, se ha empleado una máquina específica para las profundidades de perforación, esta máquina se muestra en la figura 11. La disponibilidad de estas máquinas es crítica debido a la escasez de máquinas de éstas características en el mercado.

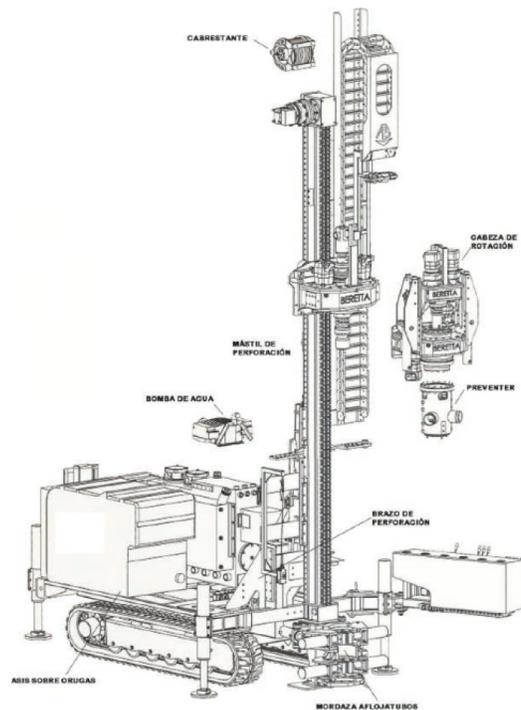


Figura 11: Máquina de perforación.

La perforación se ha realizado con equipos específicos en su diseño y construcción, para aplicaciones en perforaciones de geotermia. Por lo tanto, se ha rehusado la utilización de los equipos convencionales de perforación con martillo en fondo utilizados para captación de aguas.

Los equipos empleados, en su composición van dotados de los siguientes elementos principales:

- Chasis autopropulsado sobre orugas con energía diesel hidráulica. Las orugas pueden dotar de un sistema de zapatas de goma, lo que ha facilitado el acceso a lugares protegidos, como los jardines situados en las proximidades del centro comercial.
- Conjunto brazo y mástil de perforación equipado con diversos cilindros que permiten el posicionamiento del mismo con diferentes orientaciones y ángulos. También incorpora cabrestante.
- Cabezal de rotación, doble para perforación con martillo en fondo y para sistema de entubado. También se puede equipar esta máquina de martillo en cabeza para perforación y entubado, o sistema SDS(sistema de Perforación Simultánea: martillo en fondo para la perforación y martillo en cabeza para el entubado).
- Mordazas aflojatubos que facilitan la operación de manipulación de las tuberías así como la extracción de la tubería de revestimiento. Pueden ser tipo doble o triple.
- Sistema de evacuación del detritus de perforación tipo Preventer.

El equipo empleado para la perforación es el T 151S: Este equipo permite elevadas capacidades, de 10.500 kg de peso (es la versión potenciada de la T 151) alcanza 200-300 m de profundidad. La contratación de este equipo es dificultosa, debido a su escasa disponibilidad, puesto que sólo existen 3 equipos en Italia y uno en Inglaterra.

A continuación, se expone una tabla con las características técnicas del modelo.

GAMA EQUIPOS BERETTA PARA PERFORACION APLICACIONES GEOTERMIA							
CARACTERISTICAS TECNICAS		MODELOS					
		T47 GEO	T 57 GEO	T 151	T 151S	T 152	T 159-M1
PESO	Kg	7.500	9.500	9.200	10.500	15.000	17.500
POTENCIA	Hp	112	145	133	176	176	176
1º CABEZAL							
PAR MAXIMO	daNm	670	890	936	936	900	936
VELOCIDAD MAXIMA	rpm	100	90	82	82	90	82
MARCHAS	nº	2	2	2	2	2	2
2º CABEZAL							
PAR MAXIMO	daNm	1.400	2.500	2.200	2.200	2.088	2.200
VELOCIDAD MAXIMA	rpm	65	70	100	100	100	100
MARCHAS	nº	2	3	3	3	3	3
FUERZA DE TIRO	kN	65	90-130	90	160-200	160-200	160-200
MORDAZA	Ømm	50-324	50-324	50-324	50-324	50-324	50-324
OPCIONALES							
Lubricador de líneas, bomba de agua, bomba de agua espuma, bomba de lodos, martillo en cabeza, sistema Preventer, diferentes cabezas de rotación, diversas mordazas hidráulicas, cabrestante, grúa etc.							

Figura 12: Tabla de características técnicas de la máquina de perforación.

La implantación de dos bombas de calor geotérmicas se ha realizado tras un análisis de rentabilidad..

En el análisis se han tenido en cuenta los incentivos por ahorro energético. Los proyectos de geotermia, dado que se trata de una energía renovable, pueden disfrutar de subvenciones de hasta el 40% del coste atribuible al carácter renovable.

3.5 DIMENSIONADO DEL APORTE CON SISTEMA GEOTÉRMICO

Se ha realizado el dimensionado de la bomba de calor geotérmica para satisfacer con la misma, la demanda de ACS, la de suelo radiante y la de refrigeración. La aplicación ACS opera simultáneamente, o bien con la aplicación suelo radiante, o bien con la refrigeración. Dado que la demanda de refrigeración es superior que la de suelo radiante, se dimensiona la bomba de calor geotérmica para abastecer la demanda de refrigeración junto con la de ACS.

Se ha incorporado en el proyecto una bomba de configuración vertical, para así minimizar las áreas afectadas y facilitar la obra civil de la instalación.

La instalación se ha diseñado con dos bombas de calor geotérmicas modelo WW 420 del grupo Bosch, cuyo COP es 4,4; en función de las cuales se ha evaluado el estudio geotérmico económicamente.

El mes más demandante de ACS es diciembre, 6.130 kW, el aporte solar es 2.065 kW, pero la bomba de calor debe suministrar el total de la potencia requerida, sin contar con el aporte solar, es decir, 6.130 kW. El centro comercial opera 23 días al mes, en consecuencia la potencia que debe suministrar la bomba de calor geotérmica es de 19 kW.

Las condiciones ambientales en el interior del centro comercial deben satisfacer un factor de confort de 190 kcal/ hm², en consecuencia la potencia de refrigeración es 550 kW. A esta potencia de refrigeración se le ha de descontar la potencia aportada por la máquina de absorción 64 kW. Sin embargo debe añadirse a este cálculo el margen o gap más elevado entre el aporte solar a la máquina de absorción y la demanda de la misma. El mes de septiembre es el mes el cual se cubre menor proporción con la máquina de absorción. La potencia que falta por suministrar ese mes es 19,99 kW.

Potencia de refrigeración a cubrir por la bomba de calor:

$$550 \text{ kW} - 64 \text{ kW} + 19,99 \text{ kW} = \mathbf{505,99 \text{ kW}}$$

La bomba de calor se dimensiona, en base a las consideraciones descritas, para satisfacer la demanda de ACS (19 kW) y de refrigeración (505,99 kW). Por lo tanto la bomba de calor debe proporcionar una potencia mínima de **525 kW**.

La decisión adoptada ha sido instalar dos bombas de calor geotérmicas, cada una **de 328,30 kW, modelo WW420, del fabricante Bosch**. En consecuencia, la instalación se ha diseñado ligeramente sobredimensionada, para poder hacer frente a posibles desviaciones sobre las previsiones.

Para determinar los metros de perforación a realizar se debe tener en cuenta que aproximadamente se obtienen 50 W por metro de perforación, por tanto como la potencia de las bombas de geotermia es de 656,60 kW, se obtienen los siguientes metros a perforar.

$$\mathbf{metros \ de \ perforación = 656.600W / 50 (W/m) = 13.132 \ m}$$

Se considera que se realizan perforaciones de 300 m, por tanto el número de perforaciones a realizar se determina de la siguiente manera:

$$N^{\circ} \text{ de perforaciones} = 13.132 \text{ m} / 300 \text{ m} = 44$$

Según la Guía VDI 4640, específicamente diseñada para las instalaciones de Alemania y Suiza, en las instalaciones de bucle vertical que suministran 2.400 h/año, implantadas en terreno clasificado como roca normal o terreno saturado (tipo de terreno sobre el que está situado el centro comercial) la potencia suministrada es de 50 W por metro de perforación.

El tipo de suelo es arcilloso saturado, propio de los sectores centrales de la Comunidad de Madrid. La conductividad del terreno es de 1,7 W/m K.

El COP de las bombas de calor seleccionadas es 4,4.

Para determinar la energía consumida para hacer funcionar el compresor se opera de la siguiente manera:

$$COP = \text{Energía útil} / \text{Energía consumida}$$

La aplicación cuenta con dos bombas de calor, ambas tienen que suministrar una potencia de 656,60 kW; luego la energía suministrada por las bombas es:

$$656,60 \text{ kW} * 14 \text{ h/d} = 9.192,40 \text{ kWh}$$

Se trata de dos bombas iguales, luego se supone que cada una de ellas suministra la mitad de la energía, es decir cada una de ellas suministra 4.596,20 kWh

$$\text{Energía consumida por la bomba de calor} = 4.596,20 \text{ kWh} / 4,4 = 1045 \text{ kWh}$$

La energía consumida por ambas bombas de calor asciende a 2090 kWh

A partir de dicha energía consumida se puede obtener el coste de esa energía puesto que el precio de la electricidad se puede considerar 0,1060 €/ kWh, con lo cual el coste obtenido es 221,54 €.

4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR.

De acuerdo con el dimensionamiento básico de la instalación se elige un esquema de principio correspondiente a un sistema de circulación forzada de usos combinados con un intercambiador de calor por cada aplicación (Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones de Energía Solar Térmica de Baja Temperatura).

De esta forma la figura 13 muestra un esquema representativo de la instalación. Las instalaciones están constituidas por un sistema de captación, sistema de acumulación, sistema de intercambio, circuito hidráulico, sistema eléctrico y de control y bomba de calor geotérmicas.

Los captadores recogen la radiación solar y la transmiten a un fluido calo portador (propilenglicol) que cede el calor en tres intercambiadores de placas, uno por cada aplicación. Se han seleccionado intercambiadores de placas y no se serpentín por su mayor modularidad y manejo. En los intercambiadores el fluido calo portador cede el calor al agua del circuito secundario, que queda almacenada en tanques cilíndricos como método de acumulación de energía.

Se distribuye en las aplicaciones; el ACS se lleva a otro acumulador de inercia donde se le aportará el restante calor que necesite para alcanzar los 45°C de uso. Por disposiciones del CTE debe existir este segundo acumulador al no poder aportar energía auxiliar en el acumulador solar. El agua del acumulador de apoyo va al circuito de distribución de ACS donde es mezclada con agua de red mediante una válvula mezcladora. Debe existir un grupo de bombeo de retorno para mantener a una temperatura dentro del circuito de distribución.

En caso del suelo radiante el circuito del agua se lleva a la bomba de calor geotérmica que da el punto de consigna de 50°C. A la salida del suelo radiante se mide la temperatura del mismo y en función de la misma se bypasea hasta la entrada del mismo con el fin de mantener una temperatura constante en el suelo. A su vez es necesario medir la temperatura de retorno al acumulador solar. En el caso que la temperatura del agua de retorno sea superior a la existente en el tanque, éste debe evitarse para no enfriar el agua del circuito y redirigir el agua a la bomba de calor geotérmica que llevará de nuevo el agua a 50°C. El suelo radiante posee gran inercia térmica por lo que se necesita un control riguroso para alcanzar el valor de confort de 20°C en el interior del centro comercial.

La climatización solar se realiza de forma parcial con la máquina de absorción y con la bomba de calor. Del acumulador solar a 90°C se alimenta la máquina de absorción que producirá frío hasta cubrir un porcentaje de la demanda punta (se ha visto que era el 11,3% aproximadamente). La máquina produce un agua fría a 7 °C que alimenta a los Fan-coils del centro comercial llevando la temperatura ambiente a 21°C. Como la demanda punta de refrigeración es muy superior al aporte solar, la bomba de calor geotérmica suministra el restante agua fría para los fancoils. Se instala un colector de agua para distribuir el agua fría por los diferentes fancoils.

La bomba de calor geotérmica, instalada en la sala de máquinas requiere de un circuito de pozos verticales por donde circula un segundo fluido calo portador (agua con anticongelante) para tomar la energía del suelo. El número de perforaciones y las condiciones técnicas de la máquina se describen más adelante.

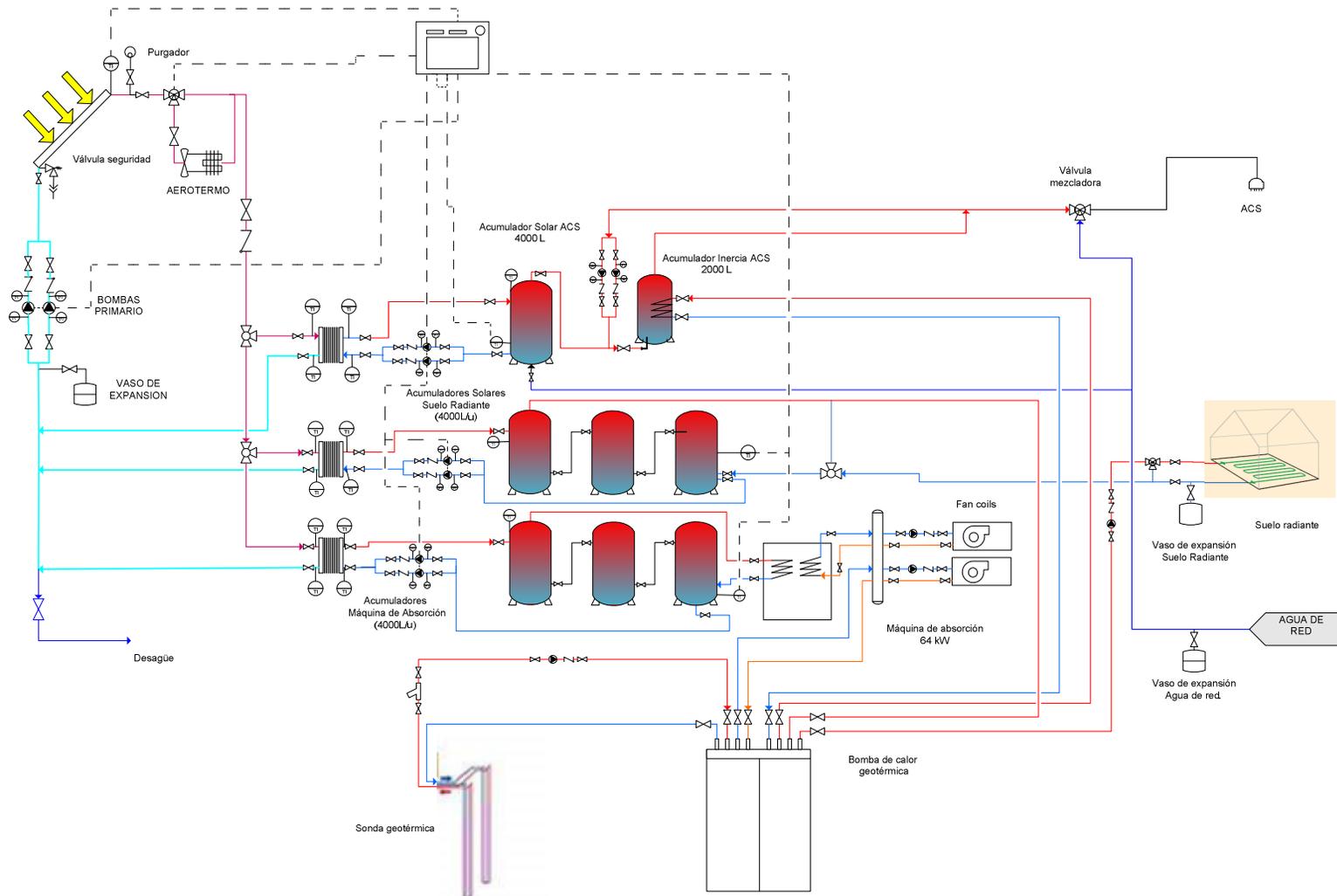


Figura 13: Esquema de la Instalación.

5. SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR

El captador solar es el elemento de captación solar más empleado. Su función es la de convertir la radiación solar en energía térmica. No posee ningún sistema de seguimiento solar sino que se monta de forma estacionaria con una inclinación que permita la máxima captación solar. Como las aplicaciones se emplean durante todo el año, la inclinación adecuada es la latitud, es por ello que los captadores están inclinados 40°.

Sus elementos constitutivos típicos son:

- **Cubierta transparente:** Constituye la parte superior y exterior del colector y, aunque se han ensayado otros materiales, normalmente se trata de vidrio. Su característica principal es su alta transmitancia a la radiación solar y su opacidad para la radiación térmica, provocando en el interior del captador el efecto invernadero.
- **Placa absorbente:** Se sitúa debajo de la cubierta dejando entre ambos elementos una cámara de aire. En este elemento se absorbe la energía solar y es el punto de más alta temperatura del colector. Típicamente es un metal con un tratamiento superficial que combine una alta absorción solar con una reducida emisión térmica.
- **Tuberías o conductos:** se sitúan con muy buen contacto térmico, notablemente soldados, a la placa absorbente. Es por su interior por donde circula el fluido calo portador.
- **Aislante:** Aísla térmicamente las tuberías del medio exterior. Está constituido de un material de baja conductividad térmica.

La figura 14 muestra un esquema de un captador solar.

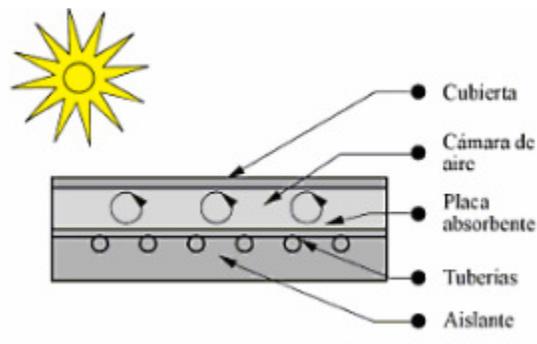


Figura 14: Esquema de un captador solar.

La selección del captador solar se basó en la necesidad de temperaturas de 90°C para la máquina de absorción. Para que las enfriadoras de absorción funcionen con el calor solar, deben usarse captadores planos de muy alta calidad (capa selectiva, aislamiento mejorado, alta seguridad de estancamiento). Las curvas de eficiencia típica de captadores se muestran en la figura 15 (eficiencia en estado estacionario para dos condiciones de radiación diferentes).

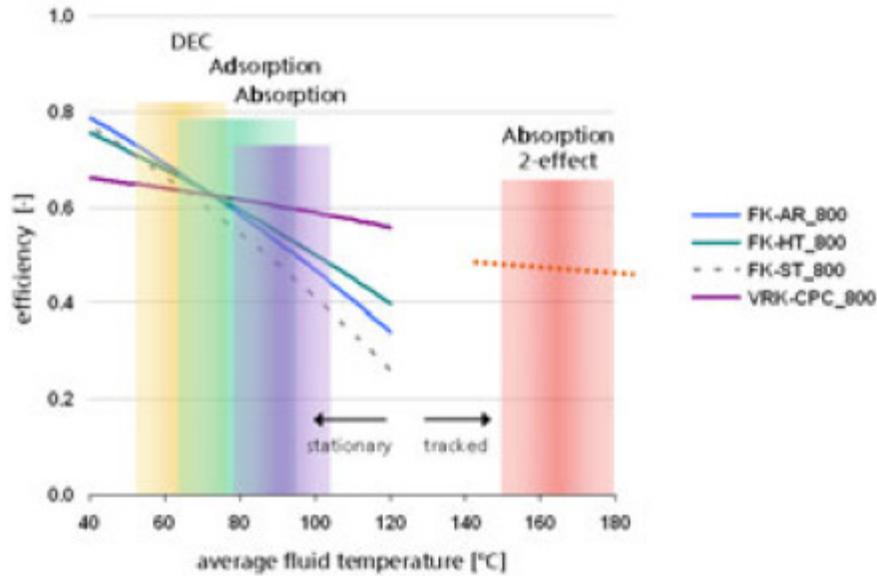


Figura 15: Temperatura del fluido y rendimiento del captador para diferentes tecnologías de refrigeración.

Es por ello que se seleccionó el captador solar FKT-1S por tener la curva de rendimiento lo más plana posible pues de esa manera el rendimiento global de la instalación no se vería tan afectado. Los paneles FKT-1S son captadores solares planos de alto rendimiento, con tratamiento altamente selectivo (PVD), aptos para montaje en vertical. Estos captadores permiten realizar conexiones en paralelo de hasta 10 captadores.

Las especificaciones técnicas de los paneles seleccionados se detallan a continuación:

- Uniones metálicas flexibles de fácil conexión y gran durabilidad.
- Aislamiento de lana mineral de 55 mm de espesor.
- Estructura en forma de caja realizada en fibra de vidrio.
- Superficie de apertura: 2.25 metros cuadrados

6. CIRCUITO PRIMARIO

El sistema de captación se situará en las terrazas Este y Oeste del edificio y contará con 208 paneles FKT-1S distribuidos en 13 filas de 8 captadores por fila en cada terraza.

El circuito primario es el encargado de transmitir el calor recogido en los captadores al circuito secundario de las aplicaciones. Es un circuito equilibrado que se distribuye por todo el campo de captadores. Consta de válvulas de equilibrado para distribuir homogéneamente el caudal del fluido calor portador.

El circuito primario trabajará a una presión nominal de 1,5 bar y se dimensionará las instalaciones para una presión máxima de 10 bar, presión de tarado de la válvula de seguridad. Los materiales empleados deben estar diseñados para aguantar la presión máxima de trabajo y cumplir las especificaciones de la ISO/TR 10217.

6.1 UBICACIÓN DE LOS CAPTADORES.

Los captadores se han dispuesto teniendo en consideración que la distancia, medida sobre la horizontal, entre una fila de captadores y un obstáculo que pueda producir sombras sobre la instalación debe garantizar un mínimo de cuatro horas en torno al mediodía del solsticio de invierno.

6.2 ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN.

Los captadores están orientados hacia el sur ligeramente girados hacia el oeste (azimut 35°), esta orientación, no siendo la óptima es la única viable en el edificio. Las pérdidas por inclinación y orientación anteriormente descrita asciende a 4,3 %, dentro de los límites del CTE.

La inclinación será de 40° para obtener el mayor aprovechamiento anual de la energía solar disponible.

6.3 IMPLANTACIÓN DE LOS CAPTADORES

Los captadores se encuentran distribuidos a lo largo de dos terrazas de 12 m por 63 m, una situada en el bloque este y la otra situada en el bloque oeste.

Los captadores se instalarán sobre estructuras de acero galvanizado, suministradas por el propio fabricante de los captadores solares, con una inclinación de 40° respecto a la horizontal. La tornillería necesaria para sujeción de los captadores a la estructura será acero inoxidable. La fijación de las estructuras metálicas se hará con bancadas de hormigón.

6.4 SEPARACIÓN ENTRE FILAS

Es preciso calcular la separación de los módulos en la cubierta para que la pérdida por sombras entre ellos sea la menor posible. En primer lugar se calcula la distancia necesaria existente entre cada uno de los módulos. Se establece un objetivo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno libres de sombra ($-2 < \omega < 2$). La longitud de la sombra se calcula según la figura 16.

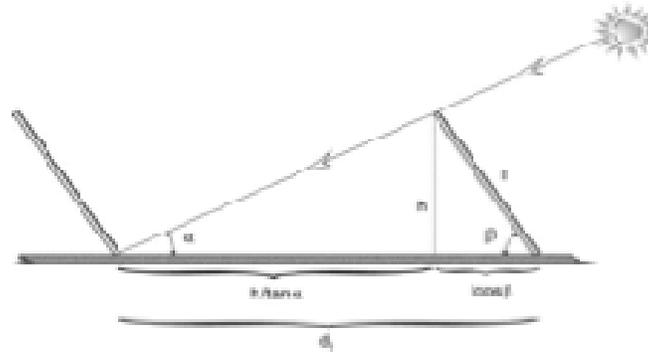


Figura 16: Separación entre filas de captadores.

La distancia mínima entre filas de captadores (d), se ha establecido de acuerdo a lo exigido en el RITE siendo la altura del captador (h):

$$d = k * h$$

Siendo el coeficiente $k=1,87$, coeficiente asociado a una inclinación de 40° .

$$h = \text{sen } \beta * L$$

Las dimensiones del panel son $1.145\text{mm} * 2070 \text{ mm} * 90 \text{ mm}$; adoptando una longitud de 2m.

$$h = 2 * \text{sen } 40^\circ = 1,286$$

$$d = K * h = 1,87 * 1,286 = 2,4 \text{ m}$$

Finalmente la distancia entre filas se modificó a los parámetros recomendados por el fabricante (véase figura 17)

Ángulo de inclinación del captador	Espacio libre x	
	Instalación vertical	Instalación horizontal
25°	2,28 m	1,26 m
30°	2,70 m	1,49 m
35°	3,09 m	1,71 m
40°	3,47 m	1,92 m
45°	3,81 m	2,11 m
50°	4,13 m	2,28 m
55°	4,42 m	2,44 m
60°	4,67 m	2,58 m

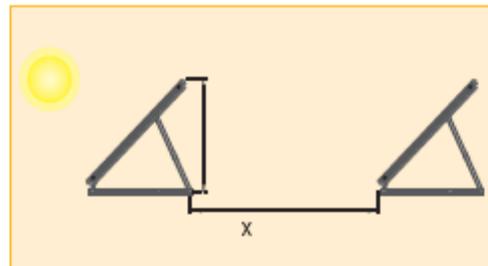


Figura 17: Distancias comerciales entre filas de captadores.

Así pues la distancia entre filas asciende a 3,47 metros, asegurándonos que cumple las condiciones impuestas por el RITE.

6.5 CONEXIÓN DE LOS CAPTADORES.

El conexionado de los captadores es de tipo mixto (véase figura 18), es decir seri-paralelo. Con este sistema se asegura un sistema equilibrado. Conseguir un funcionamiento óptimo de la instalación implica regular el caudal para que por cada batería circule la misma cantidad de fluido calo portador con la mínima pérdida de carga posible.

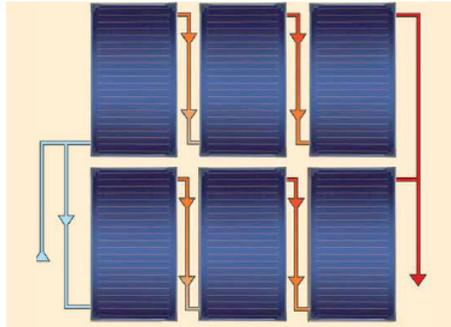


Figura 18: Conexionado de los captadores.

El trazado de tuberías del campo de captadores se ha realizado por retorno invertido. Además cada batería de captadores consta de dos válvulas de corte (entrada y salida), una válvula de seguridad, un purgador (para permitir la salida del aire de los captadores) y una válvula de corte para el purgador.

Asimismo se debe prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador y en asegurar que el circuito hidráulico de conexión entre los diferentes grupos esté equilibrado, es decir, que no existan recorridos preferentes que puedan originar que algunos grupos de captadores no reciban el caudal suficiente del fluido calo portador para su correcto funcionamiento.

Las canalizaciones de agua caliente retornan a la sala de máquinas. Las canalizaciones que distribuyen el agua fría a la instalación nacen de la sala de máquinas.

6.6 FLUIDO CALOPORTADOR.

El fluido de trabajo del circuito primario seleccionado es Propilenglicol (30%), se ha preferido este fluido frente al etilenglicol porque no es tóxico, al contrario que éste último. El propilenglicol es utilizado como refrigerante y anticongelante. El propilenglicol es considerado seguro incluso para uso en la alimentación. El propilenglicol es miscible con el agua, e incrementa su acidez.

6.7 CAUDAL DEL CIRCUITO PRIMARIO.

El dimensionamiento de los componentes del circuito primario se lleva a cabo para un caudal unitario de 50 L/h m² de captador. De esta forma el caudal total del circuito primario es:

$$Q_{v_{primario}} = 208 \text{ captadores} \cdot 50 \frac{\text{L}}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \cdot 2,25 \frac{\text{m}^2}{\text{captador}} = 23.400 \text{ L/h} \Leftrightarrow 23,4 \text{ m}^3 / \text{h}$$

El caudal del circuito secundario se ha dimensionado de igual manera con el caudal unitario de 50 L/h m² de captador.

6.8 DIMENSIONADO DE TUBERÍAS

Las canalizaciones del fluido calo portador se han llevado a cabo mediante tuberías de cobre. Con objeto de evitar pérdidas caloríficas se ha realizado un sistema lo más equilibrado posible, de tal forma que la longitud de las tuberías calientes será lo más corta posible, evitando el mayor número de pérdidas de cargas adicionales (codos, accesorios,...).

El cobre es un buen conductor térmico y tiene una alta resistencia a la corrosión, es por ello que es empleado en muchas aplicaciones de calefacción. Con la utilización del cobre se intenta minimizar también la aparición de depósitos de cal, que reducirían drásticamente el rendimiento del sistema. Además, el cobre presenta un acabado interior liso que reduce la rugosidad de la tubería y con ello las pérdidas de carga. Por el contrario su precio respecto a otros materiales es más elevado, pero compensa su uso por su gran manejabilidad.

El aislamiento de las tuberías se lleva a cabo con espuma elastomérica, con los espesores marcados en la normativa vigente. Para proteger el aislante de las condiciones externas se utiliza pintura plástica.

Se ha diseñado un circuito de tuberías del primario que obedece a las recomendaciones del CTE, no superar unas pérdidas de presión de 40 mm.c.a. por metro lineal en ningún tramo de tubería ni tampoco la velocidad de 2 m/s. Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y uniones por capilaridad (UNE 37153). Las pérdidas térmicas globales del conjunto de conducciones no superarán el 4% de la potencia máxima que transporten. Como última consideración el sistema de tuberías está diseñado para el vaciado parcial y total del mismo, con una válvula de desagüe en el punto de la instalación más bajo. La figura 19 muestra la distribución de tuberías por las dos terrazas del centro comercial, así como su código y su estado térmico (caliente-rojo, frío-azul).

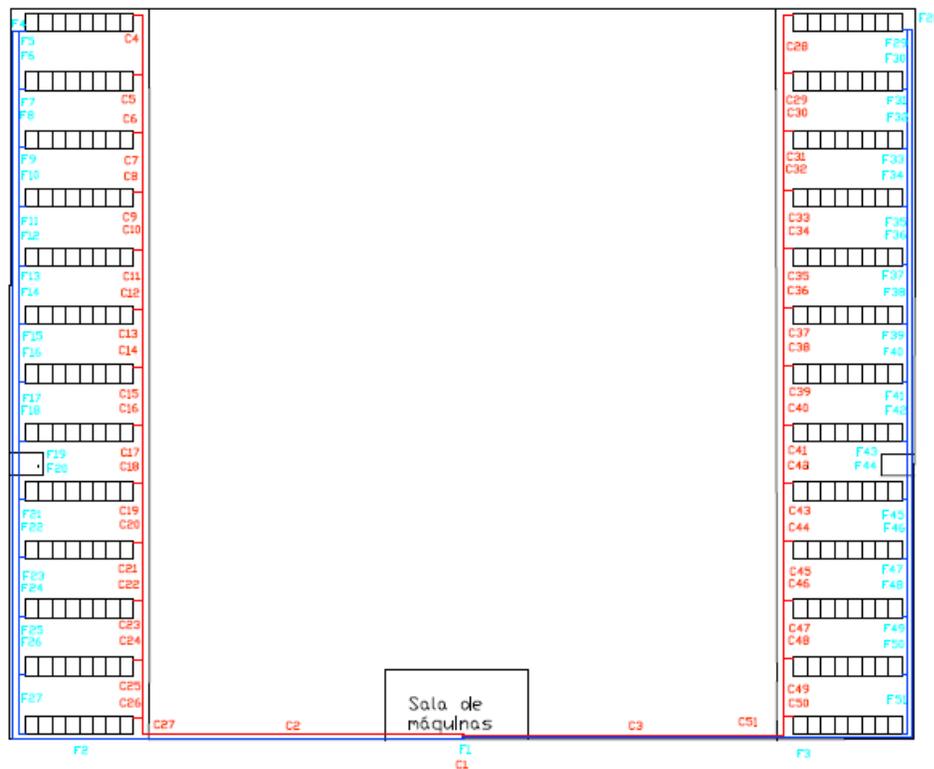


Figura 19: Circuito primario de tuberías.

Se ha de tener en cuenta que el fluido que circula no es agua, sino propilenglicol al 30% y que existen accesorios tales como codos, válvulas, filtros, reductores, etc. Por tanto, las pérdidas energéticas deben multiplicarse por un factor de 1,3.

A continuación en la tabla 20 se exponen los diámetros y espesores de las diferentes tuberías de cobre empleadas:

Tabla 20: Diámetros de tuberías de cobre.

Diámetro exterior (mm)	Espesor(mm)	Diámetro Interior(mm)
18	1	16
22	1	20
28	1	26
35	1	33
42	1	40
54	1,5	51
64	1,5	61
76	1,5	73

Las pérdidas de presión en tuberías son debidas al rozamiento del fluido con las paredes. Se calculan en función de de la rugosidad del tubo, la velocidad de circulación del fluido y la longitud de la misma. La fórmula de pérdidas de carga en tuberías se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$h_c(m.c.a.) = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot D \cdot g}$$

Donde:

hc= pérdida de carga en m.c.a. en la tubería.

f= factor de fricción.

L= longitud de la tubería

D=Diámetro interior de la tubería

v=velocidad del fluido

g= aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

Para el cálculo del factor de fricción se acude al gráfico de Moody (véase figura 20) a través del cálculo del número de Reynolds y la rugosidad relativa (rugosidad absoluta/D). El número de Reynolds es:

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu}$$

Donde:

ρ =Densidad del fluido caloportador (1012,2 kg/m³)

μ =Viscosidad del fluido caloportador (1,52·10⁻³ Pa·s)

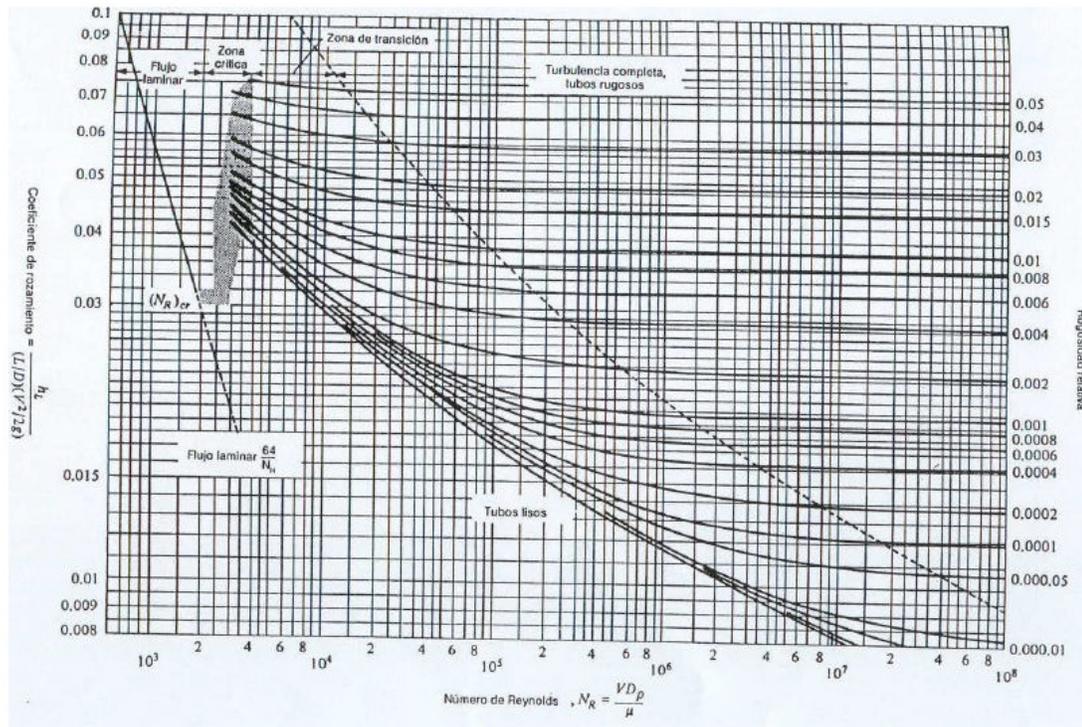


Figura 20: Gráfico de Moody.

Con todo lo comentado anteriormente se diseñan las tuberías y se exponen sus resultados en la tabla 21.

Tabla 21: Resultados del dimensionamiento de las tuberías.

Datos de entrada				Datos de salida			
Tramo nº	Longitud [m]	Colectores por tramo	Caudal [l/h]	Velocidad [m/s]	D exterior [mm]	Pérdida de carga [mm.c.a.]	
						por metro	por tramo
Líquido frío							
1	40	208	23 400	1,55	76	28,45	1 138
2-3	100,48	104	11 700	1,11	64	19,38	1 947
4, 6, 8, 10, 12, 14 16, 18, 20, 22, 24 26, 27, 28, 30,32 34, 36, 38, 40, 42 44, 46, 48,50 y 51	0,51	8	900	0,47	28	12,08	6
27	5,56	8	900	0,47	28	12,08	67
5-29	5,05	96	10 800	1,47	54	39,66	200
7-31	5,05	88	9 900	1,35	54	33,93	171
9-33	5,05	80	9 000	1,22	54	28,60	144
11-35	5,05	72	8 100	1,10	54	23,68	120
13-37	5,05	64	7 200	0,98	54	19,18	97
15-39	5,05	56	6 300	0,86	54	15,12	76
17-41	5,05	48	5 400	1,19	42	36,77	186
19-43	5,05	40	4 500	0,99	42	26,56	134
21-45	5,05	32	3 600	0,80	42	17,86	90
23-47	5,05	24	2 700	0,88	35	26,88	136
25-49	5,05	16	1 800	0,58	35	13,12	66
Líquido caliente							
1	18	208	23 400	1,55	76	28,45	512
2-3	29,01	104	11 700	1,11	64	19,38	562
4	7,18	8	900	0,47	28	12,08	87
5, 7, 9, 11 13, 15, 17, 19, 21 23, 25, 27, 29, 31 33, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49, 51	2,13	8	900	0,47	28	12,08	26
6-30	5,05	16	1 800	0,58	35	13,12	66
8-32	5,05	24	2 700	0,88	35	26,88	136
10-34	5,05	32	3 600	0,80	42	17,86	90
12-36	5,05	40	4 500	0,99	42	26,56	134
14-38	5,05	48	5 400	1,19	42	36,77	186
16-40	5,05	56	6 300	0,86	54	15,12	76
18-42	5,05	64	7 200	0,98	54	19,18	97
20-44	5,05	72	8 100	1,10	54	23,68	120
22-46	5,05	80	9 000	1,22	54	28,60	144
24-48	5,05	88	9 900	1,35	54	33,93	171
26-50	5,05	96	10 800	1,47	54	39,66	200

Como se puede observar el número de tramos es elevado así como el caudal de fluido que se transporta, la siguiente tabla resume las longitudes y volúmenes totales de la instalación.

Tabla 22: Resumen del dimensionado de tuberías.

Tuberías		
Diámetro exterior [mm.]	Longitud [m.]	Volumen [l]
18	0,00	0,00
22	0,00	0,00
28	88,84	47,17
35	40,40	34,55
42	60,60	76,15
54	121,20	247,59
64	258,66	755,93
76	58,00	242,75
Longitud total (m)	627,70	
Volumen total tuberías [l]		1404,14

6.9 INTERCAMBIADORES.

Los Intercambiadores de calor son los encargados de ceder el calor solar al agua de las diferentes aplicaciones. Por motivos de higiene pública se debe separar el fluido calo portador del agua de consumo. Este hecho tan necesario reduce la eficiencia de la instalación, al intercalar un nuevo elemento como es un intercambiador de calor

Se ha seleccionado tres intercambiadores de placas planas en vez de intercambiadores de serpentín por su mayor manejabilidad a la hora del mantenimiento y limpieza. Además el uso de intercambiadores externos a los acumuladores es recomendable en instalaciones con más de 50 m² de captadores y cuando los acumuladores tienen capacidades superiores a los 2000 L. Los intercambiadores externos permiten diseñar la instalación para la potencia de intercambio óptima al poderse modular en función del caudal de paso y las placas existentes.

Los intercambiadores de placas permiten en pequeñas dimensiones intercambiar grandes cantidades de calor. Consisten en una sucesión de placas por donde circula alternativamente el fluido caliente y frío. Las placas presentan una serie de estrías o corrugaciones que permiten aumentar la superficie de intercambio de calor y provocar la turbulencia del flujo, con lo cual aumenta la eficacia del intercambio. La figura X muestra un intercambiador de placas modulable.



Figura 21: Modelo de Intercambiador de Placas.

El diseño de los intercambiadores se han tenido en cuenta las especificaciones del CTE, según la cual, la potencia mínima debe cumplir ser mayor o igual a 500 W por metro cuadrado de captador. Si se tienen 208 captadores de 2,25 m² cada uno la potencia mínima de los intercambiadores de placas debía ser de:

$$P \geq 500 \cdot 2,25 \cdot 208 = 234.000 \text{ W} \Leftrightarrow 234 \text{ kW}$$

Para el diseño de los intercambiadores se ha acudido a la aplicación comercial de DANFOSS, en la cual se realiza una primera simulación con los datos conocidos de caudal (primario y secundario), así como las temperaturas que se conozcan. En el caso que nos ocupa son las temperaturas de las tres aplicaciones, 45°C (ACS), 50°C para el Suelo Radiante y 90°C para la máquina de absorción. Se van simulando y variando las magnitudes de tal forma que la pérdida de carga no supere los 3 m.c.a.

Los resultados de los intercambiadores se exponen en la Tabla 23, y en los Anexos del proyecto se adjuntan las tablas de las dimensiones exactas de los mismos.

Tabla 23: Intercambiadores de placas planas.

Intercambiador	Potencia (kW)	Modelo	Pérdida de carga en lado caliente (m.c.a.)	Pérdida de carga en lado frío (m.c.a.)
Agua Caliente Sanitaria	675,1	XB 70H-1 80	2,97	1,76
Suelo Radiante	689	XB 70H-1 80	2,91	1,73
Refrigeración Solar	948,9	XB 70H-1 80	2,56	1,60

6.10 PERDIDAS DE CARGA

Las pérdidas de carga del circuito primario son el resultado de sumar las pérdidas individuales de los elementos de la instalación, tuberías, accesorios, captadores e intercambiadores.

La pérdida de carga en tuberías se expuso en la tabla 21, sin embargo es necesario simular diferentes caminos del fluido para observar el más desfavorable, es decir aquel que presenta mayores pérdidas de carga. Tras diferentes simulaciones se obtuvo que el camino más desfavorable era el siguiente:

Líneas frías: 1, 2, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27

Líneas calientes: 1, 2 y 27.

La pérdida de este circuito cerrado es de 5,7 m.c.a., que mayoradas un 30% por los accesorios y por ser un fluido viscoso hacen un total de **7,41** m.c.a.

Las pérdidas en los colectores son importantes al tener captadores de doble serpentín. Para calcularlas se emplea la figura 22, donde se introduce el caudal de líquido que entra en una bancada de 8 captadores FKT-1S y se lee la pérdida de presión en ordenadas de la bancada de 8 captadores (curva numero 8).

La pérdida de la bancada es de **2,24** m.c.a.

Por último la pérdida de carga en los intercambiadores se debe calcular sumando las pérdidas del intercambiador de ACS y de aquella aplicación (refrigeración o suelo radiante) que presente mayores pérdidas, ya que se entiende que estas últimas aplicaciones no van a coincidir en el tiempo, por ello sólo debe considerarse la pérdida de una de ellas. Como se observa en la tabla X es mayor la de suelo radiante, 2,91 m.c.a.

$$Pérdidas\ totales = H_{tuberías} + H_{intercambiadores} + H_{captadores} = 7,41 + 2,24 + (2,97 + 2,91) = 15,53\ m.c.a.$$

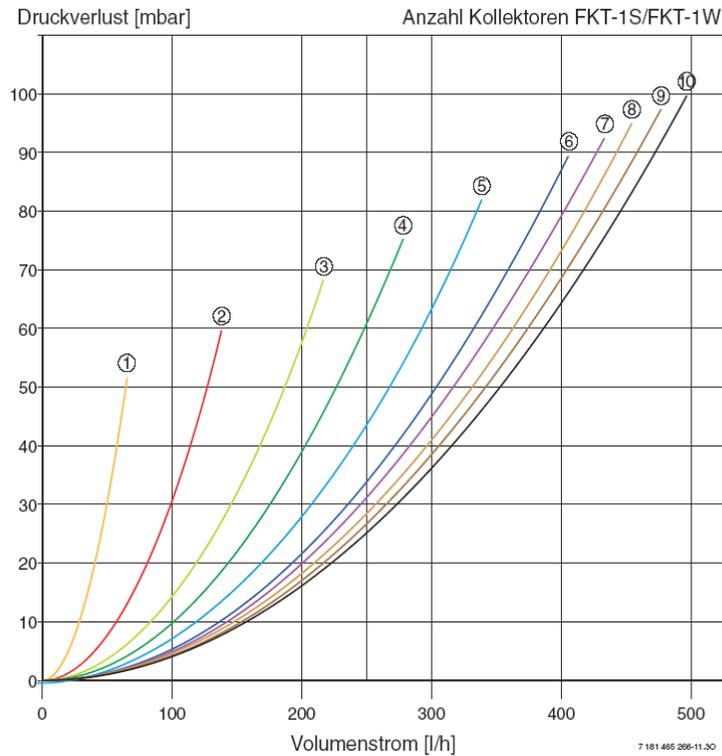


Figura 22: Pérdida de carga en bancadas de captadores.

6.11 VASO DE EXPANSIÓN

El vaso de expansión tiene que absorber todas las dilataciones del fluido calo portador provocado por el aumento de temperatura en el sistema y así evitar que se incremente la presión en el mismo. Conforme va aumentando el volumen del fluido, el vaso se va llenando expandiéndose como sea necesario sin nunca sobrepasar el valor máximo calculado.

A continuación se muestran los volúmenes de cada uno de los elementos del circuito primario y el total en litros.

Tabla 24: Resumen de volúmenes del circuito primario.

Volúmenes fluido calo portador circuito primario	
Tuberías	1404,14
Captadores	297,44
Bombas	380,00
Intercambiadores de calor	64,35
Total en litros	2145,93

Para dimensionar el volumen del vaso de expansión, se utilizó la siguiente fórmula:

$$V = \frac{P_f}{P_f - P_i} \times \epsilon \times V_i$$

Donde:

V_i es el volumen del contenido en agua del circuito.

ϵ el incremento de volumen dependiente de la temperatura media.

P_f la presión absoluta de tarado de la válvula de seguridad.

P_i la presión absoluta a la temperatura de llenado en frío.

A continuación se muestran los datos aplicados a la fórmula para obtener el volumen necesario del vaso de expansión.

Tabla 25: Vaso de expansión.	
Datos para cálculo vaso de expansión	
Presión absoluta válvula de seguridad	6,00
Presión absoluta temp. llenado en frío	2,40
Factor incremento de volumen por temperatura	0,0324
Volumen total circuito	2145,93
Volumen vaso de expansión en litros	92,70

Se obtiene un valor de 92,70 litros, por lo que se opta por utilizar un vaso de 100 litros. Se utilizó el factor $\epsilon = 0,0324$ debido a que puede ocurrir una diferencia máxima de temperatura de 90 grados Celsius en el sistema, cuya cambio de presión tiene que ser absorbido por el vaso.

El vaso de expansión a utilizar es de Industrias Ibaiondo modelo 100 SMR-P con las siguientes especificaciones:

Tabla 26: Especificaciones del vaso de expansión.

Modelo	Capacidad	Presión Máxima	Dimensiones	Conexión
100 SMR-P	100 L	10 Bar	480x850mm	1"

Se le pondrá una válvula de corte por si hubiera que darle mantenimiento al vaso de expansión, pero se le quitará la manecilla para que no pueda ser cerrada accidentalmente.

6.12 BOMBA DE CIRCULACIÓN DEL PRIMARIO

La bomba de circulación del circuito primario es la encargada de mover el fluido calo portador por el circuito primario. Las bombas más adecuadas para instalaciones solares son las bombas centrífugas en línea, por tanto son éstas las seleccionadas.

La presión de la bomba debe compensar todas las pérdidas de presión del circuito, sin contar con la altura de la instalación, que no se debe contabilizar al ser un circuito cerrado. Así pues la bomba se seleccionará de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante. De acuerdo con el CTE las instalaciones de más de 50 m² de captación deben tener una instalación compuesta por dos bombas en paralelo de tal forma que se alterne su funcionamiento y alargarse. Los materiales de la bomba deben soportar la corrosión y ser resistentes a la presión máxima del sistema (10 bar).

Para dimensionar la bomba se acude a la aplicación online de la marca comercial Grundfoss S.A. Se deben aportar los datos de caudal volumétrico del primario y pérdida de carga total y la aplicación selecciona la bomba adecuada.

$$Q_v = 23,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 15,53 \text{ m.c.a.}$$

Como se puede observar la pérdida de carga es considerable y el volumen de fluido es bastante elevado, por ello se acude a bombas de circulación de instalaciones industriales. La figura 23 muestra la curva característica de la bomba, y se puede comprobar que el punto de trabajo cae dentro de la curva de funcionamiento.

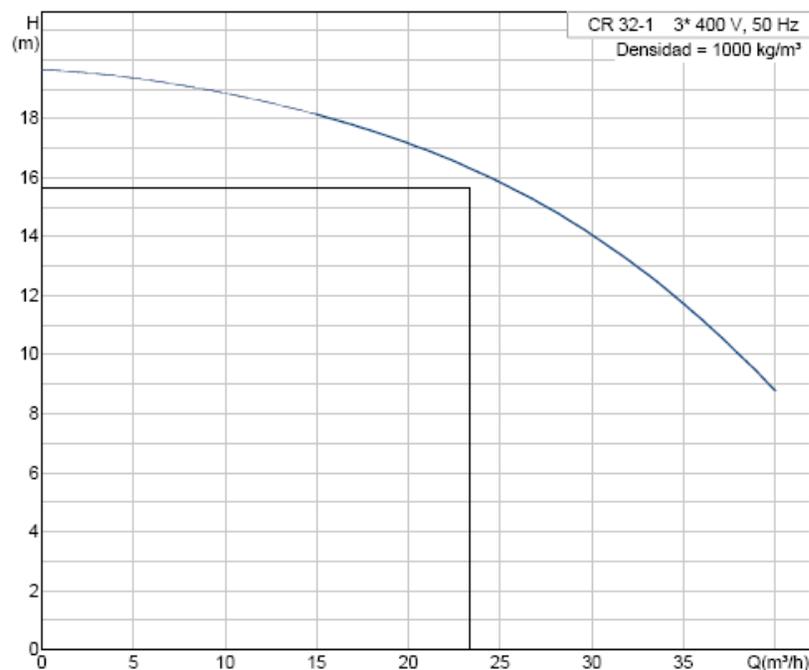


Figura 23: Curva de rendimiento de la bomba del primario.

La bomba seleccionada es una bomba centrífuga vertical en línea y multicelular. El modelo comercial es CR-32-1 A y cuenta con un motor trifásico. La potencia nominal es de 2,2 kW pero varía en función del caudal aportado. La figura 24 muestra la gráfica de caudales y potencias de funcionamiento.

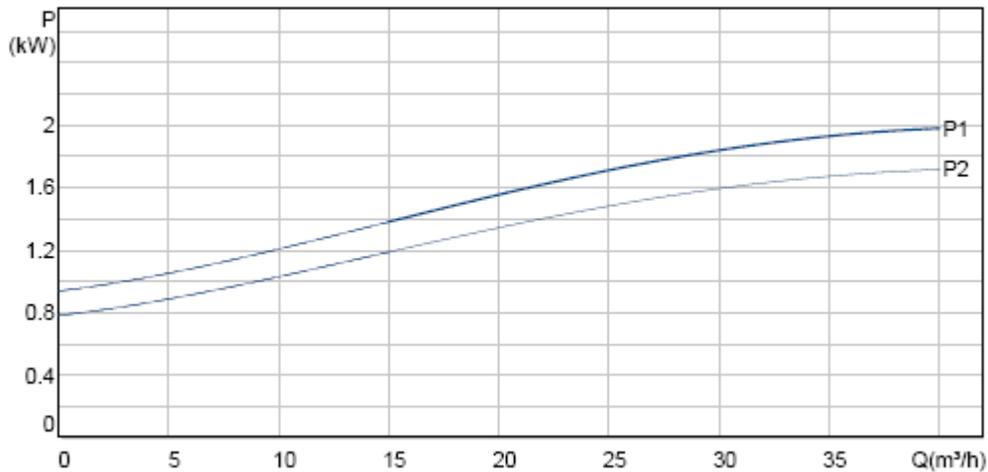


Figura 24: Curva de potencia-caudal de la bomba.

Para mayor detalle, se adjunta el anexo de la bomba del primario.

7. SEGURIDAD EN LOS CAPTADORES

El equipo de seguridad se necesita para garantizar la seguridad de operación y prevenir daños en la instalación, al igual que ofrecer seguridad al operario. Las normas de seguridad en instalaciones son las normas europeas EN 12975, EN 12976, ENV 12977 y la ISO 9806.

Cuando un campo de captadores de gran tamaño se subdivide en varios subcampos, como es el caso que nos ocupa, cada subcampos debe estar provisto de una válvula de seguridad. En es por ello que por cada bancada de 8 captadores de nuestras terrazas debe existir una válvula de seguridad. Las válvulas de seguridad deben aguantar las temperaturas máximas del sistema y están provistas de una tubería de escape que conduce el fluido de escape a un colector común.

El tamaño de las válvulas de seguridad tiene que dimensionarse en función de la potencia térmica de la instalación, es decir del número de captadores a los que esté conectados. La tabla 26 muestra el tamaño de la válvula (diámetro de entrada) en función del área de captación de la bancada.

Tabla 26: Tamaño de las válvulas de seguridad.

Tamaño de la válvula (diámetro de entrada, mm)	Área de captación (m2)
15	50
20	100
25	200
32	350
40	600

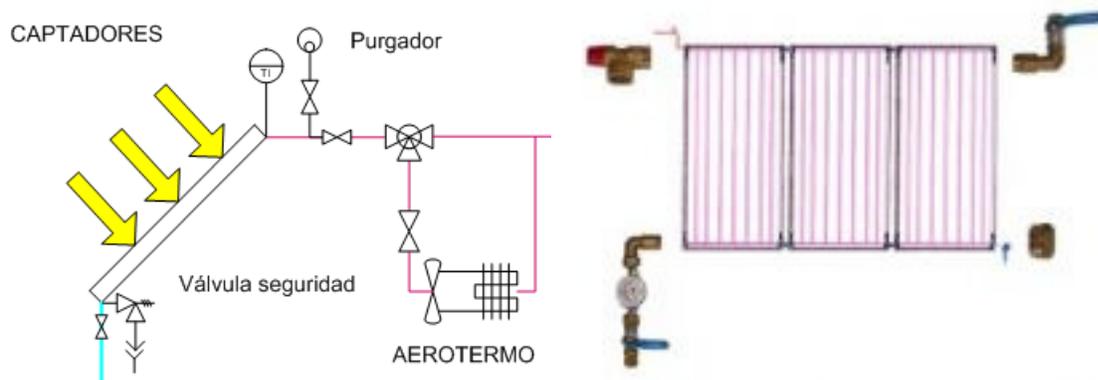
De esta forma si contamos con 8 captadores por bancada, el área de captación por válvula es de 18 m², con lo que las válvulas seleccionamos son de 15 mm.

Acompañando a la válvula de seguridad, debe existir una purga del aire que en llenado de la instalación existía. La presencia de aire en el circuito primario provoca ruidos como borboteo y si se encuentra en grandes cantidades puede parar la circulación del sistema.

La purga de aire se efectúa en dos fases de la instalación; en el llenado del sistema y la purga constante de pequeñas burbujas en la fase de operación del mismo. En los puntos más altos de la salida de baterías de captadores, así como en todos aquellos puntos donde pueda quedar aire acumulado se deben colocar sistemas de purga, constituidos por botellines de aireación y un purgador automático. El volumen útil del botellín es de 100 cm³.

Los purgadores deben ser capaces de resistir temperaturas de hasta 200°C y deben contar con válvulas de corte que los aislen en las pruebas de estanqueidad del circuito.

A su vez la bancada de captadores consta de un medidor de presión y de un tapón de circulación, quedando la configuración final según se muestra en las siguientes figuras



Figuras 25 y 26: Esquemas de seguridad de la bancada de captación.

8. DISIPADOR DE CALOR.

Para los meses en los que tenemos un aporte solar mayor que el demandado tenemos que disipar ese calor para evitar que el fluido calo portador alcance altas temperaturas y la presión del sistema aumente fuera de los niveles calculados. El mes en el cual el aporte solar menos lo demandado es mayor, es en el mes de abril, esto se debe a que en abril no funciona ni la calefacción ni el aire acondicionado, únicamente el ACS, por lo que el ACS será cubierto en un cien por cien y el resto se disipará activando el disipador de calor por medio del sistema de control, cuando la temperatura en la salida en los captadores supere los 115 grados Celsius.

Para realizar el cálculo de la potencia necesaria del disipador de calor se sumaron todas las demandas y se le restó el aporte solar, obteniendo un total de 59.562,91 kWh/mes a disipar, por lo que este valor dividido dentro del número de días y horas de funcionamiento, obtenemos que necesitamos un disipador con una potencia de 193,39 Kw.

Se decidió poner uno en cada una de las dos zonas de captación, por lo que se tendrán dos disipadores de calor de 125,50 Kw. (Para las especificaciones técnicas del disipador, ver en anexo Disipador de Calor).

9. CIRCUITO SECUNDARIO SOLAR

9.1 FLUIDO DE TRABAJO.

El circuito secundario incluye la acumulación de agua, el intercambio de calor y las canalizaciones de conexión de ambos, con sus accesorios, en este circuito el fluido de trabajo es agua.

9.2 TUBERÍAS Y PÉRDIDAS DE CARGA DEL SECUNDARIO SOLAR.

En la figura siguiente se observa la distribución de las tuberías del circuito secundario.

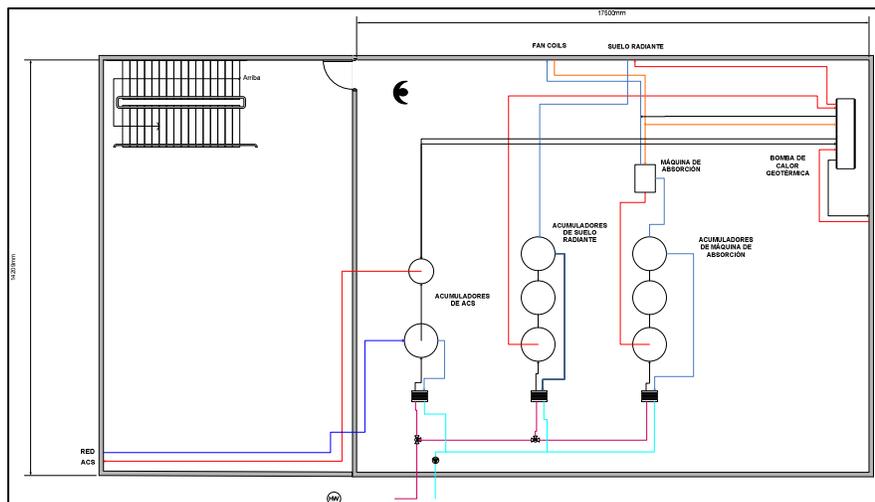


Figura 27: .Esquema de distribución de las tuberías de la sala de máquinas

Las pérdidas de carga en el secundario están constituidas por las pérdidas de carga en tuberías, intercambiadores y en el acumulador. Las pérdidas de carga en los acumuladores se consideran despreciables. Las pérdidas de carga en tuberías se consideran 0,5 m. Las pérdidas de carga en los intercambiadores se detallan en la tabla 23.

Es apreciable la sencillez del circuito secundario solar, debido a que los acumuladores e intercambiadores están prácticamente unidos en la misma sala de máquinas.

9.3 BOMBAS DEL SECUNDARIO SOLAR.

Las bombas requeridas para ACS, calefacción y suelo radiante se determinan mediante la herramienta de diseño web caps del fabricante GRUNDFOSS.

9.3.1 Bomba ACS

Para realizar el cálculo de la bomba, se debe indicar el caudal y la altura manométrica:

- $Q = 23,4 \text{ m}^3/\text{h}$
- $H = 2,26 \text{ m}$

Las condiciones de funcionamiento más relevantes se especifican a continuación:

- La presión máxima de trabajo es 10 bar y la presión de entrada mínima es 1.5 bar.
- El periodo de funcionamiento es 3.648 h/a.
- El coste de la energía consumida asciende a 917 kWh/año, los costes del ciclo de vida ascienden a 1.843€.

La curva característica que se obtiene se muestra en la figura 28:

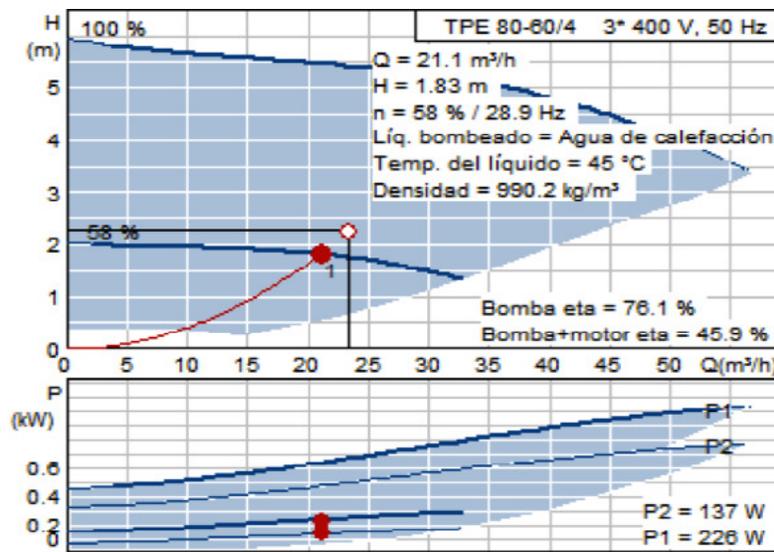


Figura 28: Curvas características de Bomba para ACS.

9.3.2 Bomba suelo radiante

Para realizar el cálculo de la bomba, se debe indicar el caudal y la altura manométrica:

- $Q = 23,4 \text{ m}^3/\text{h}$
- $H = 2,23 \text{ m}$.

Las condiciones de funcionamiento más relevantes se especifican a continuación:

- La temperatura del líquido de trabajo es 50°C , y la temperatura máxima es 70° .
- El periodo de funcionamiento es de 1.824 h/a.
- El funcionamiento de la bomba en el punto de diseño permite obtener rendimientos del orden de 76,2%.
- El coste de la energía consumida es 453 kWh/año, y los costes del ciclo de vida ascienden a 911 €.

La curva característica que se obtiene se muestra en la figura 29:

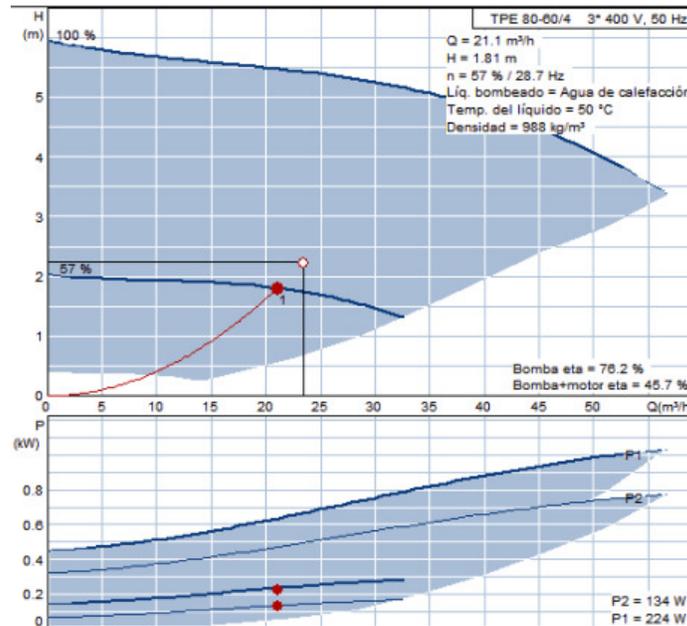


Figura 29: Curvas características de la bomba de suelo radiante

9.3.3 Bomba máquina de absorción

Para realizar el cálculo de la bomba, se debe indicar el caudal y la altura manométrica:

- $Q = 23,4 \text{ m}^3/\text{h}$
- $H = 2,1 \text{ m}$

Las condiciones de funcionamiento más relevantes se especifican a continuación:

- La temperatura del líquido de trabajo es 90°, y la temperatura máxima del mismo se ha fijado en 105°.
- La presión máxima de trabajo se ha fijado en 10 bar y la presión de entrada mínima es 1,5 bar.
- El periodo de funcionamiento es de 1.536 h/a.
- El funcionamiento de la bomba en el punto de diseño permite obtener rendimientos del orden de 76,6%.
- El consumo de energía de la bomba es 359 kWh/año, y los costes del ciclo de vida ascienden a 721€

La curva característica que se obtiene se muestra en la figura 30:

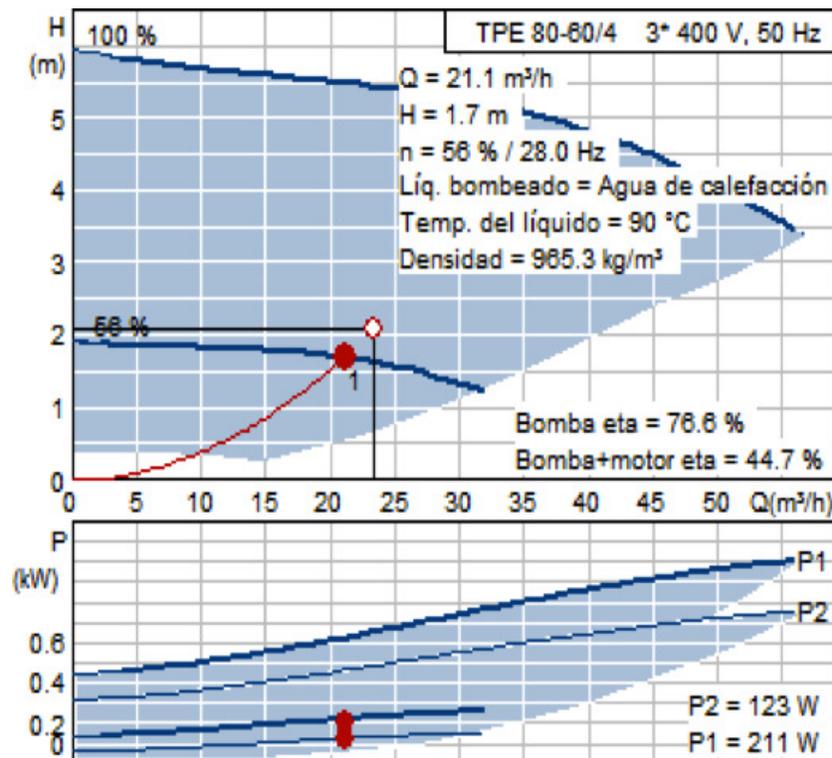


Figura 30: Curvas características de la Bomba de la máquina de absorción

Las bombas de ACS, suelo radiante, y absorción llevan incorporado control de temperatura con convertidor de frecuencia integrado.

El caudal mínimo permitido se ha adoptado aceptando una desviación de +/-10 % para evitar sobredimensionamiento unilateral.

En cumplimiento de los requisitos del IDAE, las bombas en línea se han dispuesto en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

La instalación cuenta con una superficie de captación superior a 50 m², de acuerdo con la recomendación del IDAE, se han dispuesto dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito

primario como en el secundario. En este caso se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Las tuberías conectadas a las bombas se soportan en las inmediaciones de éstas, de forma que no provocan esfuerzos recíprocos de torsión o flexión. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no es nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Las bombas de circulación dispuestas son bombas tipo circuladoras en línea. En el circuito de agua caliente para ACS, los materiales de la bomba son resistentes a la corrosión.

Los materiales de la bomba del circuito primario son compatibles con la mezcla anticongelante y con el fluido de trabajo utilizado.

Las bombas son resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas y a la presión máxima del circuito.

Las bombas se han seleccionado de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentran dentro de la zona de rendimiento óptimo especificada por el fabricante; más exactamente se han seleccionado las bombas recomendadas por el fabricante para el caudal y la pérdida de carga de diseño. Éstas, se han seleccionado teniendo en cuenta que las presiones suministradas por las bombas son capaces de compensar todas las pérdidas de carga de los circuitos correspondientes.

La potencia eléctrica parásita para la bomba no excede el 1% de la mayor potencia calorífica que puede suministrar el conjunto de captadores; en base a la recomendación del IDAE para sistemas grandes.

Las bombas permiten efectuar de forma simple la operación de purga.

9.3.4 Montaje de bombas

Las bombas en línea se han instalado con el eje de rotación horizontal y con el espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser fácilmente desmontado. El acoplamiento de las bombas en línea con las tuberías es de tipo roscado a un diámetro DN 32.

El diámetro de las tuberías de acoplamiento coincide con el diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos. La conexión de las tuberías a las bombas no puede provocar esfuerzos recíprocos, dado que la potencia de accionamiento es superior a 700 W, se utilizarán manguitos antivibratorios. Todas las bombas están dotadas de tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.

Todas las bombas están protegidas, aguas arriba, por medio de la instalación de un filtro.

9.4 ACUMULADORES SOLARES

El sistema de acumulación se realiza en depósitos de inercia de 4000 L de tal forma que se emplean 3 depósitos para Suelo Radiante, 3 para Refrigeración solar y 1 para ACS. Además es necesario un acumulador del sistema de apoyo para ACS, en este caso se ha seleccionado un depósito de 2000 L. De

acuerdo con el CTE, la relación volumen de captación y área de captación para ACS debe encontrarse entre 50 y 180 L/m². Para Refrigeración Solar y Suelo Radiante la relación debe encontrarse entre 25 y 50 L/m².

Se han seleccionado depósitos de 4000 L de la marca Lapesa modelo MV-4000-L y un modelo Junkers MV-2000-SB de 2000 L con serpentín interno para el depósito de apoyo al ACS. El acumulador de ACS, dado que se encuentra en contacto con agua potable, debe cumplir los requisitos de UNE EN 12897. El acumulador de ACS, al igual que los demás es de configuración vertical y está ubicados en una zona interior, la sala de máquinas.

Dado que el acumulador está directamente conectado con la red de distribución de ACS, se ha ubicado un termómetro en un sitio visible por el usuario. El sistema debe ser capaz de elevar la temperatura del acumulador de 60° a 70° para prevenir la legionela, de acuerdo a lo dispuesto en el RD 865/2003, de 4 de junio.

En la aplicación de ACS se ha establecido un conexionado puntual entre el sistema de apoyo y el solar de forma que se puede calentar el solar con el de apoyo, para cumplir con las medidas de prevención contra la legionela.

La capacidad de acumulación de los depósitos es superior a 2 m³, en cumplimiento de las características técnicas exigidas por IDAE, se han incorporado válvulas de corte para cortar flujos al exterior de los depósitos, no intencionados en casos de daños del sistema.

Se ha de tener especial atención al conexionado del sistema de almacenamiento, con objeto de optimizar el aprovechamiento de la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones se detallan a continuación:

- La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total del mismo.
- La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- La alimentación de agua de retorno al depósito se realiza por la parte inferior. En el caso de A.C.S. esto se refiere al agua fría de red. La extracción de agua caliente del depósito se realiza por la parte superior.

La entrada y salida de agua de retorno de consumo está equipada con una placa deflectora en la parte inferior, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador.

Las conexiones de entrada y salida se sitúan de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido.

El sistema de acumulación de la aplicación suelo radiante y máquina de absorción está formado por más de un depósito, estos se conectan en serie invertida en el circuito de consumo, tal como se observa en la figura 31.

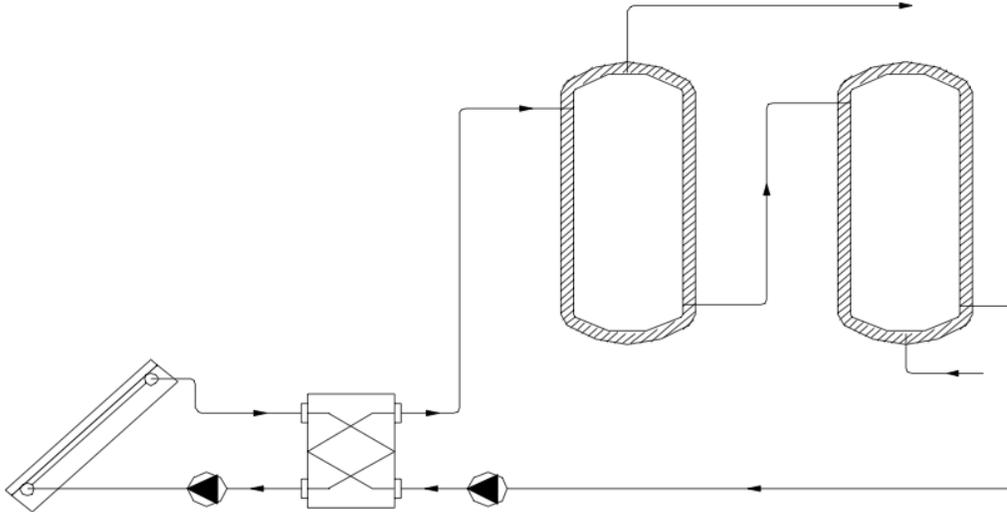


Figura 31: Conexión de los acumuladores en serie invertida

Para evitar la legionelosis en acumuladores destinados a usos colectivos, se debe alcanzar 60°C y llegar eventualmente hasta los 70°C , con el fin de asegurar una desinfección en el caso de instalaciones colectivas según el RD 865/2003 del 4 de julio.

En lo referente a la legionella, además el circuito secundario está diseñado para aguantar las temperaturas que exige este tratamiento ($60\text{-}70^{\circ}\text{C}$) y es por ello que no se permite la presencia de componentes de acero galvanizado. Sin embargo en España en los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis, establecidos mediante el Real decreto 865/2003, no se especifica que haya un tratamiento diario de desinfección sino que en el acumulador final del apoyo exista al menos una temperatura de 60°C , con la cual desinfectar en todo momento el agua de consumo. En el Real Decreto, también se habla de que al menos en las tuberías de distribución del ACS exista una temperatura superior a 50°C . Con estos criterios se ha dimensionado el sistema de tuberías y de acumuladores.

10 SUELO RADIANTE

Para el cálculo del suelo radiante se utilizará tubo marca UPONOR de la línea PRO evalPEX de 16mm. Se utilizará una distancia de 175 mm entre tubos, ya que es un valor adecuado para obtener un balance entre coste y rendimiento del sistema. Para calcular los metros de tubo necesarios emplearemos dos formulas que se detallarán a continuación:

$$L_t = \frac{a_u \times 1000}{s} + L_c$$

Donde:

a_u = Área útil de la estancia. (m²)

s = Separación entre tiradas. (mm)

L_c = Longitud de curvas. (m)

L_t = Longitud total de tubo. (m)

Y para calcular L_c la siguiente:

$$L_c = \frac{L_1 \times L_{c1}}{s \times 1000}$$

Donde:

L_1 = Longitud de la zona útil. (mm)

L_{c1} = Longitud de la curva según la separación. (mm)

S = Separación entre tiradas. (mm)

L_c = Longitud de las curvas. (m)

Primero se procederá a calcular la longitud de las curvas por lo que tenemos que $L_1 = 56000$ mm, L_{c1} es un valor que depende de la separación de los tubos, el cual para nuestro caso con una separación de 175 mm obtenemos que es 315 mm y $S = 175$ mm. Aplicando estos valores a la fórmula obtenemos que la longitud total de las curvas es de 100,80 metros.

Ahora procederemos a calcular la longitud total del tubo, aplicando a la primera fórmula a los valores de $a_u = 2500$ metros, $S = 175$ mm y $L_c = 100,8$ metros, con lo que obtenemos que el total de tubo necesario es de 14387 metros.

La marca comercial que se utilizará para el suelo radiante es Uponor con las siguientes características:

Tabla 27: Especificaciones técnicas del suelo Radiante

Marca Uponor	
Panel portatubos Uponor Mini	
Tubo Uponor Eval PE-X 16 x 1,5 mm	
Compatible para colocar fácilmente sobre el pavimento antiguo de madera o baldosa.	
Altura de 1 cm	

Uponor Calefacción suelo Radiante

11. MÁQUINA DE ABSORCIÓN.

Hoy en día la mayoría de edificios se refrigeran mediante sistemas de refrigeración mecánica o aire acondicionado. En ambos casos, la operación refrigeradora consume electricidad. La relación entre la electricidad consumida y el calor extraído del habitáculo se llama coeficiente de rendimiento o COP. Las unidades modernas tienen COP entre 3 y 5, pero aún así consumen electricidad que indirectamente se traduce en emisiones de CO₂.

Los sistemas convencionales usan un compresor para comprimir un refrigerante en estado gas. En los procesos de refrigeración por absorción, se bombea una mezcla binaria de dos sustancias-el refrigerante y un absorbente. En la práctica se usa una mezcla de agua (refrigerante) y bromuro de litio (absorbente) o amoníaco (refrigerante) con agua como absorbente. El consumo eléctrico es insignificante en comparación con emplear un compresor mecánico y simplemente se necesita aportar energía térmica, que puede ser suministrada por un sistema solar. La figura 32 muestra el COP de diferentes tecnologías de refrigeración en función del agua caliente de entrada. Se puede observar como una máquina de simple efecto, como la aquí empleada, tendrá un COP en torno a 0,7 si la temperatura de entrada del agua es de 90°C.

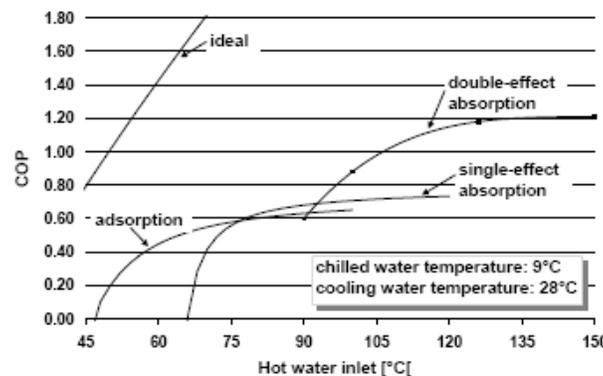


Figura 32: COP de las diferentes tecnologías de refrigeración.

11.1 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

Comparada con una enfriadora de compresión convencional accionada eléctricamente, la unidad de compresión mecánica se reemplaza con una unidad de ‘compresión térmica’ con absorbedor y generador. El efecto enfriador se basa en la evaporación del refrigerante (por ejemplo, agua) en el evaporador a baja presión. Debido a las propiedades del cambio de fase, pueden transferirse altas cantidades de energía.

El refrigerante vaporizado es absorbido en el absorbedor, diluyendo por lo tanto la solución refrigerante/absorbente. El enfriamiento es necesario para el correcto funcionamiento del proceso de absorción. La solución es bombeada continuamente al generador, donde la regeneración de la solución se consigue al aplicar el calor generador (por ejemplo, agua caliente).

El refrigerante que deja el generador mediante este proceso se condensa a través de la aplicación de agua refrigerante en el condensador y circula por medio de una válvula de expansión de nuevo en el evaporador.

La figura 33 muestra un diagrama de bloques del proceso.

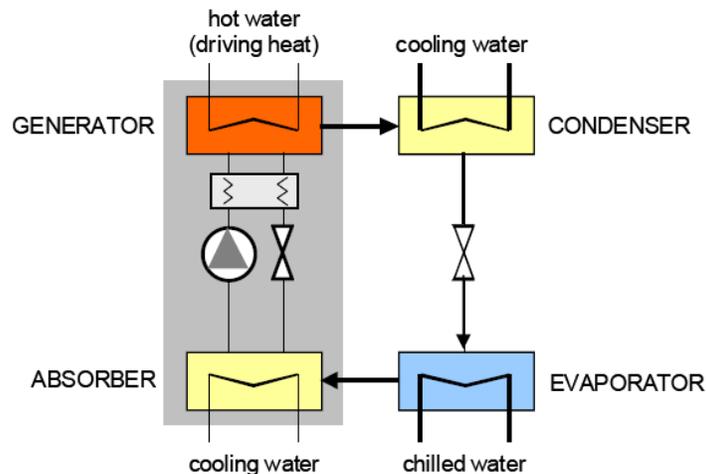


Figura 33: Esquema de la máquina de absorción.

El modelo de máquina de absorción seleccionado es de la Thermax LT 2. Es una máquina de absorción de ciclo simple de agua/BrLi. Su potencia es de 64 kW y produce agua fría (chilled water) a una temperatura de 7°C. En los anexos del trabajo se detallan las especificaciones técnicas.

12. SISTEMA DE CONTROL.

Se optó por realizar un sistema de control tipo SCADA y no una central típica de control, esto debido a la complejidad del sistema que se ha diseñado, para así tener un buen control del mismo y para disminuir los costes de mantenimiento y mejorar la fiabilidad del sistema. El sistema de control se ha desarrollado en la aplicación LabView versión 2009 de National Instruments y se utilizará un DAQ modelo NI USB-6008, que es una interface USB de adquisición de datos tanto analógicos como digitales de entrada y salida, por lo que tenemos información de cualquier dato o señal que se desee captar o enviar.

Otra de las razones por las que se optó por este sistema, es que se quiere vender la idea de un centro comercial verde, por lo que el sistema estará contabilizando en todo momento la energía verde aportada y con esta información se tendrá el número de las emisiones de CO₂ evitadas en tiempo real, el cual se mostrará en el área de restaurantes del centro comercial. Otra ventaja que posee este sistema es que el sistema de control puede ser operado y supervisado en cualquier parte del centro comercial que cuente con un ordenador con una conexión de red LAN del edificio.

El sistema se ha programado cumpliendo todas las normas del CTE y para alcanzar el máximo rendimiento del sistema posible. Cuenta con las entradas de las sondas de temperatura en la salida de los captadores, en el punto más frío de los acumuladores respectivos para ACS, suelo radiante y máquina de absorción, así como las salidas de señales para la activación de las bombas de primario y secundario, válvulas de tres vías y disipadores de calor.

Se ha diseñado para que la bomba de circulación arranque cuando haya una diferencia de temperatura mayor a siete grados y se detenga cuando hay una diferencia menor a dos grados. Para ACS y suelo radiante, esta diferencia se calcula entre un valor fijo y la temperatura del acumulador y para la máquina de absorción entre la temperatura de salida de los captadores y la temperatura del acumulador. Se ha hecho de esta manera debido a que el ACS y suelo radiante trabajan a una temperatura menor que la máquina de absorción, por lo que se tienen que detener antes de alcanzar la temperatura de los captadores.

Se le han implementado varias medidas de seguridad, como la activación de un ventilador disipador de calor del circuito primario cuando la temperatura supere los 110 grados Celsius y si disminuye de 3, se pondría el sistema en funcionamiento, recibiendo calor de los acumuladores, para así evitar la congelación del fluido calo portador, mostrándose en ambos casos una alarma en el panel de control. Así mismo, tiene configurado un tiempo mínimo de funcionamiento de cinco minutos para alargar la vida de las bombas y alterna el uso de las bombas del primario dependiendo del número de horas de uso. También cuenta con un sistema de seguridad que muestra una alarma y envía un correo electrónico de posible fallo de alguna de las bombas de primario, cuando la temperatura no aumente después de 15 minutos de funcionamiento, habilitando la otra bomba y dejando la otra desactivada hasta que se haga un chequeo de la misma.

12.1 LABVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. Permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactiva basada en software y se puede diseñar especificando su sistema funcional, su diagrama de bloques o una notación de diseño de ingeniería. También es a la vez compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar con programas de otra área de aplicación, como por ejemplo Matlab. Tiene la ventaja de que permite una fácil

integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).

La programación G (gráfica) de Labview consta de un panel frontal y un panel de código como se menciono antes. En el panel frontal es donde se diseña la interface de usuario y se ubican los controles e indicadores. En el panel de código se encuentran las funciones. Cada control que se utiliza en la interfaz tiene una representación en el panel de código, igualmente los indicadores necesarios para entregar la información procesada al usuario tienen un icono que los identifica en el panel de código o de programación. Los controles pueden ser booleanos, numéricos, strings, un arreglo matricial de estos o una combinación de los anteriores; y los indicadores pueden ser como para el caso de controles pero pudiéndolos visualizar como tablas, gráficos en 2D o 3D, browser, entre otros.

12.2 CÓDIGO DEL SISTEMA DE CONTROL.

En la programación empleada en el sistema de control se utilizaron compuertas de lógica de control AND, OR, NOT, sumadores y restadores, temporizadores, asignación a variables, cases entre otros. En el gráfico siguiente se muestra una leyenda donde se pueden ver los componentes mencionados anteriormente. A continuación se explicará en detalle el código donde aparecen estos componentes.

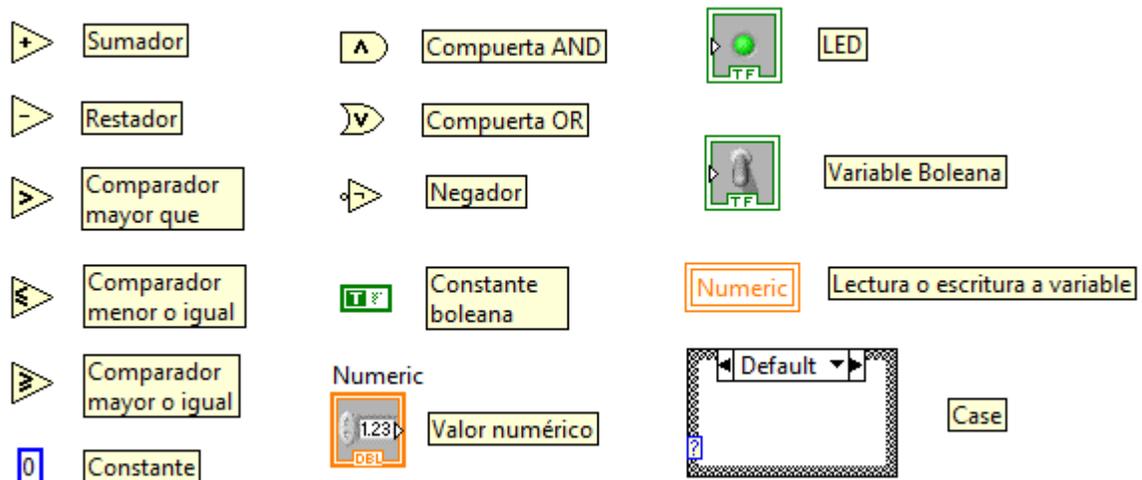


Figura 34: Componentes del sistema de control

El siguiente código es el sistema de protección por alta y baja temperatura de la instalación. Cuando la salida de la comparación entre la temperatura en los captadores es menor o igual a 3, esta salida es verdadera, por lo que activa el case que activa una alarma visual de un LED intermitente y a la vez activa las bombas de circulación del primario y secundario y válvulas de tres vías del suelo radiante para aportar calor al liquido calo portador. El otro caso es que la comparación sea mayor de 115, esta señal también activa otro case con un aviso de la activación del dissipador de calor y le manda una señal de encendido al mismo.

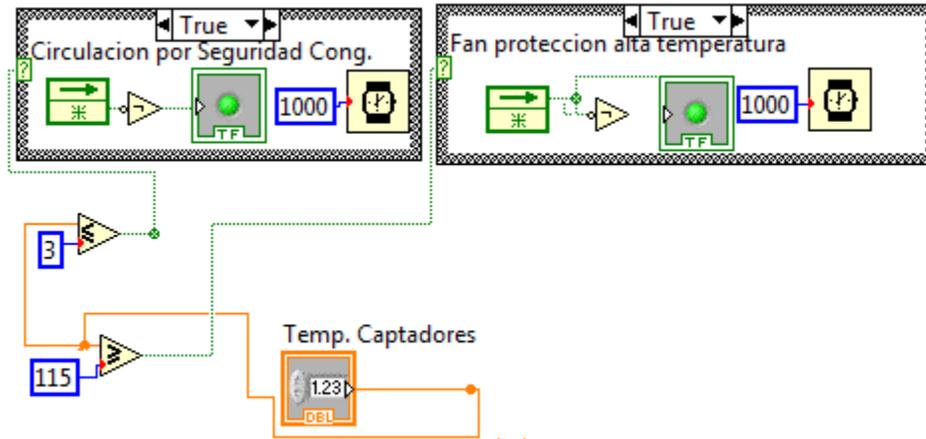


Figura 35: Sistema de protección por alta temperatura.

En el código a continuación tenemos varios controles, el primero es el encendido y apagado de la válvula de tres vías, para este caso de ACS. Se observa el control diferencial de apagado cuando haya una diferencia de dos grados y encendido cuando hay una diferencia de 7 grados, el cual está ubicado donde se ven las constantes de 7 y 2. Lo que se hace es restarle al número fijo de 47 la temperatura en el tanque de ACS y si esta es mayor que siete activa la válvula, si está entre 7 y 2 también la activa y esto conectado a una compuerta AND para garantizar que la temperatura en los captadores sea mayor que en el tanque, de lo contrario no enciende aunque se cumplan las otras condiciones.

Algo importante a observar es que cuando la temperatura haya alcanzado la diferencia de dos grados, la señal se apagará, y cuando la temperatura comience a bajar la diferencia nuevamente va a estar entre 7 y 2, por lo que para controlar esto y que la válvula no abra nuevamente, se utiliza una variable temporal llamada Temp ACS (se puede observar arriba de la imagen), la cual guarda el valor de que la válvula se ha apagado y lo pone en falso, para que el AND conectado a esta sea falso y no active la válvula, y se vuelve verdadero cuando alcanza la diferencia de 7 grados para así activar la válvula nuevamente, consiguiendo que el control diferencial funcione correctamente.

Para suelo radiante funciona de la misma manera solo que el valor constante en vez de ser 47 es 52, para que así se detenga exactamente en 50. Ahora para la máquina de absorción, que es la que trabaja a la más alta temperatura, en vez de tener un valor constante, se utiliza la diferencia entre la temperatura en la salida de los captadores y la temperatura en el punto más bajo del acumulador de la máquina de absorción.

Cabe recalcar que la bomba del primario opera si alguna de las válvulas de tres vías está encendida, por lo que siempre que se activa una válvula, la bomba enciende automáticamente. Parte de este código se puede ver abajo a la derecha. Otro de los controles que se observan es el temporizador que dice elapsed time, este lo que hace es contar el tiempo desde que la bomba ha encendido, para que la bomba trabaje un mínimo de cinco minutos, por lo que si todas las válvulas se han apagado y no se ha cumplido el tiempo mínimo de funcionamiento, este temporizador mantiene la bomba funcionando hasta que se cumpla el tiempo especificado.

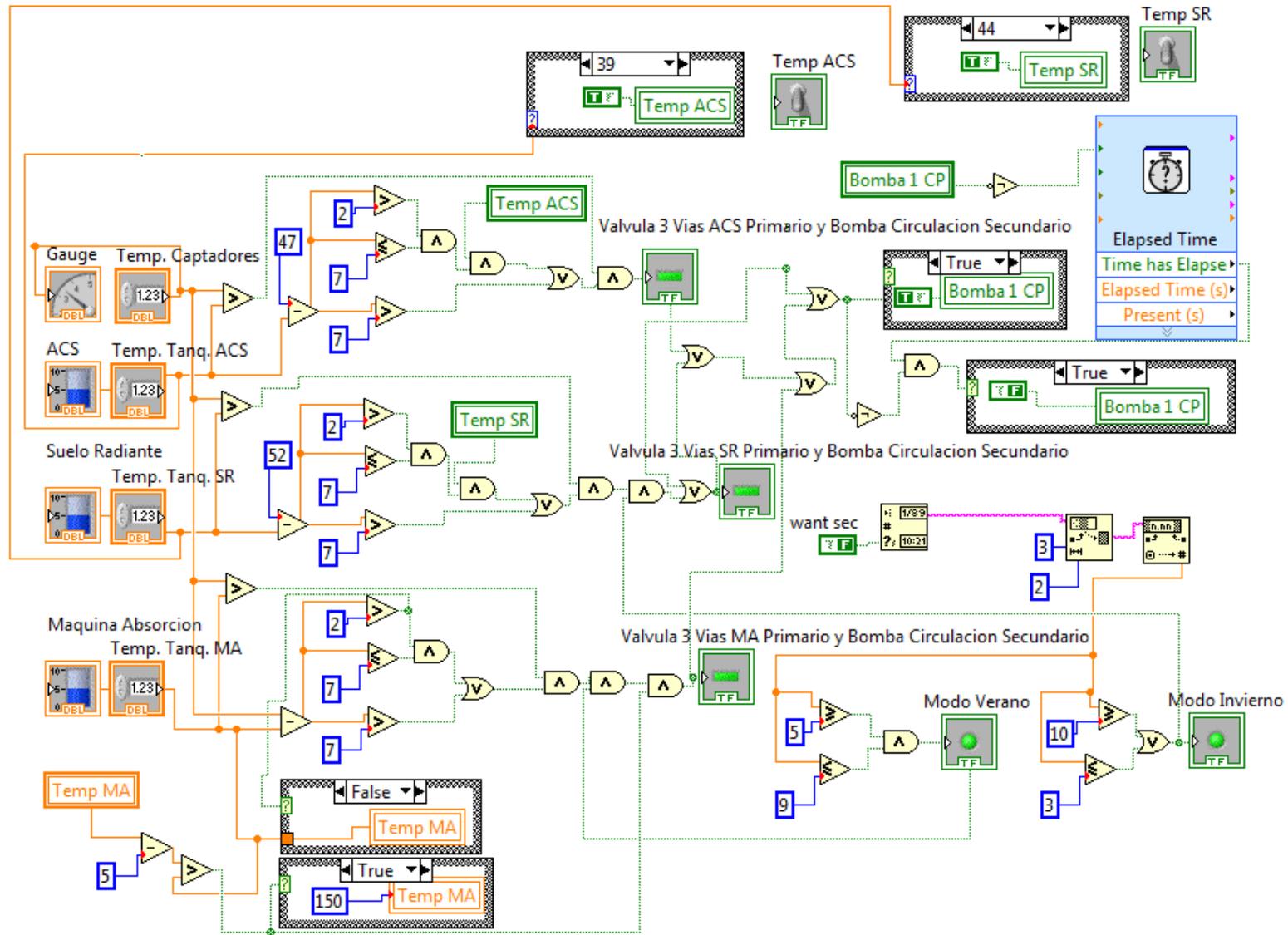


Figura 36: Esquema de control.

Continuando con el código, vemos ahora el sistema automático de selección de modo verano y modo invierno. En modo verano el sistema opera el ACS y la máquina de absorción únicamente y en invierno opera el ACS y el suelo radiante.

Vemos tres nuevos controles que son los tres cuadrados de arriba, de izquierda a derecha, el primero obtiene la fecha del sistema, el segundo sirve para seleccionar únicamente la parte de un string, en este caso el primero saca un string con la fecha completa y el sistema solo necesita saber el mes en el que se encuentra, por lo que le está indicando que en la posición tres extraiga dos caracteres, los cuales corresponden al mes. Y luego el tercero como ya tenemos el string del mes lo convierte a número, para así realizar la comparación y tomar la decisión de verano o invierno. Cabe recalcar que en abril no funciona ni la calefacción ni el aire acondicionado, por lo que se puede observar que el 4, que corresponde a abril, no se toma en cuenta.

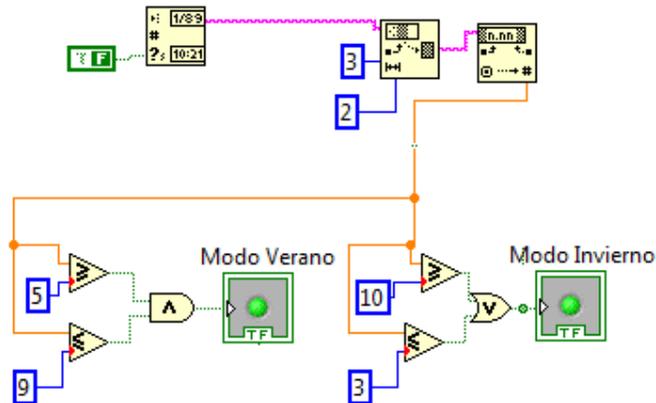


Figura 37: Modo de trabajo de verano e invierno.

Ahora vemos el código que nos muestra una alarma en caso de que el sistema observe una anomalía en el comportamiento del sistema, que podría significar un posible fallo en la bomba del primario.

Cada quince minutos, mientras haya una señal de encendido de la bomba, se guarda a una variable el total de la suma de la temperatura de todos los tanques de acumulación y se compara con el valor actual de la suma nuevamente en ese instante, por lo que si después de quince minutos de operación de la bomba, no ha habido un aumento en la temperatura de los tanques de acumulación, es muy probable que haya un fallo en la bomba del primario, por lo que se emite una alarma de advertencia y se manda la orden de que opere la otra bomba.

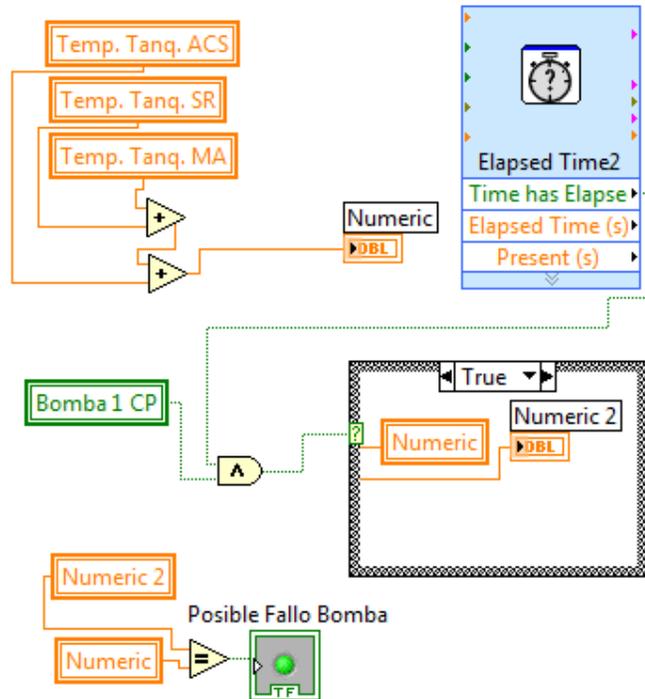


Figura 38: Control de operación de bomba.

Finalmente vemos el código que lleva la suma de las emisiones en kg de CO₂ evitadas, el cual funciona de la siguiente manera: cuando cualquiera de las válvulas de tres vías esté abierta, se realiza la suma de las lecturas de los calorímetros en cada uno de los intercambiadores, y se guarda en una variable que va acumulando el total. Este dato luego puede ser enviado a una pantalla o enviado por las salidas digitales del DAQ a un display de LEDS o lo que se desee para mostrarlo. Solo que habría que aplicarle el factor para convertir las calorías a kilovatios y luego a kilogramos de CO₂ y así tener el total de emisiones evitadas.

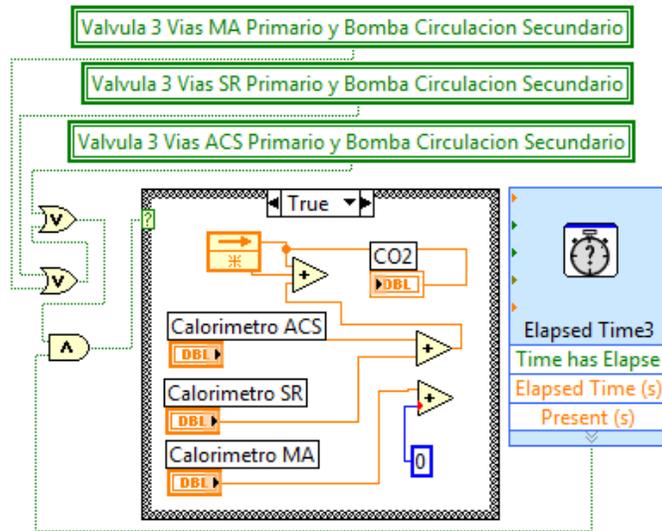


Figura 39: Prioridad del sistema de control

A continuación vemos el panel de control

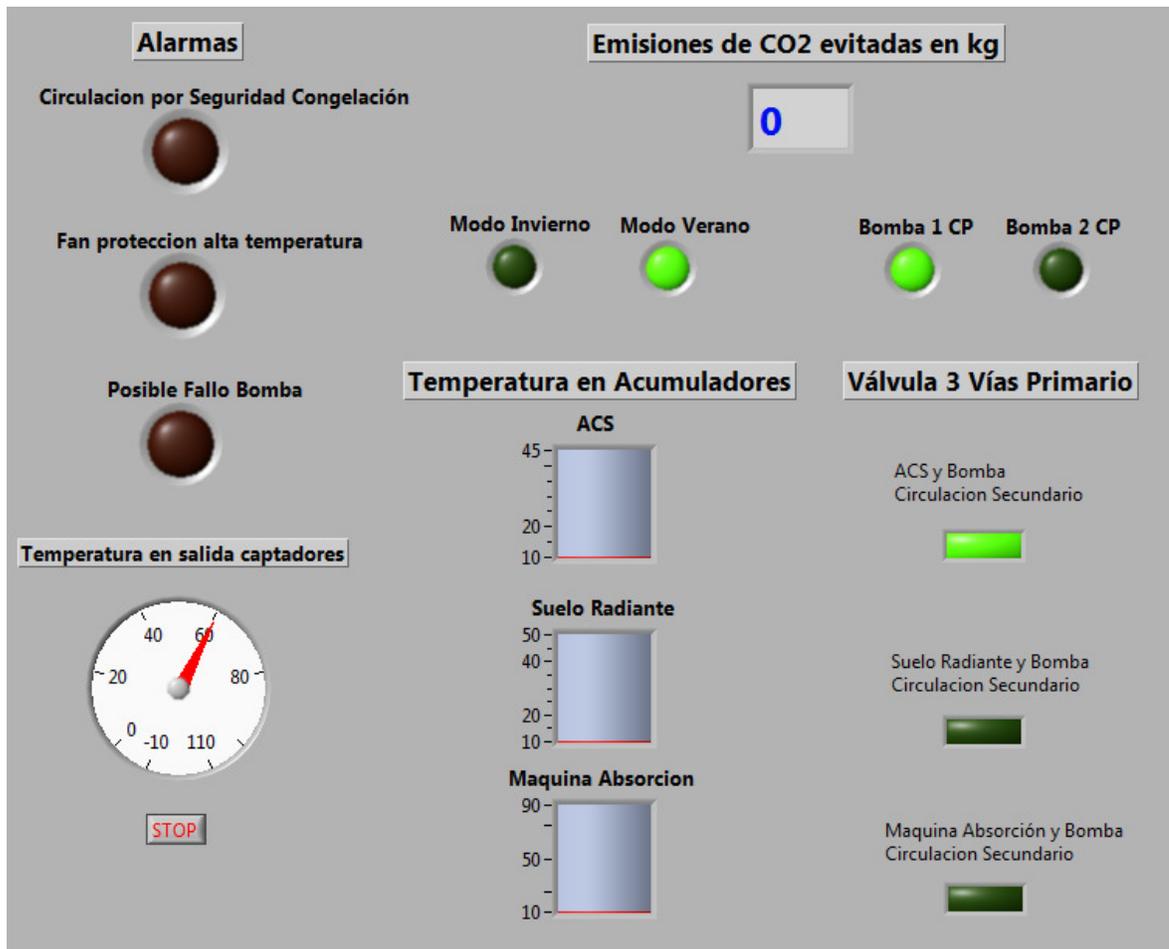
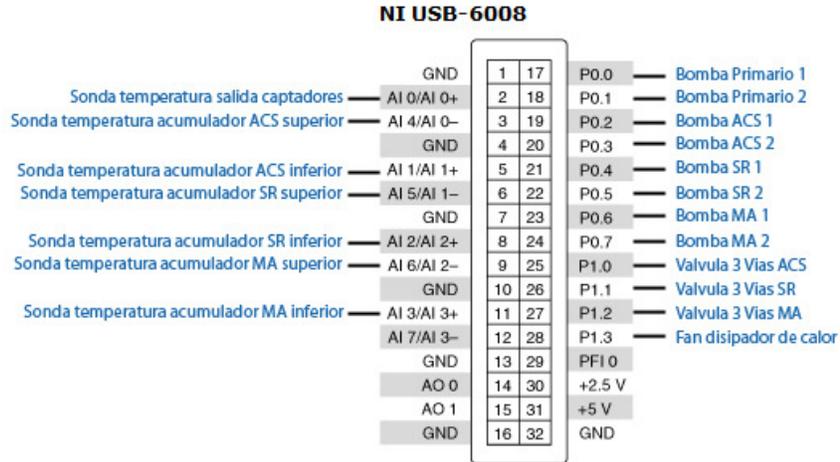


Figura 40: Display del sistema de control

12.3 CONEXIONADO DE ELEMENTOS DE CONTROL

Conexionado de sondas y elementos a DAQ para sistema de control



Nota: Los cables de cada una de las sondas, uno está conectada a su canal correspondiente y el otro a la tierra mas cercana.

Nota: Por tratarse de salidas digitales, cada salida estará conectada a un relay con activación por bajo voltaje (5 V).

Figura 41: Conexionado DAQ

13. PLIEGO DE CONDICIONES

13.1 GENERALIDADES

El alcance de estas especificaciones tiene por objeto final fijar las condiciones generales a las que habrán de ajustarse los equipos y materiales utilizados en la ejecución definitiva de la obra así como el cumplimiento de los reglamentos que le afecten a la misma, tales como:

- Pliego de condiciones técnicas para instalaciones de Energía Solar Térmica a baja temperatura (PET-REV-Enero 2009)
- Código Técnico de la Edificación (Sección H4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria)
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Dichas condiciones se contemplarán y cumplirán durante la ejecución de la obra, en la elaboración de la memoria descriptiva y el pliego de condiciones.
- Y otras normas que atañen a la instalación.

Conceptos incluidos

A lo largo de la memoria descriptiva se describirán los conceptos relacionados que influyen en el diseño del sistema térmico la instalación.

Comprobación de la ubicación de la instalación

Previo a la realización del proyecto se identificara la información demográfica, climatológica, geográfica, y legal, que pueda afectar la viabilidad del proyecto.

El contratista ha comprobado las condiciones en las que habrán de realizarse los trabajos de obra, la lista de materiales, el alcance del proyecto y los posibles obstáculos e inconvenientes que pudieran llegar a surgir.

Previsión de materiales

Se verificara que los materiales utilizados posean los permisos, certificados y compatibilidad necesaria para su utilización.

Permisos

El titular de la obra deberá gestionar con todos los organismos oficiales competentes que le atañen, la obtención de los permisos del proyecto, por lo cual el instalador deberá facilitarle la información que le sea solicitada en tanto sea de su competencia.

Normativa y reglamentos

- Pliego de condiciones técnicas para instalaciones de Energía Solar Térmica a baja temperatura (PET-REV-Enero 2009)
- Código Técnico de la Edificación (Sección H4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria)
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Dichas condiciones se contemplarán y cumplirán durante la ejecución de la obra, en la elaboración de la memoria descriptiva y el pliego de condiciones.
- Las normas de seguridad en instalaciones son las normas europeas EN 12975, EN 12976, ENV 12977 y la ISO 9806
- UNE EN 12897

- RD 865/2003 del 4 de julio

Provisión del material

Los materiales instalados será los especificados en el proyecto, estos deberán de ser de marcas acreditadas y en su caso homologados, y poseer la máximas garantías posibles.

Condiciones de montaje

Las condiciones de montaje serán las indicadas por los fabricantes de los diferentes materiales y equipos verificando en qué condiciones se perdería la garantía de ellos por un manejo incorrecto de ellos.

Caminos y accesos

El contratista habilitara los caminos y accesos que fueran necesarios para la ejecución de los trabajos con los respectivos permisos que fuesen necesarios.

Libro de órdenes

- Es obligatorio poseer un libro de órdenes, los responsables, y una lista de asistencia a obra.
- Presencia en obra
- El contratista deberá hacer acto de presencia en obra, siempre que se lo requiera la personada facultada para ello.

Cambios en el trabajo

No podrá realizarse ningún cambio establecido salvo que sea previamente expresado por escrito. Lo dicho es aplicable a materiales y equipo.

Procedimientos de ejecución

El contratista debe someter a la aprobación de la dirección de obras todos y cada uno de los procedimientos de ejecución necesarios para la realización de los trabajos objeto del contrato.

Programa de actividades

Se establecerá un programa de actividades así como los hitos que se deberán cumplir según fechas calendarizadas.

Informe de trabajo

Se verificara semanalmente el cumplimiento de las actividades y los hitos establecidos.

Responsabilidad sobre los materiales

La reparación de o cambio de partes defectuosas o montaje correrán a cargo del contratista durante o después de la conclusión de trabajo.

Inspección de obra realizada

El contratista acepta que debe facilitar y disponer de todos los medios necesarios para que la dirección de la instalación inspeccione los trabajos en cualquier fase de los mismos. Ninguna parte de la instalación será encubierta.

Recepción de la instalación

Para la recepción de la instalación se contemplarán dos fases, una provisional y otra definitiva.

La recepción provisional adquirirá carácter de definitiva una vez transcurrido el plazo contractual de garantía, habiendo subsanado todos los defectos que se hayan puesto de manifiesto.

Documentación

El instalador estará obligado a presentar documentación de la instalación, tanto durante la ejecución de la obra como la finalización de la misma, en el momento de la recepción provisional.

En caso de existir modificaciones durante el transcurso de la obra, antes de acometerse la modificación pertinente, el instalador deberá plasmar las modificaciones en los planos correspondientes y presentarlos para su aprobación para la dirección facultativa.

El instalador estará obligado a entregar al titular o director de obra de la recepción provisional los planos y características de los equipos.

Colectores

- Los colectores a instalar deberán ser de una marca reconocida y certificada.
- Deberá estar homologado.
- Deberá llevar de forma clara y visible el nombre del fabricante y el modelo.
- Los captadores deberán cumplir con las exigencias expresadas en la normativa que le atañe a la instalación.
- La elección del captador se hará con la premisa de su eficiencia óptica y coeficiente global de pérdidas en contra parte con su viabilidad económica.

Fluido calo portador.

El fluido de trabajo del circuito primario seleccionado será no tóxico, con cualidades de refrigerante y anticongelante.

Suelo radiante

- El sistema de suelo radiante y sus componentes serán para un sistema de instalación solar.
- Contendrá información técnica como:
- Marca, modelo, tamaño de tubos, compatibilidad con que tipos de suelo, y espesor.
- Deberán responder a las normas que apliquen.

Acumuladores

- Deberán ser acumuladores homologados.
- Deberá especificar información técnica como volumen, dimensiones, etc.
- Hay que tener en consideración que los acumuladores para A.C.S. que estén en contacto con agua potable, deberán cumplir los requisitos de UNE EN 12897.
- Para evitar la legionelosis en acumuladores destinados a usos colectivos, se deberá alcanzar 60°C y llegar eventualmente hasta los 70°C, con el fin de asegurar una desinfección en el caso de instalaciones colectivas según el RD 865/2003 del 4 de julio.

- Se respetarán las exigencias que se muestran en el pliego de condiciones técnicas por el IDAE de que para acumuladores con depósitos superiores a 2 m³ válvulas de corte para cortar flujos al exterior de los depósitos en caso de daño.

Intercambiadores

- El intercambiador de placas tanto de A.C.S , suelo radiante y refrigeración, deberán resistir la presión máxima que se presente en la instalación.
- Incluirán una ficha técnica de sus características.
- Respetaran las exigencias de la normativa que les atañe.
- Por higiene pública se deberá separar el fluido calo portador del agua de consumo.
- Para el diseño de los intercambiadores se han tenido en cuenta las especificaciones del CTE, según la cual, la potencia mínima debe cumplir ser mayor o igual a 500 W por metro cuadrado de captador.

Bombas de calor geotérmica

Deberán contener información técnica como

- Capacidad de refrigeración
- Capacidad de calentamiento
- EER
- COP

Deberán ser bombas certificadas.

Vaso de expansión

- El vaso de expansión tiene deberá absorber todas las dilataciones del fluido calo portador provocado por el aumento de temperatura en el sistema y así evitar que se incremente la presión en el mismo.
- Nunca se sobrepasara el valor máximo calculado.
- Deberá contener información técnico como:
- Presión absoluta válvula de seguridad
- Presión absoluta temperatura de llenado en frío
- Factor incremento de volumen por temperatura
- Volumen total circuito
- Volumen vaso de expansión en litros

Tubería

- Durante el montaje y cortes de las uniones se evitaran las rebabas y escorias
- El diseño de las tuberías obedecerá las recomendaciones del CTE.
- Las pérdidas de presión no superaran de 40 mm.c.a. por metro lineal.
- En ningún tramo de tubería ni tampoco la velocidad de 2 m/s.
- Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y uniones por capilaridad (UNE 37153).
- Las pérdidas térmicas globales del conjunto de conducciones no superarán el 4% de la potencia máxima que transporten.
- El sistema de tuberías está diseñado para el vaciado parcial y total del mismo, con una válvula de desagüe en el punto de la instalación más bajo.

Material en tuberías

- Las canalizaciones del fluido calo portador será llevado a cabo mediante tuberías de cobre.
- Para evitar pérdidas caloríficas se realizará un sistema donde la longitud de las tuberías calientes sea lo más corta posible, para evitar el mayor número de pérdidas de cargas.

Aislamiento en tuberías

- Se contará con aislamiento de las tuberías, con los espesores marcados en la normativa vigente.
- Para proteger el aislante de las condiciones externas podrá utilizarse pintura plástica.

Válvula de seguridad

- Se contará con una válvula de seguridad por cada batería, en tendiéndose como batería al conjunto de colectores que la conformarían.
- Las válvulas de seguridad deben aguantar las temperaturas máximas del sistema y están provistas de una tubería de escape que conduce el fluido de escape a un colector común.
- Las normas de seguridad en instalaciones son las normas europeas EN 12975, EN 12976, ENV 12977 y la ISO 9806.

Bombas de circulación

- Se cumplirán con las exigencias marcadas en CTE.
- Para instalaciones de más de 50 m² de captación deberá tenerse una instalación compuesta por dos bombas en paralelo de tal forma que se alterne su funcionamiento y alargar su vida útil.
- Los materiales de la bomba deben soportar la corrosión y ser resistentes a la presión máxima del sistema.

Purgador

- Cada batería contará con un purgador y su respectiva válvula de corte.
- Los purgadores deberán ser capaces de resistir hasta 200°C.

Sistema de control

- El sistema de control deberá cumplir las exigencias del CTE para alcanzar el máximo rendimiento del sistema posible.
- Estará constituido de controles que permitan verificar el correcto funcionamiento tanto para ACS, suelo radiante y la máquina de absorción, así como las salidas de señales para la activación de las bombas de primario y secundario, válvulas de tres vías y disipadores de calor.

Recepción y Pruebas funcionales

- Puesta en marcha de la instalación:
- Al término de la fase de montaje de la instalación, se iniciará el proceso de puesta en marcha de la instalación, lo que implica una serie de actividades responsabilidad del instalador.
- La instalación se deberá entregar en funcionamiento.
- En caso de solicitarse, se realizarán pruebas para la comprobación de su correcto funcionamiento.

Operaciones y mantenimiento.

El CTE establece que sin perjuicio de las operaciones de mantenimiento que se deriven de otras normativas, para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definirán las herramientas para realizar un plan de vigilancia que permita asegurar que los valores operacionales de la instalación sean los correctos y un plan de mantenimiento preventivo con operaciones de inspección visual y verificación de actuaciones, que apliquen en la instalación que permitan mantener dentro de los límites aceptables las condiciones de funcionamiento la instalación.

14. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para realizar el análisis económico se ha hecho la suma de todos los componentes, máquinas y costes de instalación para calcular la inversión total tomando en cuenta los costes de mantenimiento e inflación anuales. A la vez se han calculado para el flujo de efectivo los ahorros de energía aportados por los sistemas renovables y las subvenciones correspondientes que aplican a la instalación.

14.1 SUBVENCIONES

Para calcular la inversión total real necesaria del proyecto, se han aplicado dos subvenciones distintas. La primera aplica al sistema solar de baja temperatura, ya que por la orden 2389/2008 del 5 de junio de la Consejería de Economía y Consumo, por la que se regula la concesión de ayudas para la promoción de energía renovables en el artículo 5, inciso 1, subinciso A donde corresponde nuestra instalación por cumplir con todos los requisitos solicitados y como menciona en el artículo 6, inciso 1, subinciso A.a, que para nuestra aplicación contamos con una ayuda de 200 euros por cada metro cuadrado de superficie de captación. Ya que contamos con un total de 208 captadores con un área de captación de 2,25 m², la ayuda que nos corresponde es de 41.600 euros.

La segunda subvención a aplicar es la del programa de ayudas del IDAE a proyectos de inversión en ahorro y eficiencia energética, y esta aplica a la bomba de calor geotérmica. Se ha obtenido que lo que entraría como inversión elegible es el coste de las perforaciones y la diferencia entre el coste entre un sistema auxiliar convencional y la bomba de calor geotérmica. Con lo que se ha obtenido que el coste elegible es de 130.000 euros y de estos se subvencionará el 40%, obteniendo una ayuda de 52.000 euros.

Aplicando ambas ayudas al total de la inversión que es de 574.041.93 Euros, obtenemos un total de 480.441.93 Euros de inversión inicial, por lo que del total hemos recibido una financiación del 16%.

14.2 DATOS DE PARTIDA

En los cálculos mostrados a continuación se muestra el precio de la electricidad para cada año, energía ahorrada, ingresos por esta energía ahorrada y los costes de mantenimiento. Tanto el precio de la electricidad y los costes de mantenimiento tiene aplicado un 2% aproximado de IPC en los años consecutivos. El total de la energía ahorrada está compuesto por la suma de 263.257,51 kWh aportados por el sistema solar y 161.156,18 kWh aportados por el ahorro de utilizar una bomba de calor geotérmica contra un sistema convencional.

Los costes de mantenimiento para los primeros cinco años tienen como dato de partida 350 Euros, y a partir del sexto año a 1.200 Euros, ya que se asume que a partir de este año los costes aumentarán considerablemente respecto a los cinco primeros, ya que dentro de los primeros cinco años es muy difícil que los componentes fallen y si tienden a fallar, fallan dentro de los primeros años donde están cubiertos por su garantía de fábrica.

Tabla 27: Análisis económico de la instalación.

Año	Inversiones realizadas	Precio energía (€/kWh)	Energía ahorrada (kWh)	Ingresos por ahorro de energía	Costes por mantenimiento
0	- 480.441,93 €				
1	0,00	0,10600	424.413,69	44.987,85 €	350,00 €
2	0,00	0,10812	424.413,69	45.887,61 €	357,00 €
3	0,00	0,11028	424.413,69	46.805,36 €	364,14 €
4	0,00	0,11249	424.413,69	47.741,47 €	371,42 €
5	0,00	0,11474	424.413,69	48.696,30 €	378,85 €
6	0,00	0,11703	424.413,69	49.670,22 €	1.200,00 €
7	0,00	0,11937	424.413,69	50.663,63 €	1.224,00 €
8	0,00	0,12176	424.413,69	51.676,90 €	1.248,48 €
9	0,00	0,12420	424.413,69	52.710,44 €	1.273,45 €
10	0,00	0,12668	424.413,69	53.764,65 €	1.298,92 €
11	0,00	0,12921	424.413,69	54.839,94 €	1.324,90 €
12	0,00	0,13180	424.413,69	55.936,74 €	1.351,39 €
13	0,00	0,13443	424.413,69	57.055,47 €	1.378,42 €
14	0,00	0,13712	424.413,69	58.196,58 €	1.405,99 €
15	0,00	0,13986	424.413,69	59.360,51 €	1.434,11 €

Para evaluar la rentabilidad del sistema se procederá a calcular el Pay-back, VAN y TIR del proyecto

14.3 PAY-BACK

El Pay-back, también denominado plazo de recuperación, determina el tiempo que tarda en recuperarse la inversión sin tener en cuenta ni el valor actual de los flujos de caja futuros ni el flujo de caja de los últimos periodos.

La tabla a continuación muestra la inversión realizada, los flujos de efectivo mes a mes y el flujo de efectivo acumulado. Como podemos observar, la inversión es recuperada exactamente a los 10 años, ya que en el noveno año y onceavo mes el flujo de efectivo acumulado es 480.166.02 y aun no se ha alcanzado la inversión realizada sino hasta terminado el doceavo mes.

Tabla 28: Flujo de caja.

Año	Inversiones realizadas	Flujo de efectivo	Flujo de efectivo acumulado
0	- 480,441.93 €	0,00	0.00
1	0.00	44,637.85 €	44,637.85 €
2	0.00	45,530.61 €	90,168.46 €
3	0.00	46,441.22 €	136,609.68 €
4	0.00	47,370.04 €	183,979.72 €
5	0.00	48,317.45 €	232,297.17 €
6	0.00	48,470.22 €	280,767.39 €
7	0.00	49,439.63 €	330,207.02 €
8	0.00	50,428.42 €	380,635.44 €
9	0.00	51,436.99 €	432,072.43 €
10	0.00	52,465.73 €	484,538.16 €
11	0.00	53,515.04 €	538,053.20 €
12	0.00	54,585.34 €	592,638.54 €
13	0.00	55,677.05 €	648,315.59 €
14	0.00	56,790.59 €	705,106.18 €
15	0.00	57,926.40 €	763,032.59 €
16	0.00	59,084.93 €	822,117.52 €
17	0.00	60,266.63 €	882,384.15 €
18	0.00	61,471.96 €	943,856.11 €
19	0.00	62,701.40 €	1,006,557.51 €
20	0.00	63,955.43 €	1,070,512.94 €

14.4 VAN

El valor actual neto es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros originados por una inversión, descontando al momento actual mediante una tasa todos los flujos de caja futuros del proyecto.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde:

V_t representa los flujos de caja en cada periodo t .

I_0 es el valor de desembolso inicial de la inversión.

n es el numero de periodos considerado.

k es el tipo de interés o tasa de descuento.

El VAN realizado a quince años y a una tasa del 5% nos da un valor positivo de **38.875,88 euros**, siendo este valor el excedente sobre la tasa de descuento aplicada.

14.5 TIR

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto es igual a cero.

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde los términos son los mismos que en la ecuación anterior, obteniéndose **una TIR del 6,12%**.

15. EMISIONES DE CO₂ EVITADAS.

El principal efecto que está causando el calentamiento global es el efecto invernadero, y este se debe principalmente a las emisiones de CO₂ expulsadas a la atmósfera. Siendo los procesos de generación eléctrica los principales causantes de éstas emisiones, nuestro sistema evita la generación de estas emisiones mediante el uso de energías renovables.

Para el cálculo de las emisiones evitadas se ha utilizado el valor de 0,649 kg de CO₂ por cada kWh de electricidad que se hubiera necesitado para cubrir lo aportado por el sistema solar y la bomba de calor geotérmica. Este valor se obtuvo de los últimos datos proporcionados por el IDAE sobre la estructura de la generación eléctrica en España. Aplicándolo a los 647.213,10 kWh/año ahorrados por la energía aportada por fuentes renovables, obtenemos que nuestra instalación evita un total de 420,04 toneladas de CO₂ a la atmósfera.

Para obtener el cálculo se ha tomado en cuenta que la bomba de calor geotérmica es considerada una energía renovable y para nuestro caso tiene un COP de 4,4, por lo que nuestro sistema auxiliar también evita emisiones de CO₂, ya que por un lado se utiliza una fuente de energía renovable y por el otro se reduce el consumo de electricidad.

Comparando la bomba de calor geotérmica con un sistema convencional con un COP de 2,8, obtenemos que se eviten 275,44 toneladas de CO₂. Respecto al ACS por el aporte solar obtenemos que se eviten 29,14 toneladas y de calefacción 49,92 respectivamente. En lo que respecta a la generación de frío con la máquina de absorción, esta demanda es de 144.254,80 kWh/año en fuente de calor, pero ya que tiene un COP de 0,7, tenemos 100.978,40 de aporte de frío, por lo que los ahorros de CO₂ son de 65,53 toneladas.

16. CONCLUSIONES

Podemos concluir que el retorno de la inversión del sistema a 15 años es alto, pero hay que tomar en cuenta que el hecho de poder promocionar el centro comercial como verde tiene un valor agregado que también hay que tomar en cuenta. La inversión inicial sin subvenciones es elevada (600.000 €) sin embargo la energía renovable ahorra emisiones y a la vez que permite operar con la fiabilidad de un sistema convencional.

El sistema se ha diseñado en todo momento optimizando al máximo el rendimiento de las tres aplicaciones y tomando en cuenta los costes de los componentes para hacerlo lo más rentable posible. Se ha observado que la aplicación de ACS y calefacción por suelo radiante pueden cubrirse con el aporte solar de forma económicamente viable, sin embargo la refrigeración solar por su alta demanda energética es cubierta fundamentalmente por el apoyo geotérmico.

El sistema de control que se ha diseñado nos va a dar el máximo rendimiento alcanzable posible y reducirá los costes de operación y mantenimiento, y a la vez nos dará un mejor control de la instalación.

La tecnología solar es modulable y da soluciones a muchas de las demandas térmicas del día a día que siempre necesitan de un apoyo y más aun cuando hay refrigeración de por medio. La geotermia de baja entalpia es un apoyo perfecto a la solar térmica, pero su costo puede ser elevado todavía debido a su alta inversión. Tiene mucho potencial en España y se espera que juegue un papel muy importante con los objetivos de energías renovables del 2020.

BIBLIOGRAFÍA

- www.soloarquitectura.com
- www.uponor.es Uponor
- www.ni.com: National Instruments
- www.junkers.es Junkers
- www.IDAE.es Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
- www.mityc.es Ministerio de Industria Turismo y Comercio
- Peuser Felix A. Sistemas Solares Térmicos, Diseño e instalación, Censolar, Progenza, Sevilla 2005.
- Código técnico de la edificación. Sección HE4 Para la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- Pliego de Condiciones Técnicas de instalaciones de baja temperatura.

Resumen Ejecutivo

Sistema de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria, frío (aire acondicionado) y apoyo a calefacción en un centro comercial en Madrid, con apoyo de bombas de calor geotérmicas.

Máster en Energías Renovables y Mercado Energético 2009-2010

Lourdes Reza Núñez
Juan López Monte
Lucia Reyes Robles
Jaime José Briz Córdova

Tutor: Vicente Gallardo

INDICE

1-PROYECTO.....	2
2-ALCANCE DEL PROYECTO	2
3- CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO. LOCALIZACIÓN.....	2
4-DATOS DE PARTIDA.....	2
5- CÁLCULO DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS.....	3
6- CÁLCULO DEL APORTE SOLAR.....	4
7- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	5
8. BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA.....	9
9. SISTEMA DE CONTROL.....	10
10. AHORRO EMISIONES DE CO ₂	11
11. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	11
12. CONCLUSIONES.....	12

RESUMEN EJECUTIVO

1-PROYECTO

El objetivo del proyecto es el diseño y dimensionamiento de un sistema de energía solar térmica para la producción de aire acondicionado, agua caliente sanitaria y apoyo de calefacción en un centro comercial ubicado en Madrid con el apoyo de bombas de calor geotérmicas.

La energía renovable generada se empleará en tres aplicaciones diferentes, suministro de Agua Caliente Sanitaria (ACS) para duchas de los empleados del centro, suministro de Calefacción por Suelo Radiante y Climatización-Refrigeración mediante fan-coils. Se realizará un análisis económico del proyecto y una determinación del ahorro de emisiones que supone el empleo de energía renovable.

2-ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del proyecto se estructura en tres objetivos:

- Dimensionado del sistema solar térmico de baja temperatura y bomba de calor geotérmica para la generación de energía térmica.
- Optimización del aporte energético en función del periodo de retorno de la inversión en ambos sistemas.
- Determinación de las cantidades de gases contaminantes que dejan de emitirse a la atmosfera en función del sistema de apoyo elegido.

3- CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO. LOCALIZACIÓN.

El centro comercial posee unas dimensiones de 78 metros de largo por 63 metros de ancho en total, pero sólo se cuenta con dos terrazas de 12 m por 63 m, tanto en el bloque este como oeste.

El proyecto se localiza en Madrid, capital de España, situada a una latitud de 40,42° y a una altitud media de 667 m. De acuerdo con su clima (mediterráneo continental) y por el hecho de ser una gran urbe, la ciudad tiene inviernos fríos (con heladas frecuentes) y veranos calurosos con máximas que superan los 35°C. Esta elevada amplitud térmica hace que se necesite calefacción en invierno y refrigeración en verano. Es por ello que el proyecto del centro comercial requiera de todas estas cargas energéticas.

Los datos climáticos y de radiación se han obtenido del Centro de Estudios de la Energía Solar (CENSOLAR).

4-DATOS DE PARTIDA

Para definir las necesidades energéticas de consumo se han tomado los siguientes datos:

- Agua Caliente Sanitaria: El centro comercial abre de lunes a viernes de 9:00 a 23:00. Sus 250 empleados toman una ducha diaria a temperatura de 45°C.
- Calefacción: El suelo radiante emplea agua a 50°C y la retorna a 40°C. La superficie a calefactor es de 2500 m². El factor de ocupación varía en función de la época del año. Se ha partido de que se empleará la calefacción por Suelo Radiante de lunes a viernes en los meses de Octubre a Marzo. La temperatura ambiente que se debe conseguir es de 20°C.

- Refrigeración: La refrigeración se realizará con una máquina de absorción que alimentará de agua fría a Fan-Coils. Se debe conseguir refrigerar a 21°C los 2500 m² del centro comercial durante los días de Mayo a Septiembre.

El horario de funcionamiento de la instalación solar es el relativo a las horas de sol de cada día, almacenando la energía para el posterior consumo, sea éste de día o de noche. Sin embargo, la instalación geotérmica funciona durante todo el día pues la fuente de calor es constante.

5- CÁLCULO DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS.

En función de los datos de partida planteados anteriormente se calcularon las demandas energéticas.

Para el Agua Caliente Sanitaria de las duchas, se deben suministrar 22 l/persona y día a 45°C, por tanto conociendo la temperatura del agua de red se conocen las demandas energéticas. El volumen diario a calentar son 4235 L/día, una vez aplicados los factores correctores de simultaneidad (0,7) y de acumulación instantánea (1,1).

Para la calefacción por Suelo Radiante, la demanda se halla en función del parámetro de referencia de 107,5 kcal/hm² de suelo a calefactor y las temperatura exterior e interior del centro., así como el número de horas de funcionamiento.

Por último para la Refrigeración Solar, la demanda se calcula en función de otro valor de confort térmico de 190 kcal/hm² y el número de horas de funcionamiento de la instalación.

Los resultados de las tres aplicaciones se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1: Demandas energéticas de la instalación.

Mes	Demanda ACS kWh/mes	Demanda Calefacción kWh/mes	Demanda de Frío kWh/mes	Demanda total kWh/mes
<i>Enero</i>	5 634	35 729	0	41 363
<i>Febrero</i>	5 177	29 167	0	34 344
<i>Marzo</i>	5 659	25 156	0	30 815
<i>Abril</i>	5 102	0	0	5 102
<i>Mayo</i>	4 766	0	248 107	252 873
<i>Junio</i>	4 802	0	257 758	262 560
<i>Julio</i>	4 676	0	259 053	263 729
<i>Agosto</i>	4 827	0	259 053	263 880
<i>Septiembre</i>	4 952	0	257 758	262 710
<i>Octubre</i>	4 912	12 760	0	17 672
<i>Noviembre</i>	5 402	24 063	0	29 465
<i>Diciembre</i>	6 130	36 337	0	42 467

La demanda de refrigeración es muy superior al agua caliente y al suelo radiante, lo que nos hace pensar en una posible optimización del campo de captadores para cubrir el máximo porcentaje de fracción solar de Agua Caliente Sanitaria (la más prioritaria de las aplicaciones) y de Suelo Radiante intentando aportar el porcentaje viable económica y técnicamente posible de fracción solar a la refrigeración. El apoyo de la bomba de calor geotermia completa la demanda energética.

6- CÁLCULO DEL APORTE SOLAR.

El método empleado para el cálculo del aporte solar, es el sistema de simulación F-Chart para el ACS y Suelo Radiante y un valor de confort para Refrigeración Solar.

Para el cálculo del Agua Caliente Sanitaria se debe observar la zona climática del proyecto (zona IV) y el consumo diario (4235 L) para saber la fracción solar a cumplir de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación (CTE), que resulta del 60%. Conociendo el captador solar, Junkers FKT-1S, su inclinación (40°C), la latitud y la orientación del edificio (35 ° SE), así como los datos de radiación solar en Madrid se puede obtener el aporte solar.

En el caso del Suelo Radiante, no es necesario aportar un mínimo de energía solar, sin embargo y como la demanda es cinco veces superior se ha intentado conseguir la máxima cobertura solar económicamente justificable.

La Refrigeración Solar se ha calculado con el valor de confort de 190 kcal/h m² que equivale a 0,22 kW/m² de superficie a refrigerar. Con este dato se obtiene el valor de la potencia de refrigeración (550 kW) y se busca la máquina de absorción que aporte toda la demanda. A continuación se calcula el volumen de agua a 90°C (especificación térmica de la máquina de absorción) que sería necesario almacenar para todo un día de funcionamiento y así se calcula la demanda y el aporte solar.

La optimización del número de captadores, 208 en total, se lleva a cabo de la siguiente manera, 24 captadores para ACS y el resto de captadores que caben en la cubierta (184) se distribuirán en los diferentes meses del año para dar calefacción y refrigeración. Como la demanda de refrigeración es tan elevada no es viable económicamente cubrirla con energía solar, sino que es a través de la bomba de calor geotérmica la que aporta la demanda restante tanto en esta aplicación como en ACS y Calefacción. Los resultados del aporte solar por aplicación y la cobertura total se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Aporte y Cobertura solar.

Mes	Aporte Solar ACS kWh/mes	Aporte solar Calefacción kWh/mes	Aporte Solar Frío kWh/mes	Aporte solar total kWh/mes	Demanda total kWh/mes	Cobertura solar (%)
Enero	2 181	7 184	0	9 365	41 363	23
Febrero	2 951	12 039	0	14 990	34 344	44
Marzo	3 713	20 779	0	24 492	30 815	79
Abril	5 102	0	0	5 102	5 102	100
Mayo	4 276	0	23 107	27 383	252 873	11
Junio	4 536	0	26 871	31 407	262 560	12
Julio	4 676	0	36 115	40 791	263 729	15
Agosto	4 827	0	35 021	39 848	263 880	15
Septiembre	4 405	0	23 140	27 545	262 710	10
Octubre	3 590	16 901	0	20 491	17 672	116
Noviembre	2 584	11 253	0	13 837	29 465	47
Diciembre	2 065	8 760	0	10 825	42 467	25

Así pues la instalación consta de 208 paneles de 2,25 m² cada uno de captación con lo que el área de captación total asciende a 468 m². Se distribuyen en dos terrazas (Este y Oeste) situándose la sala de máquinas en el sótano del centro comercial.

7- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

De acuerdo con el dimensionamiento básico de la instalación se elige un esquema de principio correspondiente a un sistema de circulación forzada de usos combinados con un intercambiador de calor por cada aplicación (Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones de Energía Solar Térmica de Baja Temperatura).

De esta forma la figura 1 muestra un esquema representativo de la instalación. Las instalaciones están constituidas por un sistema de captación, sistema de acumulación, sistema de intercambio, circuito hidráulico, sistema eléctrico y de control y bomba de calor geotérmicas.

7.1 SISTEMA DE CAPTACIÓN:

El sistema de captación se situará en las terrazas Este y Oeste del edificio y contará con 208 paneles FKT-1S distribuidos en 13 filas de 8 captadores por fila en cada terraza.

El trazado de tuberías del campo de captadores se ha realizado por retorno invertido. Además cada batería de captadores consta de dos válvulas de corte (entrada y salida), una válvula de seguridad, un purgador y una válvula de corte para el purgador.

La distribución de captadores se ha realizado con el fin de evitar las sombras entre captadores incrementando así la radiación incidente. La figura siguiente muestra la distribución final en las terrazas del centro comercial.

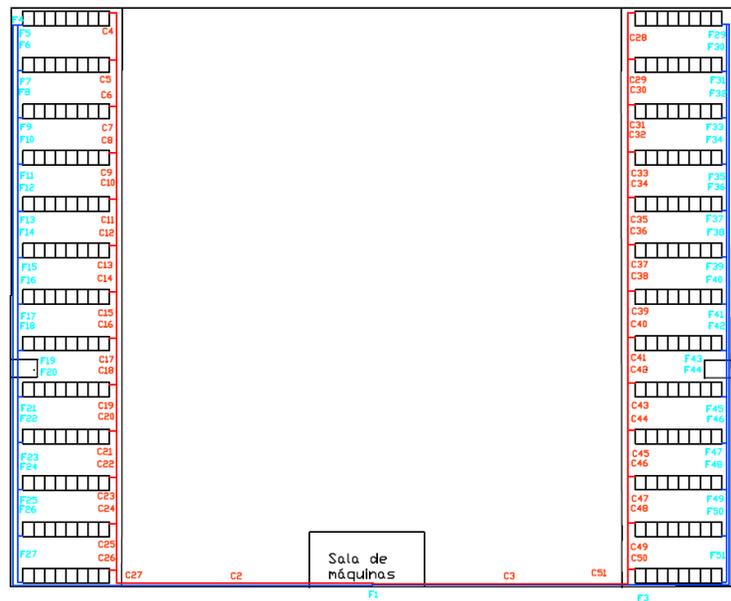


Figura 2: Esquema de la distribución de los captadores.

El calor recogido por el fluido caloportador (propilenglicol al 30%) se cede a través de tres intercambiadores de placas al agua del circuito secundario que será almacenada en acumuladores. Para los momentos de falta de calor, la bomba de calor geotérmica aporta la energía necesaria. En días de exceso de calor en la instalación el aerotermo disipará calor en las terrazas con el fin de que la presión no exceda de la máxima admisible (10 bar) y se pierda el fluido caloportador por evaporación. La figura 3 representa la sala de máquinas.

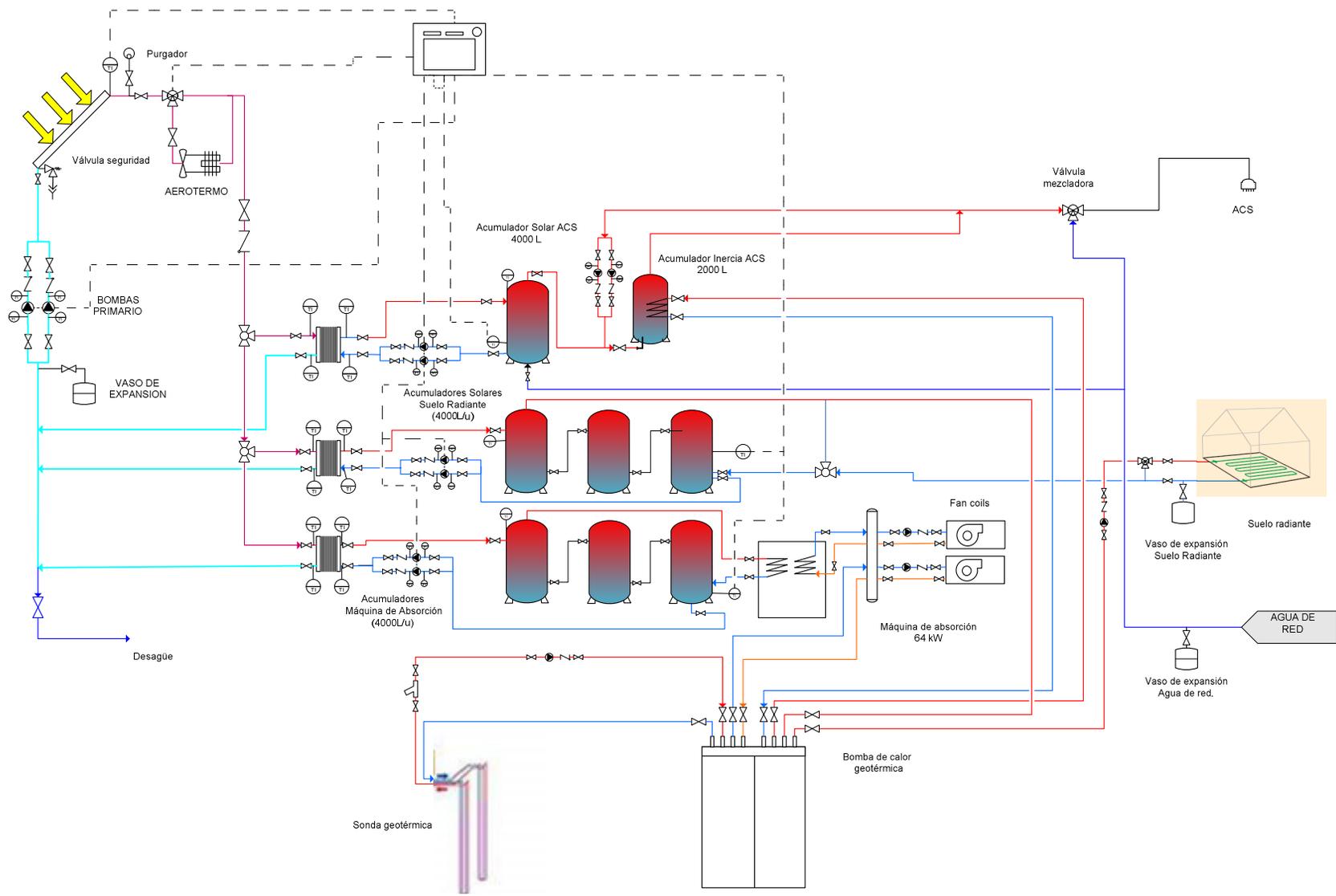


Figura 1: Esquema de la instalación.

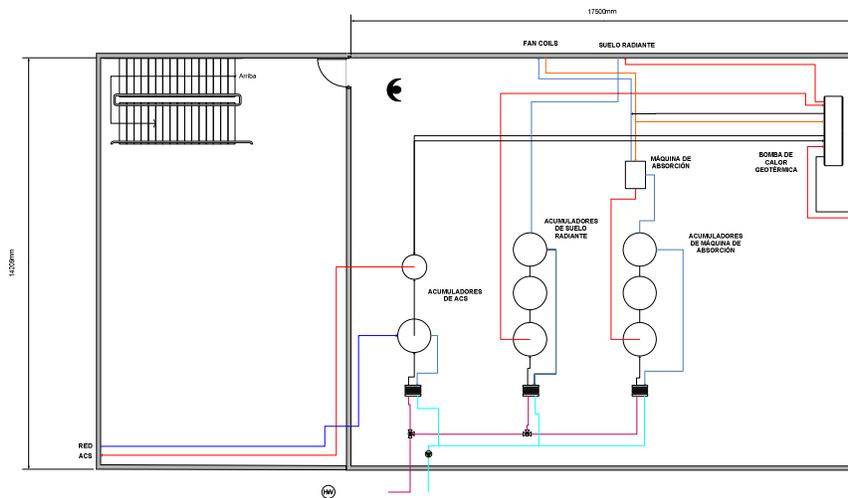


Figura 3: Sala de máquinas.

7.2 SISTEMA DE ACUMULACIÓN

El sistema de acumulación se realiza en depósitos de inercia de 4000 L de tal forma que se emplean 3 depósitos para Suelo Radiante, 3 para Refrigeración solar y 1 para ACS. Además es necesario un acumulador del sistema de apoyo para ACS, en este caso se ha seleccionado un depósito de 2000 L. De acuerdo con el CTE, la relación volumen de captación y área de captación para ACS debe encontrarse entre 50 y 180 L/m². Para Refrigeración Solar y Suelo Radiante la relación debe encontrarse entre 25 y 50 L/m².

Se han seleccionado depósitos de 4000 L de la marca Lapesa modelo MV-4000-L y un modelo Junkers MV-2000-SB de 2000 L con serpentín interno para el depósito de apoyo al ACS.

7.3 SISTEMA DE INTERCAMBIO

Se han diseñado tres intercambiadores de placas planas de potencia 500 veces superior al área de captación, respetando así los requisitos de CTE. Se ha seleccionado la marca Danfoss y las temperaturas de uso del agua como dato de diseño, 45°C para ACS, 50°C para Suelo Radiante y 90°C para Refrigeración Solar. La tabla 3 resume las potencias y el modelo.

Tabla 3: Intercambiadores de placas planas.

Intercambiador	Potencia(kW)	Modelo
Agua Caliente Sanitaria	675,1	XB 70H-1 80
Suelo Radiante	689	XB 70H-1 80
Refrigeración Solar	948,9	XB 70H-1 80

7.4 CIRCUITO HIDRAÚLICO

La interconexión de todos los sistemas se ha realizado mediante un circuito hidráulico de tuberías de cobre y acero. Además se ha dispuesto de un conjunto de accesorios, compuesto por valvulería, bombas de circulación, purgas, vaso de expansión y sistema de seguridad que completan el sistema.

El caudal que circula por los circuitos se ha dimensionado con un caudal unitario de 50 L/h por m² de área de captación. Se entiende que el caudal es igual en el circuito primario que en los diferentes circuitos secundarios. De esta forma con 208 captadores a 2,25 m² por captador el caudal del primario y secundario es de 23,4 m³/h.

El fluido de trabajo del circuito primario seleccionado es Propilenglicol (30%), se ha preferido este fluido frente al etilenglicol porque no es tóxico, al contrario que éste último. El propilenglicol es utilizado como refrigerante y anticongelante.

El movimiento del fluido caloportador por el circuito primario se lleva a cabo por una bomba de circulación, que tiene otra gemela para alternar el funcionamiento y alargar así la vida útil del equipo. De igual forma en el circuito secundario existen bombas de circulación con sus correspondientes gemelas. Todas ellas, tanto las del primario como las bombas del secundario, están equipadas con una válvula anti retorno en la impulsión, llaves de corte en la impulsión y en la aspiración y un manómetro diferencial que mide el salto de presión que da la bomba. La tabla 4 resume las bombas seleccionadas.

Tabla 4: Bombas de circulación.

Intercambiador	Caudal(m ³ /h) y Altura(m.c.a.)	Modelo
Primario	23,4 m ³ /h // 15,53 m.c.a.	CR 32-1
Secundario ACS	23,4 m ³ /h // 2,26 m.c.a.	TPE 80-60
Secundario Suelo Radiante	23,4 m ³ /h // 2,23 m.c.a.	TPE 80-60
Secundario Refrigeración Solar.	23,4 m ³ /h // 2,1 m.c.a.	TPE 80-60

7.5 VASO DE EXPANSIÓN

El vaso de expansión tiene como función absorber todas las dilataciones del fluido caloportador provocado por el aumento de temperatura en el sistema y así evitar que se incremente la presión en el mismo. A continuación, se muestran los volúmenes de cada uno de los elementos del circuito primario y el total en litros.

Tabla 5: Volúmenes del circuito primario.

Elemento del circuito primario	Vol (L)
Tuberías	1404
Captadores	297
Bombas	380
Intercambiadores de calor	64
Total en litros	2146

Para dimensionar el volumen del vaso de expansión, se utilizó la siguiente fórmula:

$$V = \frac{P_f}{P_f - P_i} \times \varepsilon \times V_i$$

Donde V_i es el volumen del contenido en agua del circuito, ε el incremento de volumen dependiente de la temperatura media, P_f la presión absoluta de tarado de la válvula de

seguridad y P_i la presión absoluta a la temperatura de llenado en frío. A continuación se muestran los datos aplicados a la fórmula para obtener el volumen necesario del vaso de expansión.

Tabla 6: Dimensionamiento vaso de expansión.

Magnitudes para cálculo vaso de expansión	Dato
Presión absoluta válvula de seguridad (bar)	6,00
Presión absoluta Temp. llenado en frío (bar)	2,40
Factor incremento de volumen por temperatura	0,0324
Volumen total circuito	2146
Volumen vaso de expansión en litros	92,70

Se obtiene un valor de 92,70 litros, por lo que se opta por utilizar un vaso de 100 litros. Se utilizó el factor $\epsilon = 0,0324$ debido a que puede ocurrir una diferencia máxima de temperatura de 90 grados Celsius en el sistema, cuya cambio de presión tiene que ser absorbido por el vaso.

8. BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA.

El sistema de apoyo de la instalación es una bomba geotérmica, que se engloba dentro de los denominados sistemas cerrados, de bucle vertical. Se han dimensionado 44 pozos con tuberías de doble U, de tal forma que existe una distribución equilibrada del flujo líquido caloportador.

Se han instalado dos bombas de calor geotérmicas modelo WW420, de FHP (Bosch Group). Son de tipo agua-agua, con ciclo reversible de calentamiento y refrigeración. El diseño modular de las bombas proporciona a la aplicación flexibilidad.

Las bombas de calor geotérmicas cuentan con control e interfaces de usuario para optimizar la unidad de operación con mayor flexibilidad, proporcionar más exactitud al control y a los modos de operación. Funcionan cuentan con Controladores DDC, preprogramados e instalados en la unidad de trabajo. La unidad opera al 100% permaneciendo con modo de control automático o conectado a un Sistema de Automatización del edificio (BAS) usando protocolos abiertos BACnet, Modbus, N2 o LonWorks.

Las temperaturas del agua pueden ser monitorizadas desde el ordenador de la central de control y desde el display indicativo de la unidad de fallo.

Los modos de operación de las bombas de calor se configuran para proporcionar enfriamiento, calentamiento, o autoconmutación sobre estrategias de control basadas sobre la aplicación de la unidad en el sistema. La configuración implementada es la típica en Europa, se expone en la figura 4.

Las conexiones de los intercambiadores están unidas mediante electrosoldaduras.

La implantación de dos bombas de calor geotérmicas se ha realizado tras un análisis de rentabilidad. El resultado del análisis es la obtención del VAN (periodo de retorno), cuya obtención tiene en cuenta el coste de la inversión, el mantenimiento de la instalación, el ahorro anual, y los agentes económicos.

En el análisis se han tenido en cuenta los incentivos por ahorro energético. Los proyectos de geotermia, dado que se trata de una energía renovable, pueden disfrutar de subvenciones de hasta el 40% del coste atribuible al carácter renovable.

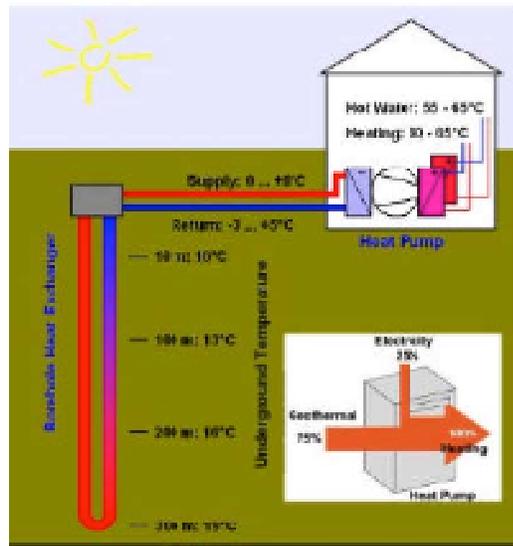


Figura 4: Configuración de la instalación geotérmica

9. SISTEMA DE CONTROL.

Se optó por realizar un sistema de control tipo SCADA y no una central típica de control, esto debido a la complejidad del sistema que se ha diseñado, para así tener un buen control del mismo y para disminuir los costes de mantenimiento y mejorar la fiabilidad del sistema. El sistema de control se ha desarrollado en la aplicación LabView versión 2009 de National Instruments y se utilizará un DAQ, que es una interface USB de adquisición de datos tanto analógicos como digitales de entrada y salida, por lo que tenemos información de cualquier dato o señal que se desee captar o enviar.

Otra de las razones por las que se optó por este sistema, es que se quiere vender la idea de un centro comercial verde, por lo que el sistema estará contabilizando en todo momento la energía verde aportada y con esta información se tendrá el número de las emisiones de CO₂ evitadas en tiempo real, el cual se mostrará en el área de restaurantes del centro comercial. Otra ventaja que posee este sistema es que el control puede ser operado y supervisado en cualquier parte del centro comercial que cuente con un ordenador con una conexión de red LAN del edificio.

El sistema se ha programado cumpliendo todas las normas del CTE y para alcanzar el máximo rendimiento del sistema posible. Cuenta con las entradas de las sondas de temperatura en la salida de los captadores, en el punto más frío de los acumuladores respectivos para ACS, suelo radiante y máquina de absorción, así como las salidas de señales para la activación de las bombas de primario y secundario, válvulas de tres vías y disipadores de calor.

Se ha diseñado para que la bomba de circulación arranque cuando haya una diferencia de temperatura mayor a siete grados y se detenga cuando hay una diferencia menor a dos grados. Para ACS esta diferencia se calcula entre un valor fijado y la temperatura del acumulador y para suelo radiante y máquina de absorción entre temperatura de salida de los captadores y la temperatura del acumulador. Se ha hecho de esta manera ya que el ACS trabaja a una temperatura menor que el suelo radiante y la máquina de absorción, por lo que se tiene que detener antes que los otros sistemas.

Se le han implementado varias medidas de seguridad, como la activación de un ventilador disipador de calor del circuito primario cuando la temperatura supere los 110 grados Celsius y si disminuye de 3, se pondría el sistema en funcionamiento, recibiendo calor de los

acumuladores, para así evitar la congelación del fluido caloportador, mostrándose en ambos casos una alarma en el panel de control. Así mismo, tiene configurado un tiempo mínimo de funcionamiento de cinco minutos para alargar la vida de las bombas y alterna el uso de las bombas del primario dependiendo del número de horas de uso. También cuenta con un sistema de seguridad que muestra una alarma y envía un correo electrónico de posible fallo de alguna de las bombas de primario, cuando la temperatura no aumente después de 15 minutos de funcionamiento, habilitando la otra bomba y dejando la otra desactivada hasta que se haga un chequeo de la misma.

10. AHORRO EMISIONES DE CO₂.

Para el cálculo de las emisiones evitadas se ha utilizado el valor de 0,649 kg de CO₂ por cada kWh de electricidad que se hubiera necesitado para cubrir lo aportado por el sistema solar y la bomba de calor geotérmica. Este valor se obtuvo de los últimos datos proporcionados por el IDAE sobre la estructura de la generación eléctrica en España. Aplicándolo a los 647.213 kWh/año ahorrados por la energía aportada por fuentes renovables, obtenemos que nuestra instalación evita un total de 420 toneladas de CO₂ a la atmósfera.

Para obtener el cálculo se ha tomado en cuenta que la bomba de calor geotérmica es considerada una energía renovable y para nuestro caso tiene un COP de 4,4, por lo que nuestro sistema auxiliar también evita emisiones de CO₂, ya que por un lado se utiliza una fuente de energía renovable y por el otro se reduce el consumo de electricidad.

Comparando la bomba de calor geotérmica con un sistema convencional con un COP de 2,8, obtenemos que se eviten 275,44 toneladas de CO₂. Respecto al ACS por el aporte solar obtenemos que se eviten 29 toneladas y de calefacción 50 respectivamente. En lo que respecta a la generación de frío con la máquina de absorción, esta demanda es de 144.254,80 kWh/año en fuente de calor, pero ya que tiene un COP de 0,7, tenemos 100.978,40 de aporte de frío, por lo que los ahorros de CO₂ son de 65,53 toneladas.

11. ANÁLISIS ECONÓMICO.

Para realizar el análisis económico se ha hecho la suma de todos los componentes, máquinas y costes de instalación para calcular la inversión total tomando en cuenta los costes de mantenimiento e inflación anuales. A la vez se han calculado para el flujo de efectivo los ahorros de energía aportados por los sistemas renovables y las subvenciones correspondientes que aplican a la instalación.

Con todos estos datos hemos obtenido los siguientes resultados:

Tabla 7: Balance económico.	
Análisis Económico	
Pay-back	10 Años exactos
VAN	38.875,88
TIR	6.12 %

El VAN y la TIR se han calculado con una duración de 15 años.

12. CONCLUSIONES.

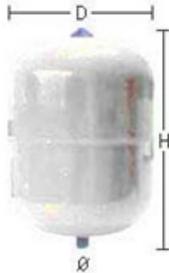
Podemos concluir que el retorno de la inversión del sistema a 15 años es alto, pero hay que tomar en cuenta que el hecho de poder promocionar el centro comercial como verde tiene un valor agregado que también hay que tomar en cuenta. La inversión inicial sin subvenciones es elevada (600.000 €) sin embargo la energía renovable ahorra emisiones y a la vez que permite operar con la fiabilidad de un sistema convencional.

El sistema se ha diseñado en todo momento optimizando al máximo el rendimiento de las tres aplicaciones y tomando en cuenta los costes de los componentes para hacerlo lo más rentable posible. Se ha observado que la aplicación de ACS y calefacción por suelo radiante pueden cubrirse con el aporte solar de forma económicamente viable, sin embargo la refrigeración solar por su alta demanda energética es cubierta fundamentalmente por el apoyo geotérmico.

El sistema de control que se ha diseñado nos va a dar el máximo rendimiento alcanzable posible y reducirá los costes de operación y mantenimiento, y a la vez nos dará un mejor control de la instalación.

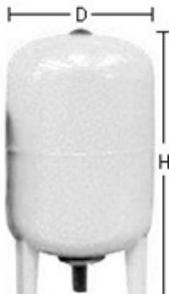


Membrana fija



Tipo	Capacidad (l.)	Presión Max. Bar	Dimensiones DxH	Conexión de Agua 0
5 SMF	5	10	200x240	3/4"
8 SMF	8	10	200x335	3/4"
12 SMF	12	10	270x304	3/4"
18 SMF	18	10	270x405	3/4"
24 SMF	24	8	320x425	3/4"

Membrana recambiable



Tipo	Capacidad (l.)	Presión Max. Bar	Dimensiones DxH	Conexión de Agua 0
35 SMR-P	35	10	360x615	1"
50 SMR-P	50	10	360x750	1"
80 SMR-P	80	10	450x750	1"
100 SMR-P	100	10	450x850	1"

UPONOR

SOLUCIONES UPONOR
DE CLIMATIZACIÓN INVISIBLE

MANUAL TÉCNICO
SISTEMA UPONOR MINI
PARA RENOVACIÓN TOTAL

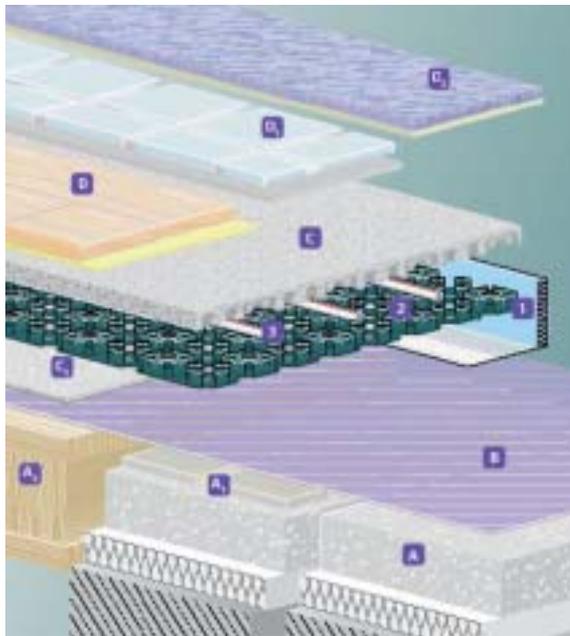


1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA/FUNDAMENTOS PARA LA DECISIÓN

Elementos de poca altura y regulación rápida.

El sistema para renovación Mini de Uponor ofrece muchas ventajas. El panel portatubos Uponor Mini para los tubos Eval PE-X de 9,9 x 1,1 mm se puede colocar fácilmente sobre el pavimento antiguo de madera o baldosa. Su reducida altura de solo "un centímetro" hace que este sistema sea ideal para reformas. Este panel viene con orificios perforados de fábrica en los tetones y espacios intermedios que sirven para que, una vez colocado el tubo, la masa niveladora penetre bien y se adhiera directamente al sustrato. Además,

la parte posterior del panel tiene una capa adhesiva, lo que también permite pegar el sistema al sustrato durante la instalación. Para un sellado seguro en la unión con la pared se utiliza el zócalo perimetral. La capa de nivelación se aplica justo hasta cubrir los tetones, de manera que la altura de instalación resulta de solo 15 mm. Tras un corto periodo de secado, se puede colocar directamente encima el pavimento definitivo que se desee. Debido a la cercanía entre el tubo y el revestimiento, el tiempo de calentamiento o enfriamiento es muy corto, lo que permite una rápida regulación.



- 1 Zócalo perimetral Uponor Mini
- 2 Panel portatubos Uponor Mini
- 3 Tubo Uponor Eval PE-X 9,9 x 1,1 mm
- A Pavimento antiguo con aislamiento térmico y acústico debajo
- A₁ Con baldosas
- A₂ Suelo de vigas de madera
- B Imprimación para la preparación del sustrato
- C Mortero autonivelante
- C₁ Capa niveladora adicional para suelos de vigas de madera
- D Parquet con pegamento para parquet
- D₁ Embaldosado con pegamento para baldosas y relleno para juntas
- D₂ Moqueta con pegamento para moquetas.

Mínima altura, máximo confort



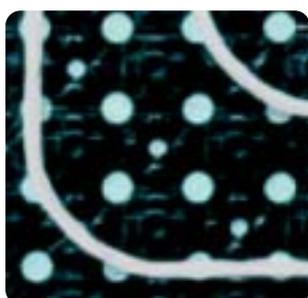
Panel portatubos de poca altura



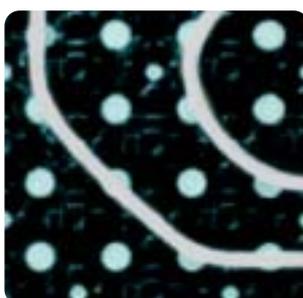
Sencilla colocación del panel portatubos



Fácil instalación de los tubos con una sola persona



Fácil colocación del tubo en ángulos de 90°



Fácil colocación del tubo en ángulos de 90°



Rápido calentamiento gracias al poco espesor

Se instala rápidamente, se puede pisar en poco tiempo

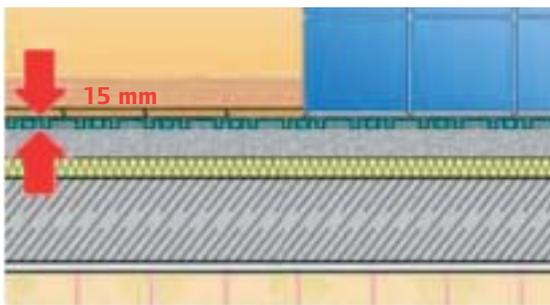
Uponor Mini conviene gracias a su reducido coste de instalación y al enorme confort que ofrece. Los paneles portatubos Uponor son estables y se pueden pisar, y garantizan una instalación rápida y económica de los tubos eval-Pex, ya que basta una sola persona para colocarlos. Se pueden utilizar sea cual sea la forma de la habitación y no es necesario que lleguen justo hasta el borde. En las puertas no son necesarias transiciones con elementos de compensación. Si se coloca Uponor Mini sobre suelos antiguos de madera, previamente habrá que aplicar una masa niveladora de al menos 5 mm. También se puede

utilizar sobre asfalto fundido. A continuación se colocará el panel portatubos. Los tubos flexibles UPONOR eval-Pex 9,9 x 1,1 se pueden colocar en ángulos de 90° y 45° y se fijan de forma rápida y sencilla en el panel Uponor Mini. La masa niveladora se aplica sobre el panel portatubos justo hasta cubrir los tetones, de manera que la altura de instalación es de solo 15 mm. Los orificios practicados garantizan una unión sólida con el sustrato pretratado. Así se obtiene una base óptima para la posterior colocación de baldosas, parquet o suelo laminado

Sus ventajas

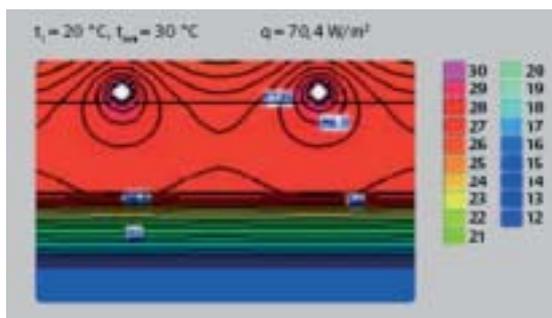
- Ideal para la colocación a posteriori al hacer reformas.
- Se puede colocar directamente sobre pavimentos o baldosas.
- Elementos de poca altura, alrededor de un centímetro.
- El panel portatubos se puede pisar.
- Calentamiento y enfriamiento rápido.
- Baja temperatura del agua de calefacción y alta temperatura del agua de refrigeración.

UPONOR MINI: MUY FLEXIBLE



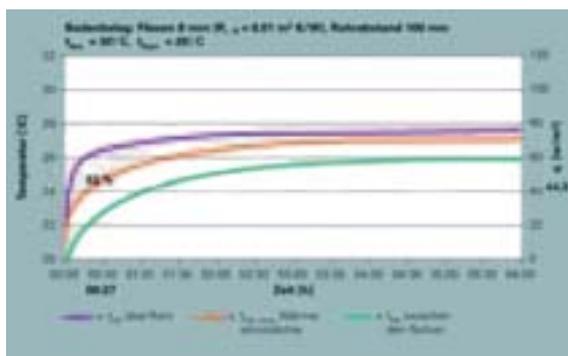
Sección de la estructura de un suelo con Uponor Minitec

Tanto si tiene calefacción por radiadores como si no, la calefacción de suelo radiante Uponor Mini es la solución ideal para la rehabilitación de casas unifamiliares o pisos.



Régimen de temperatura en la estructura de un suelo con Uponor Minitec

Habrá que tener en cuenta los requisitos de aislamiento de la norma UNE-EN 1264 parte 4, sobre todo en los edificios antiguos. También hay que tener en cuenta los márgenes de potencia máximos de Uponor Mini. Y es que solo así se garantizará que las necesidades de confort queden suficientemente cubiertas.



Rapidez de respuesta del sistema Uponor Minitec



2. Campo de aplicación

2.1. Generalidades

Uponor Mini es un sistema de climatización a baja temperatura para la calefacción y alta temperatura para refrigeración de edificios residenciales y no residenciales. Va integrado en la estructura del suelo

sobre el pavimento existente y recubierto con un mortero autonivelante de alto rendimiento. El suministro de calor y frío puede realizarse con cualquier fuente de energía tanto convencional como renovable.

2.2. Rehabilitación de edificios

Uponor Mini fue desarrollado como sistema universal sobre todo para la rehabilitación de edificios antiguos, ya que aquí es especialmente importante que el peso y la altura no sean muy elevados. Así, este sistema extraplano permite aprovechar todas las ventajas de la climatización invisible (comodidad térmica, máxima higiene, baja temperatura del

agua). La colocación sobre una estructura de vigas de madera requiere una especial preparación del sustrato. Para la preparación del sustrato es especialmente importante consultar con los fabricantes de los morteros autonivelantes. Para la estructura del suelo hay que tener en cuenta los requisitos del aislamiento térmico y acústico.

2.3. Capas de distribución de la carga

La capa de distribución de la carga suele ser el pavimento existente. El solador deberá revisar el pavimento para determinar si es

apropiado. Para las condiciones de instalación, véase el capítulo 5.2.

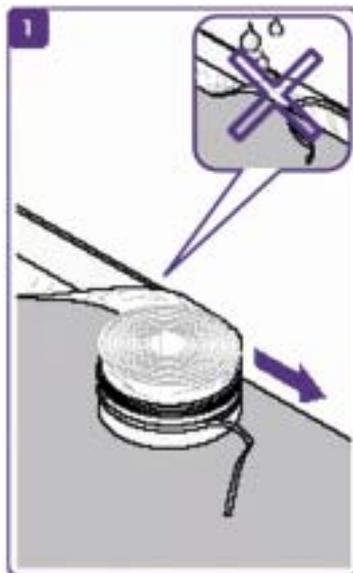
2.4. Capas de nivelación

Ya existe una gran variedad de masas de nivelación de distintos fabricantes que, según información de los mismos, han comprobado y determinado su aptitud para el uso con Uponor Mini. En función de las limitaciones de altura y del tiempo

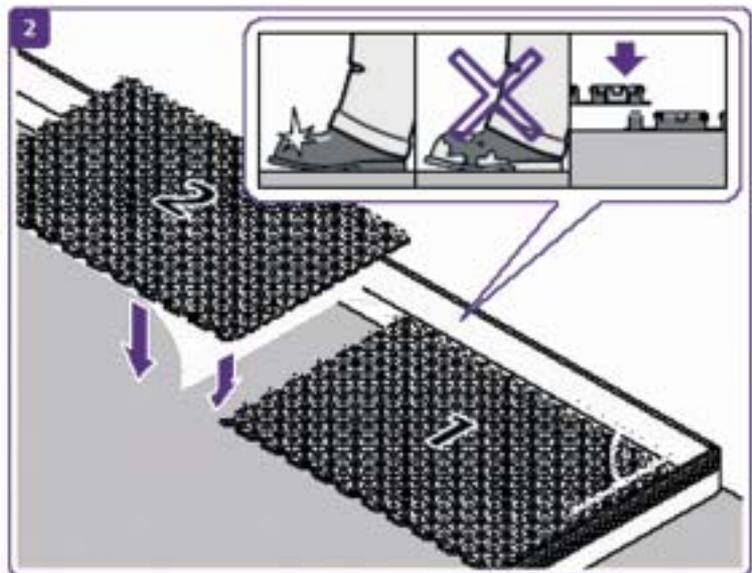
de que disponga para colocar el revestimiento del suelo, le proporcionaremos una lista que podrá entregar al solador con las posibles marcas de masas niveladoras y sus componentes. (Consulte con el Departamento Técnico)

3. Montaje

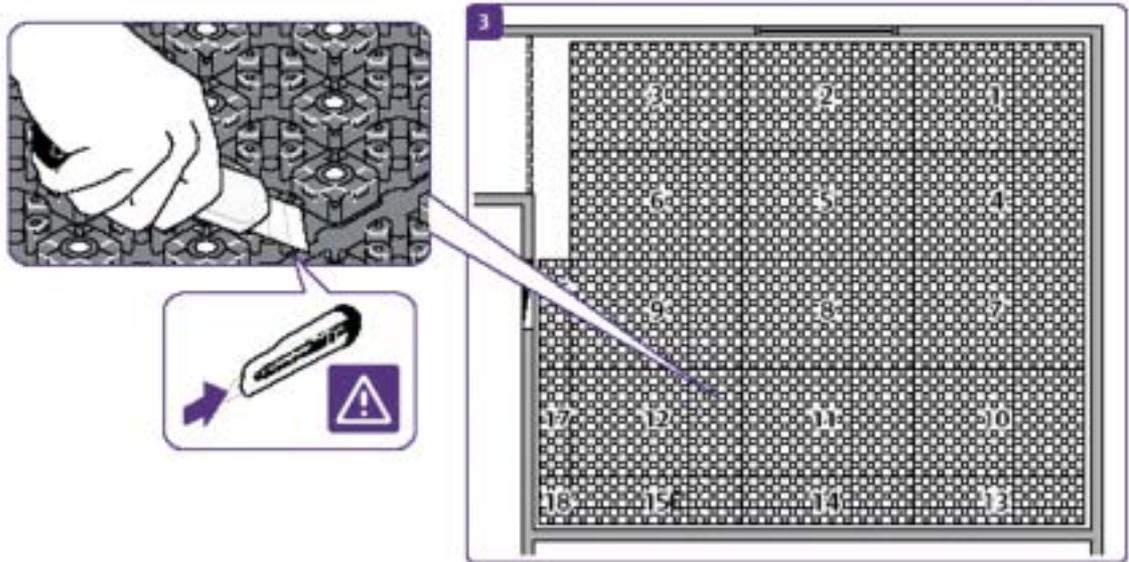
3.1. Pasos de montaje



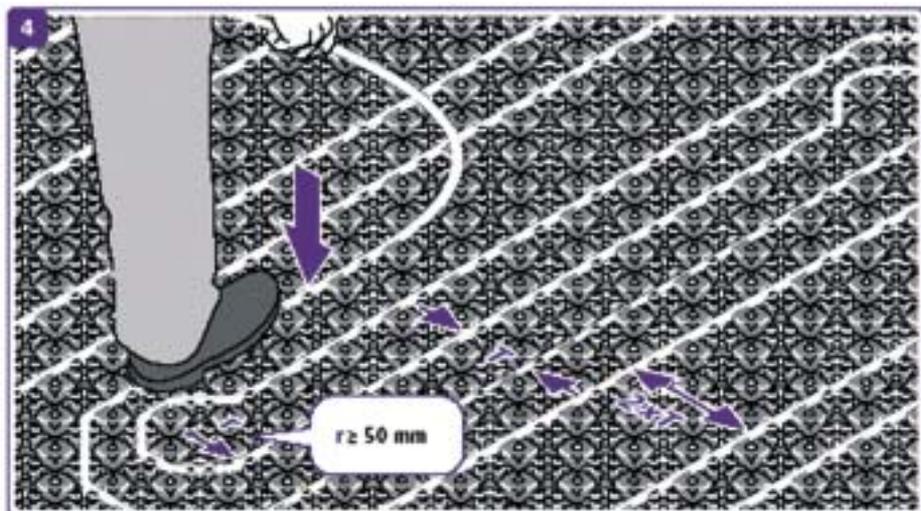
1. Colocar el zócalo perimetral



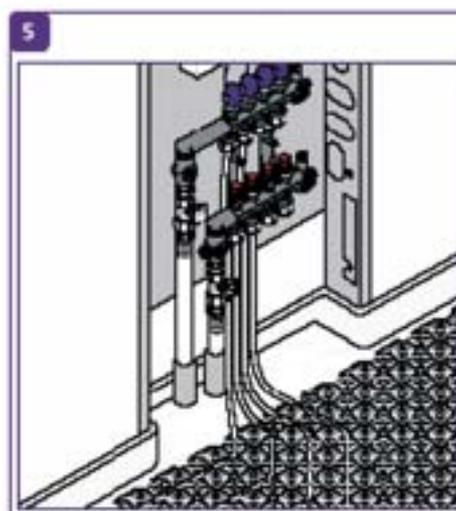
2. Colocar el panel portatubos



3. Esquema de colocación de los paneles portatubos



4. Colocación del tubo en el panel portatubos



5. Conexión del tubo al colector

4. Notas para la planificación de la estructura del suelo

4.1. Generalidades

Para planificar la estructura del suelo para una instalación de climatización invisible hay que tener en cuenta las leyes, reglamentos, directivas y normas vigentes.

- CTE “Código Técnico de la Edificación”
- RITE “Reglamento de instalaciones Térmicas en la Edificación”
- UNE EN 1264

4.2. Condiciones de instalación

Estado de la construcción.

Antes de realizar el suelo, deben estar montadas las ventanas y puertas exteriores y terminado el enlucido de las paredes y el montaje de las instalaciones técnicas del edificio, así como los cercos de las puertas y el enlucido de las ranuras para tubos. Todos los elementos en contacto con el suelo deben estar en su sitio. Para las capas de nivelación se seguirá la documentación del fabricante.

Sustrato portante.

Para recibir la capa de nivelación, el sustrato portante (pavimento) deberá estar suficientemente seco y su superficie lisa. No deberán asomar salientes, tuberías, cables ni similares. Si se detectan grietas en el sustrato, deberán subsanarse adecuadamente.

El solador deberá comprobar la capa de distribución de la carga y reparar adecuadamente las grietas.

Capas de nivelación.

Si el sustrato portante no cumple las tolerancias de planitud exigidas, será necesario nivelarlo mediante una capa de nivelación apropiada. Este requisito es aplicable para los pavimentos y suelos de madera. Por ejemplo, no es inusual que los suelos de tarima en los edificios antiguos estén

dañados y sea necesario sanearlos. Un requisito para cualquier medida que se tome es que las tablas estén “sanas”, asienten bien y sean resistentes. Atornillando los tablones se puede solucionar parte de las irregularidades.

El “balanceo” del suelo de madera no puede solucionarse con capas de nivelación o capas secas de distribución de la carga. Las grietas o agujeros de los nudos de los tablones deberán taparse. Como capa de nivelación se utilizará una masilla niveladora. Antes de aplicar la masilla niveladora, normalmente habrá que lijar la tarima saneada y aplicar una capa base. El grosor de la nivelación puede ser de 3-15 mm. Para que el suelo de madera pueda “trabajar” en los casos indicados, habrá que garantizar la ventilación inferior, por ejemplo, mediante ranuras de ventilación en la zona del rodapié.

El sustrato debe estar seco, ser estable y resistente, ofrecer adherencia y no presentar partículas sueltas. Los tablones deben estar bien fijos al envigado y machihembrados entre sí. No deben moverse ni ceder al peso, y en caso necesario deberán atornillarse. Utilizar masas de emplaste apropiadas (¡siguiendo las indicaciones del fabricante!).

4.3. Juntas

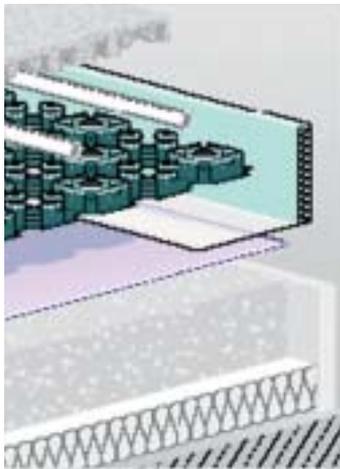
Zócalo perimetral

El zócalo perimetral desempeña una importante función entre la capa de distribución de la carga y los elementos verticales (para formar la junta perimetral). En general deberá comprobarse la junta perimetral existente y prolongarla hasta la altura de la capa de nivelación y el nuevo

revestimiento con el zócalo perimetral Mini. Las bandas aislantes perimetrales deben ir desde el sustrato portante hasta la superficie del revestimiento. Si sobresale la banda aislante, se pueden eliminar los restos una vez colocado el revestimiento del suelo.



Montar el zócalo perimetral Uponor Mini



Las bandas aislantes perimetrales deben ir desde el sustrato portante hasta la superficie del revestimiento.

4.4. Distribución de la carga/Campo de aplicación

Las capas de distribución de la carga en el sistema Uponor Mini han sido analizadas en un examen especial con una capa de nivelación seleccionada de acuerdo con DIN 1055-3. El certificado de examen

confirma un campo de aplicación para una carga útil de hasta 5,0 kN/m². El sustrato deberá ser adecuado para la carga útil requerida. (Esta comprobación corresponderá al solador.)

5. Dimensionamiento

5.1. Temperaturas

Temperatura de la superficie del suelo

Hay que prestar especial atención a la temperatura en la superficie del suelo, que deberá respetar los márgenes médicos y fisiológicos recomendados.

La diferencia entre la temperatura media en la superficie del suelo y la temperatura interna normal constituye, junto con la línea característica base, la base para el factor de potencia de la superficie del suelo a calentar. Las temperaturas máximas en la superficie vienen determinadas por la "densidad de flujo térmico límite" establecida en UNE EN 1264, que se tiene en cuenta como límite teórico de dimensionamiento en las tablas y diagramas de dimensionamiento.

En el caso del frío se toma como límite la temperatura de rocío del aire.

Temperaturas máximas en la superficie según DIN EN 1264:

- 29 °C en la zona de permanencia
- 35 °C en la zona perimetral
- 33 °C en los baños

Temperatura ambiente, sensación térmica y temperatura radiante media. Con una calefacción como la de suelo radiante de Uponor se puede conseguir un ahorro de energía considerable frente a otros sistemas de calefacción menos ventajosos.

El efecto de ahorro de energía se debe básicamente a que con los sistemas radiantes la temperatura interior de cálculo θ_{int} es la media entre la temperatura del aire y la temperatura radiante. Esto conlleva una disminución de la temperatura de cálculo dado que la temperatura radiante media es mayor que para otros sistemas de calefacción.

Exceso de temperatura del medio calefactor

El exceso de temperatura del medio calefactor $\Delta\theta_H$ se calcula como la media logarítmica de la temperatura de impulsión, la temperatura de retorno y la temperatura interna normal de acuerdo con la norma DIN EN 1264. Esta determina la densidad de flujo térmico para una estructura constante.

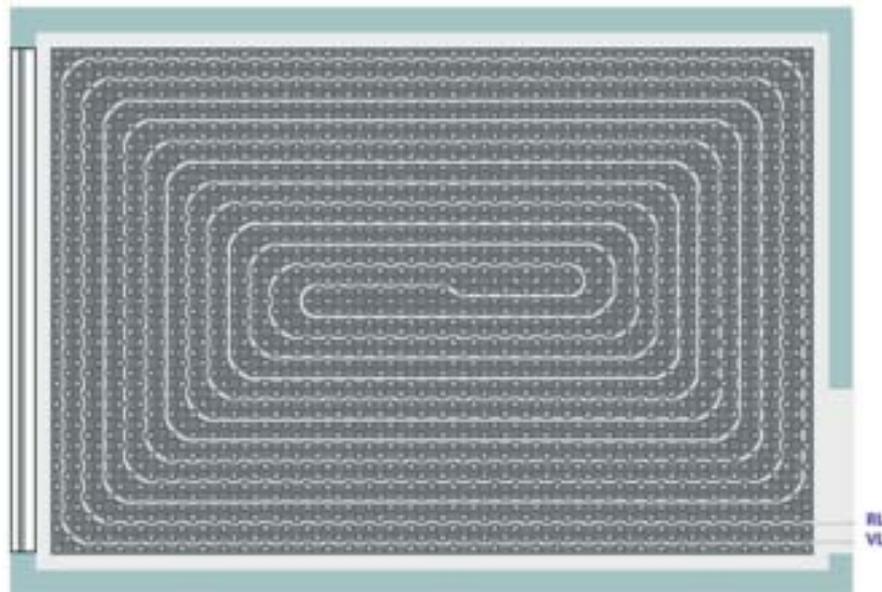
Ecuación (1) según DIN EN 1264, parte 3:

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_I}{\theta_R - \theta_I}}$$

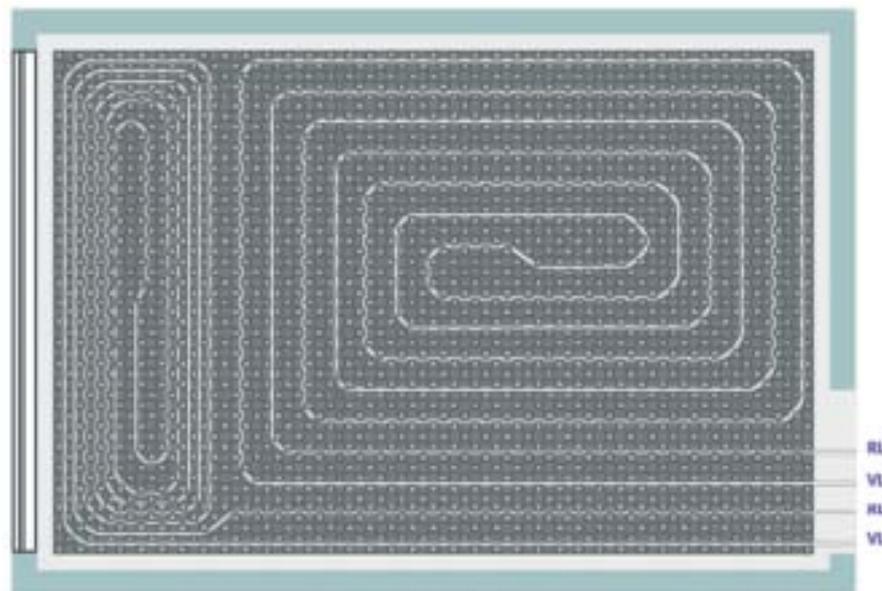
5.2. Distribución del espaciado entre tubos Vz

El tamaño de los circuitos de calefacción normales, independientes o combinados está limitado por la pérdida de presión total derivada de la densidad de flujo térmico, o el caudal másico y la longitud

de los tubos. Por eso, dependiendo de las características de la planificación, serán necesarias distintas distribuciones de los tubos.



Ejemplo de espaciado entre tubos Vz 10 para zonas de permanencia.



Ejemplo de espaciado para superficies con ventanales. Zona perimetral Vz 5 y zona de permanencia con Vz 15

5.3. Base para el cálculo

Dimensionamiento

El cálculo para el dimensionamiento de la calefacción radiante Uponor se basa en la línea característica base de UNE EN 1264, parte 2, y el cálculo normalizado de las necesidades térmicas según la norma UNE EN 12831. Para el dimensionamiento hay que tener en cuenta las normas legales sobre aislamiento según el CTE y la norma EN 1264. En los edificios de viviendas, la calefacción radiante Uponor se dimensiona para el revestimiento del suelo más desfavorable permitido. Y es que no se

puede suponer que una habitación con suelo de piedra seguirá teniendo ese revestimiento al cabo de los años. Si se dimensiona para ese tipo de suelo y luego se instala moqueta o parquet, solo podría conseguirse un calentamiento suficiente aumentando la temperatura del agua, lo que repercutiría negativamente sobre la eficacia de los calentadores de condensación y las bombas térmicas. Por eso el dimensionamiento debe hacerse con una inercia térmica de $R_{\lambda,B} = 0,15 \text{ m}^2 \text{ K/W}$.

Aplicación de las tablas de dimensionamiento

Los datos de la tabla de dimensionamiento para $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ se aplican a revestimientos con una inercia térmica máxima de $R_{\lambda,B} = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$. Las tablas de dimensionamiento permiten determinar de forma

rápida y global la distancia de colocación de los tubos y el tamaño máximo del circuito de calefacción, pero no sustituyen la planificación ni los cálculos. La aplicación de las tablas de dimensionamiento se realiza de la siguiente forma:

1. En el capítulo 6.4 hay que elegir la tabla de dimensionamiento para $\theta_i = 20^\circ\text{C}$.
2. Elija la fila con la máxima densidad de flujo térmico q_{des} prescrita para su proyecto (¡no válido para cuartos de baño!).
3. Vaya hacia la derecha en esta línea y seleccione una temperatura de entrada $\theta_{v,\text{des}}$.
4. A continuación, podrá consultar directamente en la intersección entre ambos datos el espaciado entre tubos V_z necesario y el tamaño máximo del circuito A_{Fmax} .
5. Después utilice la tabla de dimensionamiento para baños $\theta_i = 24^\circ\text{C}$.

Si se utilizan otros criterios de dimensionamiento, habrá que aplicar los diagramas de dimensionamiento y pérdida de presión en combinación con las ecuaciones para el cálculo o el software Uponor.

Criterios de dimensionamiento

- **Revestimiento del suelo $R_{\lambda,B} = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$**
- **Temperatura ambiente $\theta_i = 20^\circ\text{C}$**
- **Capa de nivelación 15 mm**

Aplicación de los diagramas de dimensionamiento

El diagrama de dimensionamiento ofrece una visión general completa de los siguientes factores de influencia y las relaciones entre ellos:

1. Densidad de flujo térmico de la calefacción de suelo radiante q en $[\text{W}/\text{m}^2]$
2. Inercia térmica del revestimiento del suelo $R_{\lambda,B}$ en $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$
3. Distancia entre tubos V_z en $[\text{cm}]$
4. Exceso de temperatura del medio calefactor $\lambda\theta_H = \theta_H - \theta_i$ en $[\text{K}]$
5. Densidad de flujo térmico límite mediante representación de la curva límite
6. Exceso de temperatura del suelo $\theta_{F,m} - \theta_i$ en $[\text{K}]$

Si se conocen tres factores de influencia, con ayuda de un diagrama se pueden determinar todos los demás. Con él se pueden determinar rápidamente las

densidades de flujo térmico para distintos revestimientos de suelos o la temperatura del medio calefactor.

Nota para la planificación:

- Tener en cuenta las curvas límite.
- Tener en cuenta la carga térmica máxima de la capa de distribución de la carga.

Zonas perimetrales

En los bordes de menor tránsito se pueden prever zonas perimetrales con un menor espaciado entre tubos V_z , con lo que se logrará una mayor temperatura de la superficie del suelo.

y sobre todo junto a las ventanas, lo que aumenta el confort.

El dimensionamiento de las zonas perimetrales se realiza con V_z 5, máximo V_z 10. ¡La anchura (distancia de la pared) de la zona perimetral será de un máximo de 1,0 m!

Con estas zonas perimetrales se compensan las pérdidas de calor en el perímetro,

Máxima temperatura de la superficie del suelo en la zona perimetral $\theta_{F,\max} = 35^\circ\text{C}$

Zona de conexión del distribuidor

Delante del distribuidor/colector de los circuitos de calefacción, los tubos se colocan con poca distancia entre ellos. Estas tuberías de conexión también emiten calor, lo que puede llevar a una emisión de calor o temperatura de la superficie demasiado alta en la zona afectada. Lo mejor es llevar los tubos a la habitación contigua por el camino más corto.

de 15 cm en espacios residenciales y de oficinas. En la planificación de naves grandes y proyectos similares, consúltenos específicamente su caso.

Cuartos de baño:

En las piscinas y espacios sanitarios es muy habitual el contacto directo de los pies con el revestimiento del suelo. Por tanto, por razones fisiológicas deberá dimensionarse V_z 5 para cuartos de baño y servicios, así como en la zona alrededor de las piscinas.

Espaciado entre tubos

Por motivos de comodidad, el espaciado entre tubos deberá limitarse a un máximo

Cocina:

Al planificar, no siempre se sabe qué zona quedará cubierta por los muebles de cocina, así que hay que calcular Vz 10 para la cocina.

Para garantizar una distribución uniforme del calor, hay que evitar dejar zonas vacías bajo los elementos fijos (excepto bajo chimeneas).

De acuerdo con la norma UNE EN 1264, parte 4, los tubos deben colocarse a una separación de más de:

- 50 mm de los elementos verticales de la obra y
- 200 mm de chimeneas, huecos abiertos o cerrados y huecos de ventilación.

Nota para la planificación:

- Baños Vz 5
- Cocinas mín. Vz 10
- Áreas residenciales/oficinas máx. Vz 15

Resistencia térmica del revestimiento del suelo

las características del material elegido y la documentación del fabricante.

Para conocer la inercia térmica del revestimiento del suelo hay que consultar

Valores orientativos de algunas inercias térmicas:

Moqueta	aprox. 0,06 - 0,15 m ² K/W
Parquet	aprox. 0,04 - 0,11 m ² K/W
PVC	aprox. 0,025 m ² K/W
Baldosas, mármol	aprox. 0,01 - 0,02 m ² K/W

Si los suelos de parquet, PVC o piedra se cubren con alfombras, habrá que

determinar la inercia térmica media $R_{\lambda,B}$ según la proporción de la superficie:

$$R_{\lambda,B} = [(A_{Ges} - A_B) \cdot R_{\lambda,0} + A_B \cdot (R_{\lambda,0} + R_{\lambda,T})] / A_{Ges}$$

$R_{\lambda,0}$ = Resistencia térmica sin alfombra
 $R_{\lambda,T}$ = Resistencia térmica de la alfombra
 $R_{\lambda,B}$ = Resistencia térmica media
 A_B = Superficie cubierta
 A_{Ges} = Superficie total

Ejemplo:

25 m² de baldosa $R_{\lambda,0} = 0,02$ m²K/W cubiertos con 8 m² de alfombra

$$R_{\lambda,T} = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W.}$$

$$R_{\lambda,B} = [(25 - 8) \cdot 0,02 + 8 \cdot (0,02 + 0,15)] / 25$$

$$R_{\lambda,B} = 0,07 \text{ m}^2\text{K/W}$$

5.4. Tablas de dimensionamiento para capa de nivelación de 15mm (Δp máx.=250mbar)



$\theta_i = 20$ °C, $R_{\lambda,B} = 0,15$ m² K/W

$\theta_{F,M}$ [°C]	q_{des} [W/m ²]	$\theta_{V,des} = 53$ °C ¹⁾		$\theta_{V,des} = 48$ °C		$\theta_{V,des} = 43$ °C	
		v_z [cm]	A_{FMAX} [m ²]	v_z [cm]	A_{FMAX} [m ²]	v_z [cm]	A_{FMAX} [m ²]
28,7	95,6	5	5,20				
28,2	90,0	5	6,25				
27,3	80,0	10	8,75	5	5,60		
26,9	75,0	10	10,05	5	6,60		
26,5	70,0	10	11,70	5	7,60		
26,1	65,0	10	12,80	10	9,75		
25,7	60,0	10	14,20	10	11,25	5	6,95
25,2	55,0	15	16,90	15	13,25	10	9,10
24,8	50,0	15	18,90	15	15,35	10	10,85
24,4	45,0	15	21,00	15	17,55	15	13,20
23,9	40,0	15	23,35	15	19,90	15	15,70



$\theta_i = 24$ °C, $R_{\lambda,B} = 0,02$ m² K/W

$\theta_{F,M}$ [°C]	q_{des} [W/m ²]	$\theta_{V,des} = 53$ °C ¹⁾		$\theta_{V,des} = 48$ °C		$\theta_{V,des} = 43$ °C	
		v_z [cm]	A_{FMAX} [m ²]	v_z [cm]	A_{FMAX} [m ²]	v_z [cm]	A_{FMAX} [m ²]
32,6	94,7	5	8,70	5	7,00		
32,2	90,00	5	9,15	5	7,45	5	5,20
31,3	80,0	5	10,15	5	8,45	5	6,30
30,9	70,0	5	11,25	5	9,55	5	7,50
29,7	60,0	5	12,55	5	10,80	5	8,75
29,2	55,0	5	13,25	5	11,50	5	9,45
28,8	50,0	5	14,05	5	12,25	5	10,15
27,9	40,0	5	14,50	5	14,05	5	11,85

Los datos de estas tablas de dimensionamiento se basan en los siguientes valores:

$R_{\lambda,ins} = 0,75$ m²K/W, $\theta_u = 20$ °C, capa de hormigón de 130 mm, extensión = 3-30 K, máx. longitud del circuito = 100 m, máx. pérdida de presión por circuito incl. 2 x 5 de tubería de conexión Δp max = 250 mbar

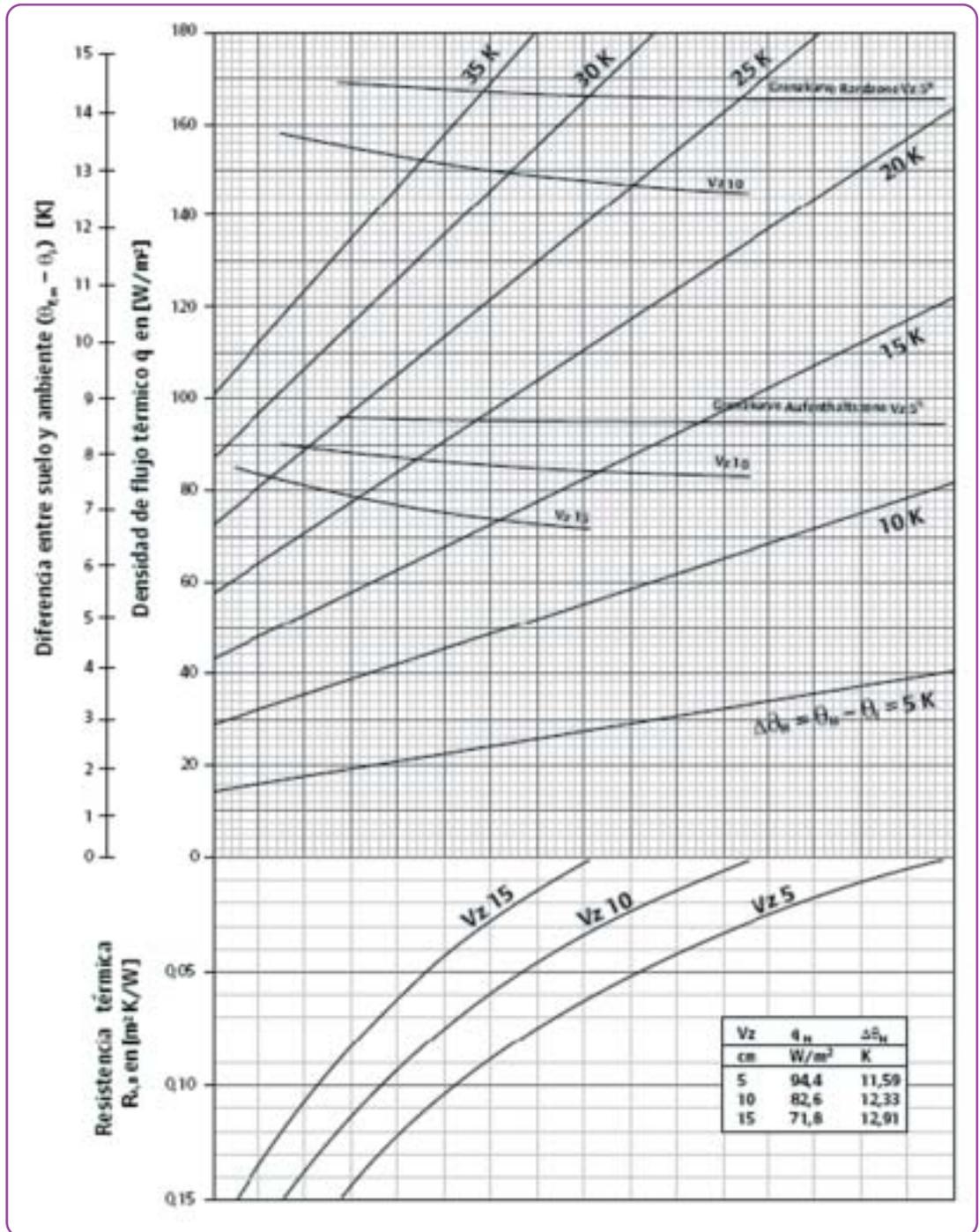
Para otras temperaturas de entrada, utilizar las

inercias térmicas o valores del diagrama de dimensionamiento de la página 36.

1) Para $\theta_{V,des} > 53$ °C se rebasa la densidad de flujo térmico límite y la temperatura máxima de la superficie del suelo de 29 °C o de 33 °C de la tabla de dimensionamiento para baños.

5.5. Diagrama de dimensionamiento

Diagrama de dimensionamiento para Uponor Mini con capa de nivelación de 15 mm



Curva límite de la zona perimetral Vz 5²⁾

Curva límite de la zona de permanencia Vz 5¹⁾

1) La curva límite se aplica a θ_i 20°C y $\theta_{F, \max}$ 29°C, y a θ_i 24°C y $\theta_{F, \max}$ 33°C

2) La curva límite se aplica a θ_i 20°C y $\theta_{F, \max}$ 35°C.

Nota: Según DIN EN 1264, quedan excluidos del dimensionamiento de la temperatura de entrada los baños, duchas y servicios.

Las curvas límite no deben rebasarse.

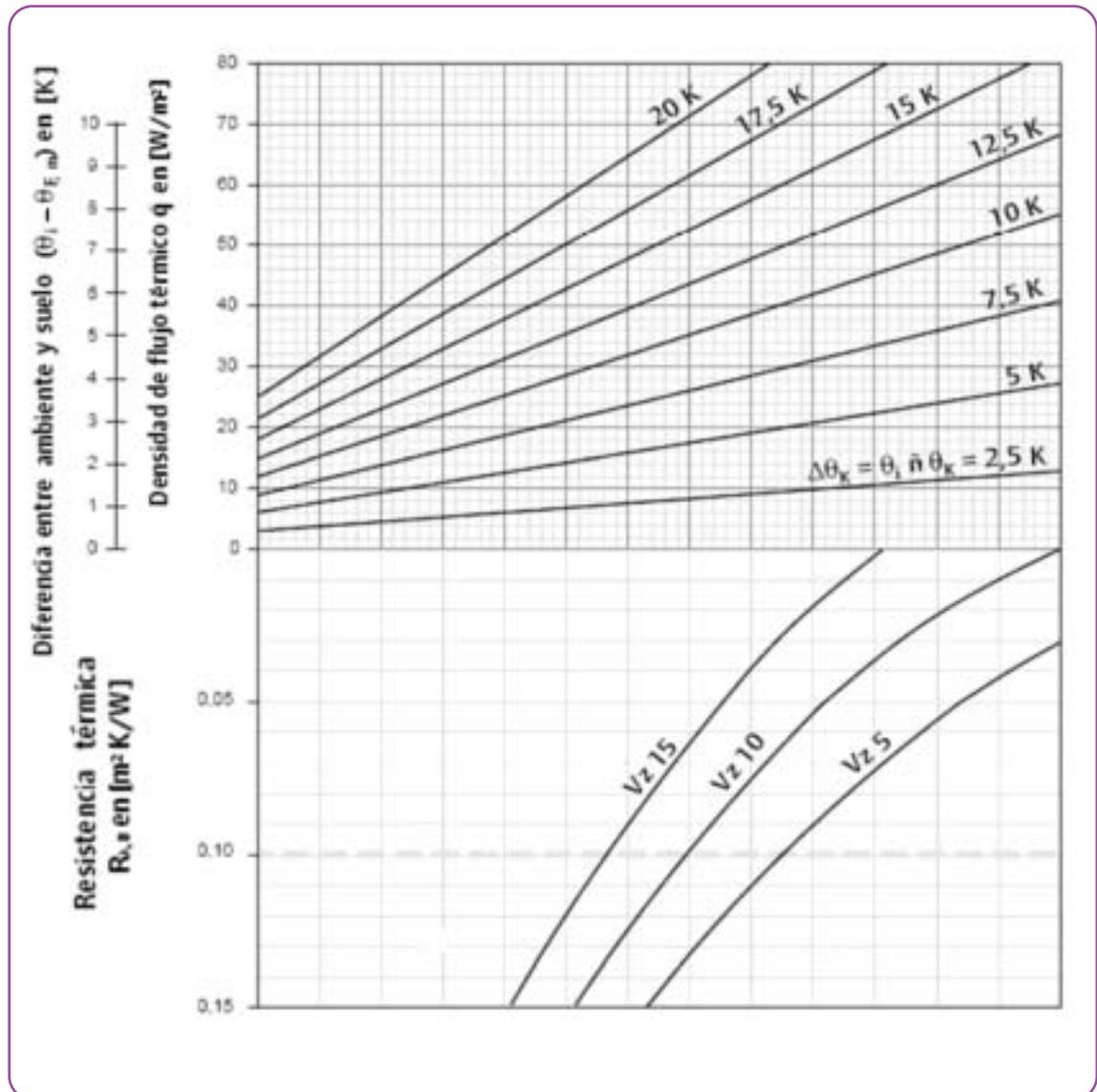
La temperatura de salida del dimensionamiento podrá tener como máximo el valor $\theta_{v,des} = \Delta\theta_{H,g} + \theta_i + 2,5$ K. $\Delta\theta_{H,g}$ se obtiene de la curva límite de la zona de permanencia para la menor separación entre tubos.

Diagrama de dimensionamiento para refrigeración

Uponor Sistema Mini

tubo 9,9 x 1,1 mm PE-Xa

con mortero autonivelante especial (S, = 5 mm)



HOT WATER LOW TEMPERATURE	MODEL LT 2	MODEL LT 3	MODEL LT 5
CAPACITY	64 KW	106 KW	173 KW
CHILLED WATER CIRCUIT			
Flow Rate	10.9 m ³ / Hr	18.1 m ³ / Hr	29.6 m ³ / Hr
Inlet / Outlet Temperature	12/7 ° C	12/7 ° C	12/7 ° C
Pressure Drop	26 Kpa	35 Kpa	33 Kpa
COOLING WATER			
Flow Rate	20 m ³ / Hr	44 m ³ / Hr	63 m ³ / Hr
Inlet / Outlet Temperature	29/35.76 ° C	29/34.4 ° C	29/34.7 ° C
Pressure Drop	35 Kpa	10 Kpa	89 Kpa
HOT WATER CIRCUIT			
Flow Rate	8.21 m ³ / Hr	14 m ³ / Hr	22 m ³ / Hr
Inlet / Outlet Temperature	90/80 ° C	90/80 ° C	90/80 ° C
Pressure Drop	20 Kpa	12 Kpa	9 Kpa
POWER CONSUMPTION	2.2 KVA	2.83 KVA	2.83 KVA
DIMENSIONS (Length/Width/Height)	1.8/1.4/2.2 m	2.3/1.4/2.1 m	2.4/1.5/2.5 m
OPERATING WEIGHT	2.5 Tons	3 Tons	4 Tons

Heat exchanger type	XB 70H-1 80		
Danfoss Code	004B2015		
PED-Category	:	II	
Capacity	[kW]	948,9	
		Hot side	Cold side
Flowrate	[l/s]	6,500	6,500
Temperature in	[°C]	101,0	54,3
Temperature out	[°C]	64,1	90,0
Real temperature T12	[°C]	64,1	
LMTD	[°C]	10,4	
Pressure drop	[kPa]	25,1	15,7
Velocity in connections	[m/s]	1,7	0,7
Velocity in channels	[m/s]	0,199	0,194

PHYSICAL DIMENSIONS

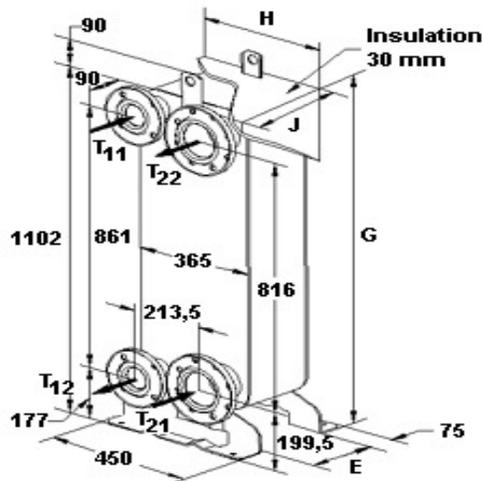
Number / elem	:	39	40
Water volume	[l]	21,45	28,00
Max. working pressure	[bar]	25	25
Max. working temperature	[°C]	180	180
Oversurfacing	[%]		0,00
All heatsurface	[m ²]		19,99
Total weight	[kg]		160,0

PHYSICAL PROPERTIES

Hot Side flow media		Propyl. Glycol 30%	
Cold Side flow media		#REF!	
Heat capacity	[kJ/kgK]	4,014	4,191
Density	[kg/m ³]	986,5	976,5
Viscosity	[mNs/m ²]	0,663	0,398
Thermal conductivity	[W/mK]	0,497	0,665
Re		1157	1859

EXTERNAL DIMENSIONS

E - 226 G - 1130 H - 365 J - 340



Plates:

Material: Steel EN 1.4404 (AISI 316 L)

Connections:

Material: Steel EN 1.4301 (AISI 304)

Flange: Primary DN 65, PN 40, DIN 2635

Flange: Secondary DN 100, PN 16, DIN 2633

T₁₁ Hot side in

T₁₂ Hot side out

T₂₁ Cold side in

T₂₂ Cold side out

42GW

UNIDADES FAN COIL DE CASSETTES HIDRÓNICAS

Datos físicos y eléctricos

Tamaño de la unidad	42GWC 004			42GWD 004			42GWC 008			42GWD 008			42GWC 010			42GWD 010			
	42GWE 004			42GWE 008			42GWE 010												
Velocidad del ventilador	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	
Caudal de aire	l/s	100	125	184	100	125	184	86	136	194	86	136	194	131	167	236	131	167	236
	m ³ /h	360	450	662	360	450	662	310	490	698	310	490	698	472	601	850	472	601	850
Modo de refrigeración, sistemas de 2 tubos																			
Capacidad frigorífica total*	kW	1,55	1,90	2,4	-	-	-	1,90	2,85	4,00	-	-	-	2,85	3,50	4,70	-	-	-
Capacidad frigorífica sensible*	kW	1,31	1,49	2,01	-	-	-	1,41	2,16	3,10	-	-	-	2,30	2,80	3,90	-	-	-
Caudal de agua	l/s	0,07	0,09	0,11	-	-	-	0,09	0,14	0,19	-	-	-	0,14	0,17	0,22	-	-	-
	l/h	267	327	413	-	-	-	327	490	688	-	-	-	490	602	808	-	-	-
Caída de presión del agua	kPa	3,7	5,0	10,0	-	-	-	4,0	7,0	12,0	-	-	-	6,0	10,0	20,0	-	-	-
Modo de calefacción, sistemas de 2 tubos (42GWC)																			
Capacidad calorífica*	kW	2,16	2,49	3,15	-	-	-	2,02	3,43	4,19	-	-	-	3,69	4,38	6,02	-	-	-
Caída de presión del agua	kPa	3,7	5,0	10,0	-	-	-	3,8	6,9	12,5	-	-	-	5,0	8,0	17,0	-	-	-
Calentadores eléctricos (sólo 42GWE)	W	1500			-	-	-	2500			-	-	-	2500			-	-	-
Modo de calefacción, sistemas de 4 tubos																			
Capacidad calorífica*	kW	-	-	-	1,20	1,40	1,90	-	-	-	2,13	3,18	4,25	-	-	-	2,73	3,50	4,61
Caudal de agua	l/s	-	-	-	0,03	0,03	0,04	-	-	-	0,05	0,08	0,10	-	-	-	0,07	0,08	0,11
	l/h	-	-	-	107	124	163	-	-	-	183	273	366	-	-	-	235	301	396
Caída de presión del agua	kPa	-	-	-	14,2	19,2	30,7	-	-	-	20,0	24,4	24,4	-	-	-	41,5	62,2	66,3
Alimentación eléctrica	V-fases-Hz	230-1-50			230-1-50			230-1-50			230-1-50			230-1-50			230-1-50		
Potencia absorbida	W	40	50	70	35	45	70	80	60	90	35	55	85	60	80	100	55	75	95
Nivel de potencia sonora	dB(A)	34	38	49	34	48	49	34	45	54	34	45	54	44	50	59	44	50	59
Nivel de presión sonora**	dB(A)	22	26	37	22	26	37	22	33	42	22	33	42	32	38	47	32	38	47
Valor NR		17	21	32	17	21	32	17	28	37	17	28	37	27	33	42	27	33	42
Dimensiones, unidad																			
(altura x anchura x profundidad)	mm	298 x 575 x 575			298 x 575 x 575														
Dimensiones, rejilla																			
(altura x anchura x profundidad)	mm	30 x 720 x 720			30 x 720 x 720														
Peso, unidad	kg	19			19			20			20			20			20		
Peso, rejilla	kg	2,5			2,5			2,5			2,5			2,5			2,5		

Tamaño de la unidad	42GWC 012			42GWE 012			42GWC 016			42GWE 016			42GWC 020			42GWD 020			
	42GWE 020			42GWE 020			42GWE 020			42GWE 020			42GWE 020			42GWE 020			
Velocidad del ventilador	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	
Caudal de aire	l/s	150	203	283	150	203	283	147	242	338	147	242	338	178	315	468	178	315	468
	m ³ /h	540	731	1019	540	731	1019	529	871	1217	529	871	1217	641	1134	1685	641	1134	1685
Modo de refrigeración, sistemas de 2 tubos																			
Capacidad frigorífica total*	kW	3,40	4,50	6,30	3,40	4,50	5,90	3,17	5,10	7,60	4,10	6,10	8,30	3,90	7,10	10,00	4,60	8,10	11,00
Capacidad frigorífica sensible*	kW	2,70	3,60	5,20	2,70	3,60	4,80	1,74	3,24	5,11	2,67	4,24	5,81	2,52	4,78	7,15	3,22	5,78	8,15
Caudal de agua	l/s	0,16	0,22	0,30	0,16	0,22	0,28	0,15	0,24	0,36	0,20	0,29	0,40	0,19	0,34	0,48	0,22	0,39	0,53
	l/h	585	774	1084	585	774	1015	545	877	1307	705	1049	1428	671	1221	1720	791	1393	1892
Caída de presión del agua	kPa	9,0	12,3	24,6	8,0	11,0	19,0	2,8	5,6	14,0	4,4	9,8	15,3	4,4	12,4	24,0	5,0	15,0	25,0
Modo de calefacción, sistemas de 2 tubos (42GWC)																			
Capacidad frigorífica*	kW	4,38	5,87	8,11	4,80	6,30	8,50	4,30	7,30	10,80	4,58	7,14	9,70	5,40	10,00	13,90	5,80	10,30	14,40
Caída de presión del agua	kPa	6,5	10,0	19,0	6,5	8,0	16,0	2,7	5,6	12,3	3,4	7,9	13,6	3,3	10,7	21,3	4,9	14,7	27,0
Calentadores eléctricos (sólo 42GWE)	W	-	-	-	3000			-	-	-	3000			-	-	-	3000		
Modo de calefacción, sistemas de 4 tubos																			
Capacidad frigorífica*	kW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,10	7,90	9,00
Caudal de agua	l/s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12	0,19	0,22
	l/h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	439	679	774
Caída de presión del agua	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,0	43,0	58,0
Alimentación eléctrica	V-fases-Hz	230-1-50			230-1-50			230-1-50			230-1-50			230-1-50			230-1-50		
Potencia absorbida	W	33	51	85	33	51	85	40	75	120	40	75	120	70	140	200	70	140	200
Nivel de potencia sonora	dB(A)	36	41	49	36	41	49	41	49	56	41	49	56	42	55	63	42	55	63
Nivel de presión sonora**	dB(A)	24	29	37	24	29	37	29	37	44	29	37	44	30	43	51	30	43	51
Valor NR		19	24	32	19	24	32	24	32	39	24	32	39	25	38	46	25	38	46
Dimensiones, unidad																			
(altura x anchura x profundidad)	mm	298 x 825 x 825			298 x 825 x 825			298 x 825 x 825											
Dimensiones, rejilla																			
(altura x anchura x profundidad)	mm	30 x 960 x 960			30 x 960 x 60			30 x 960 x 960											
Peso, unidad	kg	41			41			43			43			46			46		
Peso, rejilla	kg	5			5			5			5			5			5		

* Basado en las condiciones de las normas Eurovent:
 Temperatura del aire de refrigeración 27°C bulbo seco/19°C bulbo húmedo, temperatura de entrada/salida del agua 7°C/12°C
 Calefacción con 2 tubos: Temperatura del aire de 20°C, temperatura de entrada del agua de 50°C, igual caudal de agua que en refrigeración
 Calefacción con 4 tubos: Temperatura del aire 20°C, temperatura de entrada/salida del agua 70°C/60°C

** Los niveles de presión sonora se basan en una atenuación supuesta para la habitación y el sistema (difusor, conductos, techo) de -18 dB(A) en un sistema de 2 tubos



CARACTERÍSTICAS

- Seis tamaños con baterías de dos tubos, de dos tubos y calentador eléctrico o de cuatro tubos, con caudales que oscilan entre 100 y 470 l/s, capacidad frigorífica entre 1,5 y 11 kW y capacidad calorífica entre 2 y 14 kW
- Sistema de fan coil con cassette, de agua enfriada, diseñado para su instalación en falso techo con una rejilla compacta de distribución de aire integrada en el panel del techo
- Refrigeración y calefacción fiables y económicas para aplicaciones comerciales ligeras, oficinas, tiendas, restaurantes, exposiciones, vestíbulos y salas de reuniones
- Rejilla de entrada de aire elegante, que combina con cualquier decoración
- Tamaño reducido que utiliza una batería en forma de U
- Altura reducida de 300 mm
- Diseño compacto para una mayor flexibilidad de la instalación
- Las salidas de aire de dos, tres o cuatro vías permiten una difusión del aire por efecto Coanda para adaptarse a los requisitos particulares de confort
- Bajo nivel de ruido
- Calentador eléctrico seguro, instalado en fábrica, para calentamiento del agua caliente en una o dos etapas
- Pequeña caída de presión hidráulica, compatible con todos los kits de bombas de enfriador
- Fácil mantenimiento con acceso directo a todos los componentes principales desde la parte inferior

OPCIONES/ACCESORIOS

- Válvulas de dos o cuatro vías
- Deflectores mecánicos
- Receptor de infrarrojos situado en la rejilla
- Kit de obstrucción de salida de suministro de aire

MANDOS DE SERIE

Termostato electrónico



- Dos versiones, A y B, con potenciómetro
- Selección de tres velocidades, automática o manual
- Cambio de modalidad automático o manual
- Control de calefacción eléctrica
- Modos confort/económico/protección de engelamiento

Controlador HDB



- Pantalla digital o terminal de infrarrojos
- Posibilidad de agrupamiento de unidades
- Parámetros y ajustes regulables
- Temporizador y programador de días

Controlador de comunicaciones NTC



- Comunicación de red
- Compatible con sistema Aquasmart Evolution
- Gestión de IAQ y DCV
- Control automático de las persianas y de la iluminación

Disipador de calor 125.5kW - 5000l/h - 18kPa

Referencia: SDS050/2A4SH-22C-BLOWER

Marca: **Stefani**

Entre los más vendidos



Disipador de calor para instalaciones solar térmicas preparados para ubicación en la intemperie.

Intercambiador de calor

Las aletas, totalmente rediseñadas, son de concepción nueva y han permitido una clara mejora del coeficiente de intercambio térmico.

Los tubos de cobre van internamente estriados y permiten una mejora del coeficiente interno de transmisión térmica sin perjudicar en exceso la pérdida de carga.

Diseño y materiales

Carrozado en acero galvanizado con pintura resistente a la corrosión RAL 9002

Chassis en acero galvanizado

Colectores y codos protegidos por paneles metálicos para modelos 050

Tubos de cobre y aletas de aluminio

Motoventiladores

Nuevos motor de alta eficacia y bajo consumo de energía con protección térmica incorporada, grado de protección IP54. Rejillas según normativa de seguridad. Cada sección de ventilación está separada de las otras para permitir un control de temperatura por etapas. Palas de los ventiladores con perfil optimizado para conseguir bajos niveles sonoros.

Control de calidad

Las baterías son comprobadas con una presión de 33bars con aire seco.

Versiones especiales

Aletas de aluminio lacado

Aletas de cobre

Tubos en acero inoxidable

Carrozado y chassis en acero inoxidable

Tratamiento por cataforesis del intercambiador

Regulador de velocidad con control de temperatura

Características técnicas

Potencia	125,5	kW	Fluid ETH. Glycol	30	%
Temperatura de entrada del aire	35	°C	Temperatura de entrada fluido	90	°C
Temperatura de salida del aire	60,2	°C	Temperatura de salida fluido	66,6	°C
Humedad relativa	40	%	Caudal del fluido	5	m3/h
Altitude	0	m	Presión	18	kPa
Caudal del aire	15250	m3/h	Frecuencia	50	Hz
Numero de ventiladores	2		Velocidad de rotación	1210	l/min
Diámetros del ventilador	500	mm	Potencia motor	1540	W
Voltaje	230	V	Amperaje	6,8	A
Superficie	55,9	m2	Nivel de ruido	55	dB(A)
Volumen interior	8,2	dm3	Distancia	10	m
Espacio de aletas	2.1	mm	Tubos		Cobre
Peso	81	kg	Aletas		Aluminio
Conexión entrada	1"1/4		Longitud	1025	mm
Conexión salida	1"1/4		Altura	835	mm
			Ancho	440	mm

PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Elemento	Marca	Descripción Características	Unidades	Precio Unitario €	Precio S/IVA €
Captador	Junkers	<p>Modelo: FKT-1S</p> <p>Captador solar plano de alto rendimiento, con tratamiento altamente selectivo (PVD), para montaje en vertical.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Circuito hidráulico en doble serpentín. - Permite conexión en paralelo hasta 10 captadores. - Uniones metálicas flexibles, de muy fácil conexión y gran durabilidad. - Aislamiento de lana mineral de 55 mm. de espesor. - Estructura en forma de caja, realizada en fibra de vidrio. - Superficie apertura: 2,25 m2. - Dimensiones totales: 1.145 x 2.070 x 90 mm. 	208	750	156000
Estructuras	Junkers	<p>Modelo: FKF 3</p> <p>Bastidor soporte básico para montaje de captadores verticales sobre cubierta plana.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Permite regulación del ángulo de inclinación, entre 30° y 60°, con ajustes de 5 en 5 grados. - Realizado en aluminio. - Permite fijación sin anclajes, mediante el empleo del accesorio FKF 7. - Necesario uno por cada grupo de captadores. 	208	190	39520
Acumulador de un serpentín	Junkers	<p>MV - 2000 - SB</p> <p>Depósitos de gran capacidad fabricados en acero con revestimiento epoxídico de calidad alimentaria, dotados de intercambiadores de serpentín desmontables, realizados en acero</p>	1	5660	5660

		<p>inoxidable, para la producción de agua caliente sanitaria en instalaciones de gran consumo. Con posibilidad de incorporación de resistencia eléctrica de calentamiento. Superficie de intercambio apta para el uso en sistemas solares (adaptada al CTE). Se suministran sin forro (opcional). Temperatura máxima de acumulación: 90°C. Presión máxima de acumulación: 8 bar. Temperatura máxima en el circuito primario: 200 °C. Presión máxima en el circuito primario: 25 bar.</p>			
Válvula de Seguridad	Junkers	Obligatoria instalación	26	17	442
Acumulador	Lapesa	Modelo MV-4000-L Capacidad Total: 4000 l Peso en vacío aprox: 870 s: Conexión lateral: 4 p: Conexión superior: 2 tm: Conexión lateral: 1/2 eh: Conexión lateral: 2 k: Conexión inferior: 1- 1/4 Cota A: Diámetro exterior: 1910 Cota B: Longitud Total: 2310	7	3491	24437
Máquina de absorción	Thermax	Modelo: LT2 64 kw Hot waterlt 2 de 64KW Low temperature CAPACITY64 kw Chilled water circuit. Flow Rate 10.9 m ³ / Hr Inlet / Outlet Temperature 12/7 ° C Pressure Drop 26 Kpa Cooling water Flow Rate20 m ³ / Hr Inlet / Outlet Temperature 29/35.76 ° C Pressure Drop35 Kpa	1	10000	10000

		Hot water circuit Flow Rate 8.21 m ³ / Hr Inlet / Outlet Temperature 90/80 ° C Pressure Drop 20 Kpa Power consumption 2.2 KVA Dimensions 1.8/1.4/2.2 m (Length/Width/Height) Operating weight 2.5 Tons			
Líquido Solar (2145 L)	Junkers	Modelo:WTF 20 S Líquido solar. Bidón 20 l.	108	80	8640
Tubería		Diámetro exterior 28mm			685.098
Tubería		Diámetro exterior 35mm			515.504
Tubería		Diámetro exterior 42mm			738.815
Tubería		Diámetro exterior 54mm			2 598.528
Tubería		Diámetro exterior 64mm			11 122.38
Tubería		Diámetro exterior 76mm			3.77
Válvula de corte	Roth PST System	Válvula de corte.	133	64.9	8631.7
Válvula de corte para purgador	Roth PST System	Válvula de corte para purgador automático. Conexión 3/8" M - 3/8" H. Presión máxima de servicio: 10 bar Rango de temperaturas de trabajo: -30°C a 200°C	26	20.9	543.4
Válvula de tres vías	Roth PST System	Válvula de tres vías con rosca interna	5	35	175
Válvulas Antiretorno	Roth PST System	Válvula antiretorno.	11	10.9	119.9
Purgador	Roth PST System	Purgador automático de aire para instalaciones solares. Cuerpo en latón. Cromado. Conexión 3/8" M. Max. Presión de trabajo: 10 bar. Max. Presión de descarga: 5 bar Rango de temperaturas de trabajo: -30°C a 200°C	1	35.7	35.7
Fan-Coil		Carrier Modelo:42GWC 012 2 tubos	123	407	50061
Bomba (Primario)		CR32-1	2	1980	3960
Bomba (Secundario)		TPE-80-60	6	2823	16938

Vasos de Expansión		100 litros Industrias Ibaiondo modelo 100 SMR-P	1	198.24	198.24
Suelo radiante (2500 m2)		Tubo marca UPONOR-PRO Eval Pex tubo de 16X1,5			34028
Bomba de calor geotérmica		WW420: capacidad de refrigeración 328 KW, EER 13,2, potencia de calentamiento 479 kW, COP 4,4	2	65000	130000
Indicadores de temperatura (Ti)			19	30	570
Indicadores de presión (Pi)			20	30	600
Aerotermino (115 kW)		Aerotermino disipador de calor de 125,5kW, 500 l/h	2	1769.4	3538.8
Intercambiador	Danfoss	Danfoos XB-70H-1 80	1	3500	3500
Intercambiador	Danfoss	Danfoos XB-70H-1 80	1	3500	3500
Intercambiador	Danfoss	Danfoos XB-70H-1 80	1	3500	3500
Sistema de control		Ordenador, Programación del sistema y interface USB de adquisición de datos, National Instruments Modelo: NI USB-6009	1	1500	1500
Perforaciones para instalación Geotérmica		Representa el 40% del coste de instalación.			60000
M.O de instalación de captadores y tuberías		Representa el 3% del coste de la instalación de captadores y tuberías			6000
				TOTAL 574041.927	

[Requirements and Compatibility](#) | [Ordering Information](#) | [Detailed Specifications](#)

For user manuals and dimensional drawings, visit the product page resources tab on ni.com.

Last Revised: 2010-04-07 16:29:30.0

Low-Cost, Bus-Powered Multifunction DAQ for USB

12- or 14-Bit, Up to 48 kS/s, 8 Analog Inputs



- 8 analog inputs at 12 or 14 bits, up to 48 kS/s
- 2 analog outputs at 12 bits, software-timed
- 12 TTL/CMOS digital I/O lines
- One 32-bit, 5 MHz counter
- Digital triggering
- Bus-powered
- 1-year warranty

Overview

With recent bandwidth improvements and new innovations from National Instruments, USB has evolved into a core bus of choice for measurement applications. The NI USB-6008 and USB-6009 are low-cost data acquisition (DAQ) devices with easy screw connectivity and a small form factor. With plug-and-play USB connectivity, these devices are simple enough for quick measurements but versatile enough for more complex measurement applications.

[Back to Top](#)

Requirements and Compatibility

OS Information

- Windows 2000/XP
- Mac OS X
- Windows 7
- Windows Mobile
- Windows Vista x64
- Windows Vista x86
- Windows CE

Driver Information

- NI-DAQmx Base
- NI-DAQmx

Software Compatibility

- ANSI C/C++
- LabVIEW
- LabVIEW SignalExpress
- Measurement Studio
- LabWindows/CVI

[Back to Top](#)

Comparison Tables

Product	Analog Inputs	Input Resolution	Max Sampling Rate (kS/s)	Analog Outputs	Output Resolution	Output Rate (Hz)	Digital I/O Lines	32-Bit Counter	Triggering
USB-6008	8 single-ended/4 differential	12	10	2	12	150	12	1	Digital
USB-6009	8 single-ended/4 differential	14	48	2	12	150	12	1	Digital

[Back to Top](#)

Application and Technology

The USB-6008 and USB-6009 are ideal for applications where a low-cost, small form factor and simplicity are essential. Examples include the following:

- Data logging – quick and easy environmental or voltage data logging
- Academic lab use – student ownership of data acquisition hardware for completely interactive lab-based courses (Academic pricing available. Visit ni.com/academic for details.)
- OEM applications as I/O for embedded systems

Recommended Software

National Instruments measurement services software, built around NI-DAQmx driver software, includes intuitive application programming interfaces, configuration tools, I/O assistants, and other tools designed to reduce system setup, configuration, and development time. National Instruments recommends using the latest version of NI-DAQmx driver software for application development in NI LabVIEW, LabVIEW SignalExpress, LabWindows™/CVI, and Measurement Studio software. To obtain the latest version of NI-DAQmx, visit ni.com/support/daq/versions.

NI measurement services software speeds up your development with features including the following:

- A guide to create fast and accurate measurements with no programming using the DAQ Assistant.
- Automatic code generation to create your application in LabVIEW.
- LabWindows/CVI; LabVIEW SignalExpress; and C#, Visual Studio .NET, ANSI C/C++, or Visual Basic using Measurement Studio.
- Multithreaded streaming technology for 1,000 times performance improvements.
- Automatic timing, triggering, and synchronization routing to make advanced applications easy.
- More than 3,000 free software downloads available at ni.com/zone to jump-start your project.
- Software configuration of all digital I/O features without hardware switches/jumpers.
- Single programming interface for analog input, analog output, digital I/O, and counters on hundreds of multifunction DAQ hardware devices. M Series devices are compatible with the following versions (or later) of NI application software – LabVIEW, LabWindows/CVI, or Measurement Studio versions 7.x; and LabVIEW SignalExpress 2.x.

Every National Instruments DAQ device includes a copy of LabVIEW SignalExpress LE data-logging software, so you can quickly acquire, analyze, and present data without programming. The NI-DAQmx Base driver software is provided for use with Linux, Mac OS X, Windows Mobile, and Windows CE operating systems.

Recommended Accessories

The USB-6008 and USB-6009 have removable screw terminals for easy signal connectivity. For extra flexibility when handling multiple wiring configurations, NI offers the USB-600x Connectivity Kit, which includes two extra sets of screw terminals, extra labels, and a screwdriver. In addition, the USB-600x Prototyping Kit provides space for adding more circuitry to the inputs of the USB-6008 or USB-6009.

NI USB DAQ for OEMs

Shorten your time to market by integrating world-class National Instruments OEM measurement products into your embedded system design. Board-only versions of NI USB DAQ devices are available for OEM applications, with competitive quantity pricing and available software customization. The NI OEM Elite Program offers free 30-day trial kits for qualified customers. Visit ni.com/oem for more information.

Information for Student Ownership

To supplement simulation, measurement, and automation theory courses with practical experiments, NI has developed the USB-6008 and USB-6009 student kits, which include the LabVIEW Student Edition and a ready-to-run data logger application. These kits are exclusively for students, giving them a powerful, low-cost, hands-on learning tool. Visit ni.com/academic for more details.

Information for OEM Customers

For information on special configurations and pricing, call (800) 813 3693 (U.S. only) or visit ni.com/oem. Go to the Ordering Information section for part numbers.

[Back to Top](#)

Ordering Information

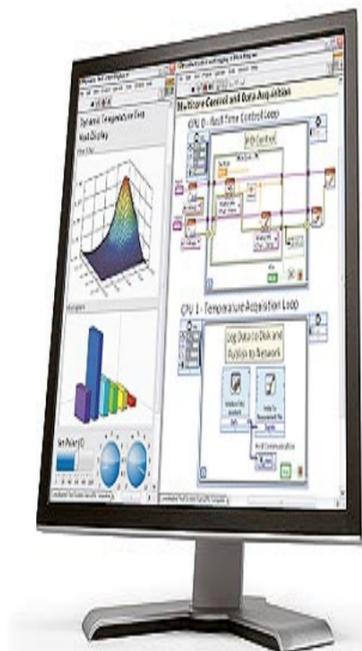
For a complete list of accessories, visit the product page on ni.com.

Products	Part Number	Recommended Accessories	Part Number
NI USB-6008			
NI USB-6008 Student Kit with NI-DAQmx software, LabVIEW SignalExpress LE, and a USB cable. Includes LabVIEW Student Edition.	779320-22	No accessories required.	
NI USB-6008 OEM (no enclosure)	193132-02	No accessories required.	
NI USB-6008 with NI-DAQmx software, LabVIEW SignalExpress LE, and a USB cable.	779051-01	No accessories required.	
Prototyping Kit			
NI USB-600x Prototyping Kit	779511-01	No accessories required.	
Connectivity Kit			
NI USB-600x Connectivity Kit	779371-01	No accessories required.	
NI USB-6009			
NI USB-6009 OEM (no enclosure)	193132-01	No accessories required.	
NI USB-6009 with NI-DAQmx software, LabVIEW SignalExpress LE, and a USB cable.	779026-01	No accessories required.	
NI USB-6009 Student Kit with NI-DAQmx software, LabVIEW SignalExpress LE, and a USB cable. Includes LabVIEW Student Edition.	779321-22	No accessories required.	

[Back to Top](#)

Software Recommendations

NI LabVIEW Full Development System for Windows



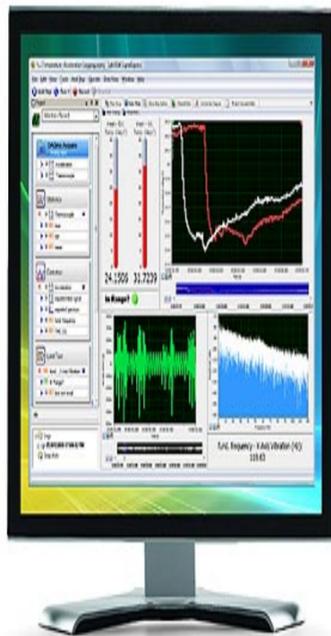
- Easy-to-use graphical development environment
- Tight integration with a wide range of measurement hardware
- Rapid user interface development for displaying live data
- Extensive signal processing, analysis, and math functionality
- Multiple communication options (TCP/IP, UDP, serial, and more)
- Support for Windows 2000/XP/Vista/7 (32-bit) and Windows Vista/7 (64-bit)

NI LabWindows™/CVI for Windows



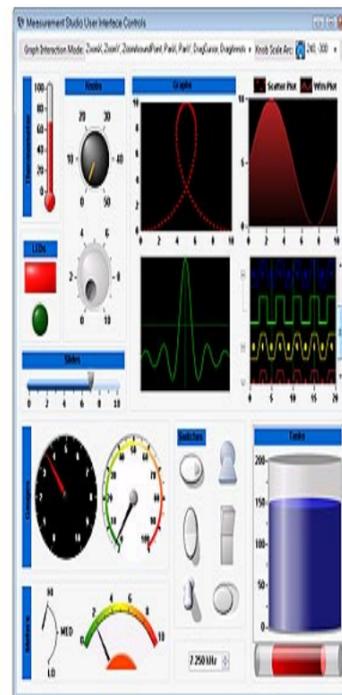
- Real-time advanced 2D graphs and charts with support for Windows Vista/XP/2000
- Complete hardware compatibility with IVI, VISA, DAQ, GPIB, and serial
- Analysis tools for array manipulation, signal processing statistics, and curve fitting
- Simplified cross-platform communication with network variables
- Measurement Studio .NET tools (included in LabWindows/CVI Full only)
- The mark LabWindows is used under a license from Microsoft Corporation.

NI LabVIEW SignalExpress for Windows



- Quickly configure projects without programming
- Control over 400 PC-based and stand-alone instruments
- Log data from more than 250 data acquisition devices
- Perform basic signal processing, analysis, and file I/O
- Scale your application with automatic LabVIEW code generation
- Create custom reports or easily export data to LabVIEW, DIAdem or Microsoft Excel

NI Measurement Studio Standard Edition



- Instrument control for GPIB, serial, USB, and VXI
- Data acquisition libraries for .NET and Visual C++
- Customizable instrumentation user interface controls
- Requires Microsoft Visual Studio 2008/2005/.NET 2003
- One year of NI Standard Service Program (SSP)

[Back to Top](#)

Support and Services

System Assurance Programs

NI system assurance programs are designed to make it even easier for you to own an NI system. These programs include configuration and deployment services for your NI PXI, CompactRIO, or Compact FieldPoint system. The NI Basic System Assurance Program provides a simple integration test and ensures that your system is delivered completely assembled in one box. When you configure your system with the NI Standard System Assurance Program, you can select from available NI system driver sets and application development environments to create customized, reorderable software configurations. Your system arrives fully assembled and tested in one box with your software preinstalled. When you order your system with the standard program, you also receive system-specific documentation including a bill of materials, an integration test report, a recommended maintenance plan, and frequently asked question documents. Finally, the standard program reduces the total cost of owning an NI system by providing three years of warranty coverage and calibration service. Use the online product advisors at ni.com/advisor to find a system assurance program to meet your needs.

Technical Support

Get answers to your technical questions using the following National Instruments resources.

- **Support** - Visit ni.com/support to access the NI KnowledgeBase, example programs, and tutorials or to contact our applications engineers who are located in NI sales offices around the world and speak the local language.
- **Discussion Forums** - Visit forums.ni.com for a diverse set of discussion boards on topics you care about.
- **Online Community** - Visit community.ni.com to find, contribute, or collaborate on customer-contributed technical content with users like you.

Repair

While you may never need your hardware repaired, NI understands that unexpected events may lead to necessary repairs. NI offers repair services performed by highly trained technicians who quickly return your device with the guarantee that it will perform to factory specifications. For more information, visit ni.com/repair.

Training and Certifications

The NI training and certification program delivers the fastest, most certain route to increased proficiency and productivity using NI software and hardware. Training builds the skills to more efficiently develop robust, maintainable applications, while certification validates your knowledge and ability.

- **Classroom training in cities worldwide** - the most comprehensive hands-on training taught by engineers.
- **On-site training at your facility** - an excellent option to train multiple employees at the same time.
- **Online instructor-led training** - lower-cost, remote training if classroom or on-site courses are not possible.
- **Course kits** - lowest-cost, self-paced training that you can use as reference guides.
- **Training memberships** and training credits - to buy now and schedule training later.

Visit ni.com/training for more information.

Extended Warranty

NI offers options for extending the standard product warranty to meet the life-cycle requirements of your project. In addition, because NI understands that your requirements may change, the extended warranty is flexible in length and easily renewed. For more information, visit ni.com/warranty.

OEM

NI offers design-in consulting and product integration assistance if you need NI products for OEM applications. For information about special pricing and services for OEM customers, visit ni.com/oem.

Alliance

Our Professional Services Team is comprised of NI applications engineers, NI Consulting Services, and a worldwide National Instruments Alliance Partner program of more than 600 independent consultants and integrators. Services range from start-up assistance to turnkey system integration. Visit ni.com/alliance.

[Back to Top](#)

Detailed Specifications

The following specifications are typical at 25 °C, unless otherwise noted.

Analog Input

Converter type	Successive approximation
Analog inputs	8 single-ended, 4 differential, software selectable
Input resolution	
NI USB-6008	12 bits differential, 11 bits single-ended
NI USB-6009	14 bits differential, 13 bits single-ended
Max sampling rate (aggregate)	
NI USB-6008	10 kS/s
NI USB-6009	48 kS/s
AI FIFO	512 bytes
Timing resolution	41.67 ns (24 MHz timebase)
Timing accuracy	100 ppm of actual sample rate
Input range	
Single-ended	±10 V
Differential	±20 V , ±10 V, ±5 V, ±4 V, ±2.5 V, ±2 V, ±1.25 V, ±1 V
Working voltage	±10 V
Input impedance	144 kΩ
Overvoltage protection	±35
Trigger source	Software or external digital trigger
System noise	
Single-ended	
±10 V range	5 mVrms
Differential	
± 20 V range	5 mVrms
±1 V range	0.5 mVrms

Absolute accuracy at full scale, single-ended		
Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum over Temperature (mV)
±10	14.7	138

Absolute accuracy at full scale, differential		
Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum over Temperature (mV)
±20	14.7	138
±10	7.73	84.8
±5	4.28	58.4
±4	3.59	53.1
±2.5	2.56	45.1
±2	2.21	42.5
±1.25	1.70	38.9
±1	1.53	37.5

Analog Output

Analog outputs	2
Output resolution	12 bits
Maximum update rate	150 Hz, software-timed
Output range	0 to +5 V
Output impedance	50 Ω
Output current drive	5 mA
Power-on state	0 V
Slew rate	1 V/ μ s
Short circuit current	50 mA
Absolute accuracy (no load)	7 mV typical, 36.4 mV maximum at full scale

Digital I/O

Digital I/O	
P0.<0..7>	8 lines
P1.<0..3>	4 lines
Direction control	Each channel individually programmable as input or output
Output driver type	
NI USB-6008	Open collector (open-drain)
NI USB-6009	Each channel individually programmable as active drive (push-pull) or open collector (open-drain)
Compatibility	TTL, LVTTTL, CMOS
Absolute maximum voltage range	-0.5 to 5.8 V with respect to GND
Pull-up resistor	4.7 k Ω to 5 V
Power-on state	Input

Digital logic levels

Level	Min	Max	Units
Input low voltage	-0.3	0.8	V
Input high voltage	2.0	5.8	V
Input leakage current	—	50	μA
Output low voltage (I = 8.5 mA)	—	0.8	V
Output high voltage			
Active drive (push-pull), I = -8.5 mA	2.0	3.5	V
Open collector (open-drain), I = -0.6 mA, nominal	2.0	5.0	V
Open collector (open-drain), I = -8.5 mA, with external pull-up resistor	2.0	—	V

External Voltage

+5 V output (200 mA maximum)	+5 V typical, +4.85 V minimum
+2.5 V output (1 mA maximum)	+2.5 V typical
+2.5 V accuracy	0.25% max
Reference temperature drift	50 ppm/°C max

Counter

Number of counters	1
Resolution	32 bits
Counter measurements	Edge counting (falling-edge)
Counter direction	Count up
Pull-up resistor	4.7 kΩ to 5 V
Maximum input frequency	5 MHz
Minimum high pulse width	100 ns
Minimum low pulse width	100 ns
Input high voltage	2.0 V
Input low voltage	0.8 V

Power Requirements

USB	
4.10 to 5.25 VDC	80 mA typical, 500 mA max
USB suspend	300 μA typical, 500 μA max

Physical Characteristics

Dimensions

Without connectors	6.35 cm × 8.51 cm × 2.31 cm (2.50 in. × 3.35 in. × 0.91 in.)
With connectors	8.18 cm × 8.51 cm × 2.31 cm (3.22 in. × 3.35 in. × 0.91 in.)
I/O connectors	USB series B receptacle, (2) 16 position terminal block plug headers
Weight	
With connectors	84 g (3 oz)
Without connectors	54 g (1.9 oz)
Screw-terminal wiring	16 to 28 AWG
Torque for screw terminals	0.22–0.25 N · m (2.0–2.2 lb · in.)

Safety

If you need to clean the module, wipe it with a dry towel.

Safety Voltages

Connect only voltages that are within these limits.

Channel-to-GND	±30 V max, Measurement Category I
----------------	-----------------------------------

Measurement Category I is for measurements performed on circuits not directly connected to the electrical distribution system referred to as MAINS voltage. MAINS is a hazardous live electrical supply system that powers equipment. This category is for measurements of voltages from specially protected secondary circuits. Such voltage measurements include signal levels, special equipment, limited-energy parts of equipment, circuits powered by regulated low-voltage sources, and electronics.

 Caution Do not use this module for connection to signals or for measurements within Measurement Categories II, III, or IV.

Safety Standards

This product is designed to meet the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1

 Note For UL and other safety certifications, refer to the product label or visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Hazardous Locations

The NI USB-6008/6009 device is not certified for use in hazardous locations.

Environmental

The NI USB-6008/6009 device is intended for indoor use only.

Operating temperature

(IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2)	0 to 55 °C
-----------------------------------	------------

Operating humidity

(IEC 60068-2-56)	5 to 95% RH, noncondensing
Maximum altitude	2,000 m (at 25 °C ambient temperature)
Storage temperature	
(IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2)	–40 to 85 °C
Storage humidity	
(IEC 60068-2-56)	5 to 90% RH, noncondensing
Pollution Degree (IEC 60664)	2

Electromagnetic Compatibility

This product is designed to meet the requirements of the following standards of EMC for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- EN 61326 EMC requirements; Minimum Immunity
- EN 55011 Emissions; Group 1, Class A
- CE, C-Tick, ICES, and FCC Part 15 Emissions; Class A

 Note For EMC compliance, operate this device with double-shielded cables.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as amended for CE marking, as follows:

- 2006/95/EC; Low-Voltage Directive (safety)
- 2004/108/EC; Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)

 Note Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, visit ni.com/certification, search by module number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Environmental Management

National Instruments is committed to designing and manufacturing products in an environmentally responsible manner. NI recognizes that eliminating certain hazardous substances from our products is beneficial not only to the environment but also to NI customers.

For additional environmental information, refer to the *NI and the Environment* Web page at ni.com/environment. This page contains the environmental regulations and directives with which NI complies, as well as other environmental information not included in this document.

Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)

 EU Customers At the end of their life cycle, all products *must* be sent to a WEEE recycling center. For more information about WEEE recycling centers and National Instruments WEEE initiatives, visit ni.com/environment/weee.htm.

电子信息产品污染控制管理办法（中国 RoHS）



中国客户 National Instruments 符合中国电子信息产品中限制使用某些有害物质指令 (RoHS)。
关于 National Instruments 中国 RoHS 合规性信息, 请登录 ni.com/environment/rohs_china。
(For information about China RoHS compliance, go to ni.com/environment/rohs_china.)

System dependent.

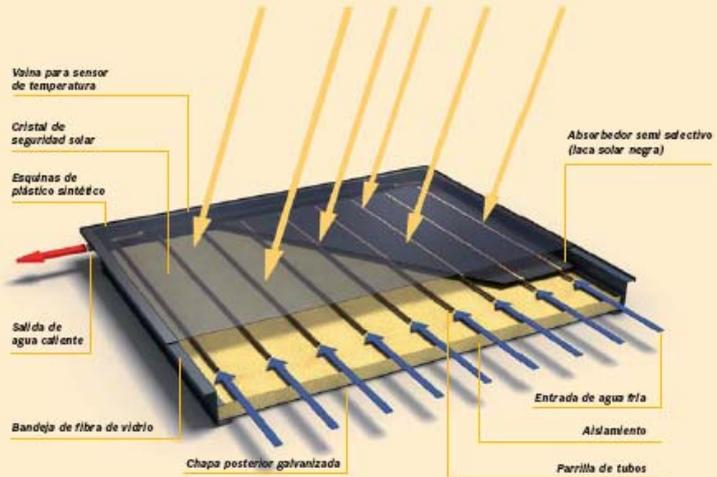
±20 V means that $|AI+ - (AI-)| \geq 20$ V. However, AI+ and AI- must both be within ±10 V of GND.

System noise measured at maximum sample rate.

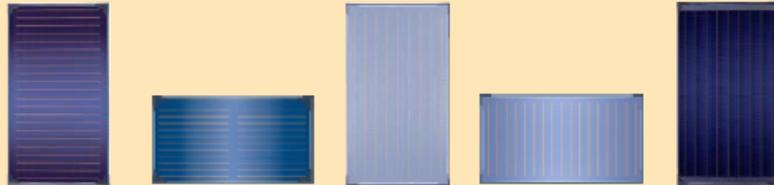
Input voltages may not exceed the working voltage range.

©2010 National Instruments. All rights reserved. CompactRIO, CVI, FieldPoint, LabVIEW, Measurement Studio, National Instruments, National Instruments Alliance Partner, NI, ni.com, NI-DAQ, and SignalExpress are trademarks of National Instruments. The mark LabWindows is used under a license from Microsoft Corporation. Windows is a registered trademark of Microsoft Corporation in the United States and other countries. Other product and company names listed are trademarks or trade names of their respective companies. A National Instruments Alliance Partner is a business entity independent from National Instruments and has no agency, partnership, or joint-venture relationship with National Instruments.

Captador FKB



Captadores solares



MODELO	FKT-1 S	FKT-1 W	FKC-1 S	FKC-1 W	FKB-1 S
Montaje	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical
Dimensiones [mm.]	1.145 x 2.070 x 90	2.070 x 1.145 x 90	1.145 x 2.070 x 90	2.070 x 1.145 x 90	1.145 x 2.070 x 90
Área total [m ²]	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37
Área de apertura [m ²]	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
Área del absorbedor [m ²]	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23
Volumen del absorbedor [l]	1,43	1,76	0,86	1,25	0,86
Peso en vacío [kg.]	44	45	41	42	41
Presión trabajo máx. [bar]	10	10	6	6	6
Caudal nominal [l/h]	50	50	50	50	50
Material de la caja	Fibra de vidrio, con esquinas de plástico y chapa de acero tratada con aluminio y zinc				
Aislamiento	Lana mineral, de 55 mm. de espesor				
Absorbedor	Selectivo				Semi-selectivo
Recubrimiento absorbedor	PVD		Cromo negro		Laca solar negra
Circuito hidráulico	Doble serpentin		Parilla de tubos		

Curva de rendimiento instantáneo según EN 12975-2 (basada en el área de apertura)

Factor de eficiencia	0,811	0,770	0,717
Coef. pérdidas lineal [W/m ² K]	3,653	3,681	5,773
Coef. pérdidas secundario [W/m ² K ²]	0,0146	0,0173	0,007

ANEXO BOMBAS BOMBA ACS

GRUNDFOS WEBCAPS

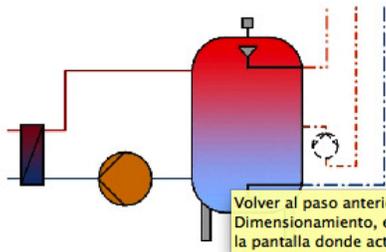


[Inicio](#) | [Catálogo](#) | [Literatura](#) | [Servicio](#) | **[Dimensionamiento](#)** | [Sustitución](#) | [Planos CAD](#) | [Ayuda](#)

[Conexión](#) [Ajustes](#)

Calefacción > Edificios comerciales > Agua caliente sanitaria > Producción de agua caliente sanitaria

Caudal (Q) : 23.4 m³/h Altura (H) : 2.26 m
 Presión máxima de trabajo : 10 bar
 Presión de entrada mínima : 1.5 bar



Volver al paso anterior (de Resultados de Dimensionamiento, el botón Atrás le enviará a la pantalla donde activó el botón

Líquido bombeado : Agua de calefacción

Sus requisitos

Caudal (Q) m³/h
 Altura (H) m
 Temperatura del líquido en trabajo °C
 Temperatura máxima del líquido °C
 Presión máxima de trabajo bar
 Presión de entrada mínima bar
 Caudal min. permitido %

GRUNDFOS WEBCAPS

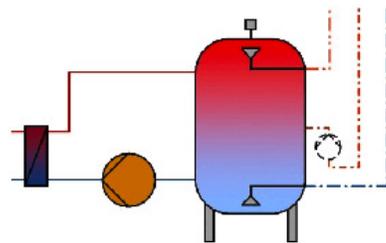


[Inicio](#) | [Catálogo](#) | [Literatura](#) | [Servicio](#) | **[Dimensionamiento](#)** | [Sustitución](#) | [Planos CAD](#) | [Ayuda](#)

[Conexión](#) [Ajustes](#)

Calefacción > Edificios comerciales > Agua caliente sanitaria > Producción de agua caliente sanitaria

Caudal (Q) : 23.4 m³/h Altura (H) : 2.26 m
 Presión máxima de trabajo : 10 bar
 Presión de entrada mínima : 1.5 bar



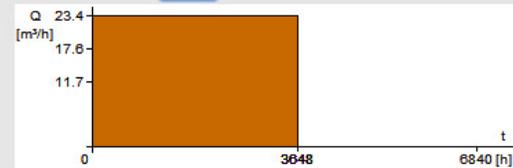
Líquido bombeado : Agua de calefacción

Edite el Perfil de Carga

Perfil de consumo

Temporada de calefacción días

Punto de trabajo	Caudal	Q	Horas
1	<input type="text" value="100"/> %	23.4 m ³ /h	<input type="text" value="3648"/> h/a
2	<input type="text" value="75"/> %	17.6 m ³ /h	<input type="text" value="0"/> h/a
3	<input type="text" value="50"/> %	11.7 m ³ /h	<input type="text" value="0"/> h/a
4	<input type="text" value="0"/> %	0 m ³ /h	<input type="text" value="3192"/> h/a



Resumen de los datos:

Selección Aplicación	
Modo descrip.	Calefacción
No	
Selección Area Aplicación	
Edificios comerciales	
Selección el tipo de instalación	
Producción de agua caliente sanitaria	
Sus requisitos	
Altura (H)	2.26 m
Caudal (Q)	23.4 m³/h
Caudal mín. permitido	10 %
Presión de entrada mínima	1.5 bar
Presión máxima de trabajo	10 bar
Temperatura del líquido en trabajo	45 °C
Temperatura máxima del líquido	65 °C
Modo de control	
Control de la temperatura	
Integrado	
Convertidor de frecuencia	
Edite el Perfil de Carga	
Consumo Q1	23.4 m³/h
Consumo Q2	17.6 m³/h
Consumo Q3	11.7 m³/h
Consumo Q4	0 m³/h
Perfil de consumo	Perfil de usuario
Temporada de calefacción	152 días
Tiempo T1	3648 h/a
Tiempo T2	0 h/a

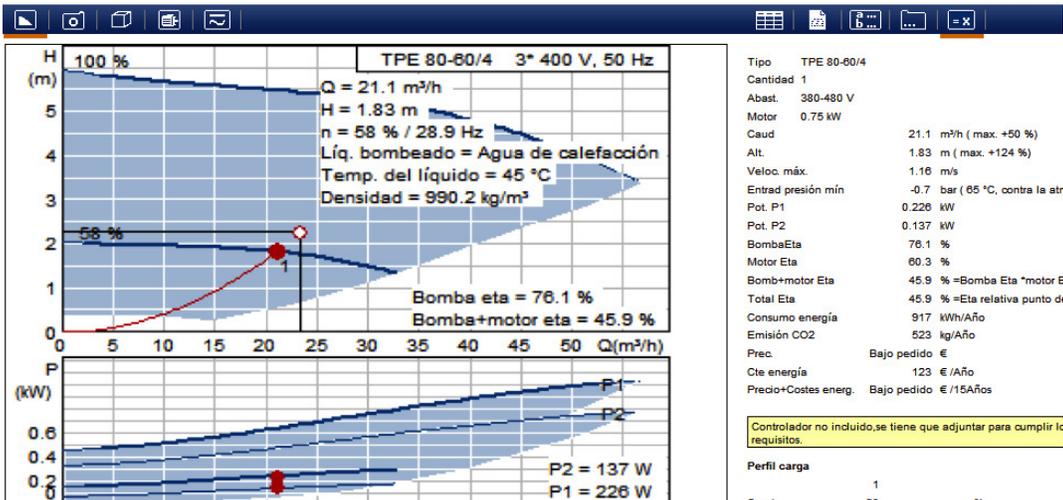
Grundfos recomienda:

TPE 80-60/4 A-F-A BUBE

Cantidad: 1
Código prod.: 96276177

El diseño en línea con bocas de aspiración y descarga opuestas permite su montaje en tuberías o en una cimentación de hormigón. El cierre es un cierre mecánico resistente a la corrosión y libre de mantenimiento. La bomba lleva un motor MGE trifásico con bridas IEC y convertidor de frecuencia y controlador PI integrados en la caja de conexiones del motor. No es necesaria protección adicional del motor ya que tanto el motor como los componentes electrónicos están protegidos mediante protección incorporada contra sobrecarga y temperatura. Se puede conectar un sensor externo si se requiere un funcionamiento controlado de la bomba basado por ejemplo en el caudal, presión diferencial o temperatura. Un panel de control permite fijar el punto de ajuste necesario así como ajustar la bomba a funcionamiento MIN o MAX o PARADA. El panel de control tiene luces testigo para "\Funcionamiento\" y "\Fallo\". La comunicación con la bomba es posible mediante el Control Remoto Grundfos R100 que permite ajustes adicionales así como la lectura de un número de parámetros como por ejemplo "\Valor actual\", "\Velocidad\", "\Potencia\" y "\Consumo de energía\" total. La caja de conexiones tiene terminales para

GRUNDFOS WEBCAPS



Datos sobre costes específicos del ciclo vital

Modelo de bomba	Pump A	TPE 80-60/4
Coste de energía / Consumo de energía	917	kWh/año

Resultado del cálculo del coste de ciclo vital

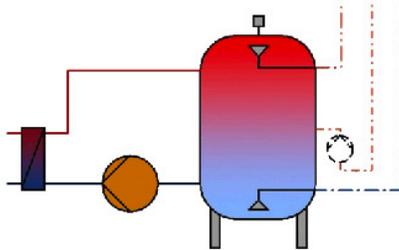
	Pump A	
Modelo de bomba	TPE 80-60/4	
Coste Inicial de Inversión / Sistema de bombeo		€
Coste de energía / Consumo de energía	917	kWh/año
Costes del ciclo de vida	1843	€

Calefacción > Edificios comerciales > Agua caliente sanitaria > Producción de agua caliente sanitaria

Caudal (Q) : 23.4 m³/h Altura (H) : 2.26 m

Presión máxima de trabajo : 10 bar

Presión de entrada mínima : 1.5 bar



Líquido bombeado : Agua de calefacción

 96276177 | TPE 80-60/4

Resumen de dimensionamiento

TPE 80-60/4 A-F-A BUBE

Cantidad: 1

Código prod.: 96276177

El diseño en línea con bocas de aspiración y

descarga opuestas permite su montaje en

tuberías o en una cimentación de hormigón.

El cierre es un cierre mecánico resistente a

la corrosión y libre de mantenimiento.

La bomba lleva un motor MGE trifásico con bridas

IEC y convertidor de frecuencia y controlador PI

integrados en la caja de conexiones del motor.

No es necesaria protección adicional del motor

ya que tanto el motor como los componentes

electrónicos están protegidos mediante protección

incorporada contra sobrecarga y temperatura.

Se puede conectar un sensor externo si se

requiere un funcionamiento controlado de la bomba

basado por ejemplo en el caudal, presión

diferencial o temperatura.

Un panel de control permite fijar el punto de

ajuste necesario así como ajustar la bomba a

funcionamiento MIN o MAX o PARADA. El panel de

control tiene luces testigo para

"Funcionamiento" y "Fallo".

La comunicación con la bomba es posible

mediante el Control Remoto Grundfos R100

que permite ajustes adicionales así como la

lectura de un número de parámetros como por

ejemplo "Valor actual", "Velocidad",

"Potencia" y "Consumo de energía" total.

La caja de conexiones tiene terminales para

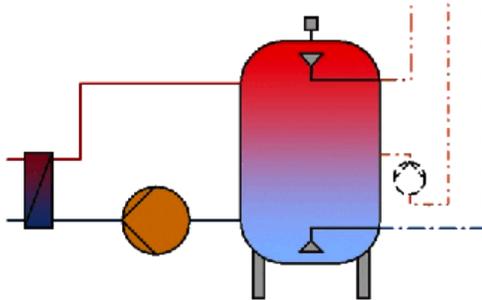
BOMBA SR

Calefacción > Edificios comerciales > Agua caliente sanitaria > Producción de agua caliente sanitaria

Caudal (Q) : 23.4 m³/h Altura (H) : 2.23 m

Presión máxima de trabajo : 10 bar

Presión de entrada mínima : 1.5 bar



Sus requisitos

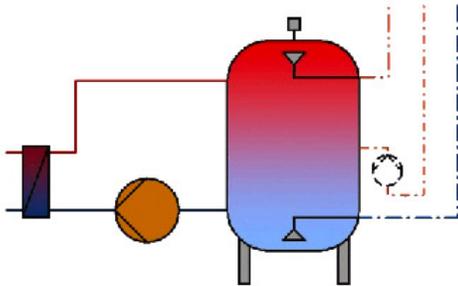
Caudal (Q) m³/h
Altura (H) m
Temperatura del líquido en trabajo °C
Temperatura máxima del líquido °C
Presión máxima de trabajo bar
Presión de entrada mínima bar
Caudal min. permitido %

Calefacción > Edificios comerciales > Agua caliente sanitaria > Producción de agua caliente sanitaria

Caudal (Q) : 23.4 m³/h Altura (H) : 2.23 m

Presión máxima de trabajo : 10 bar

Presión de entrada mínima : 1.5 bar

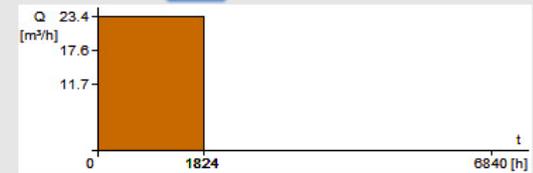


Edite el Perfil de Carga

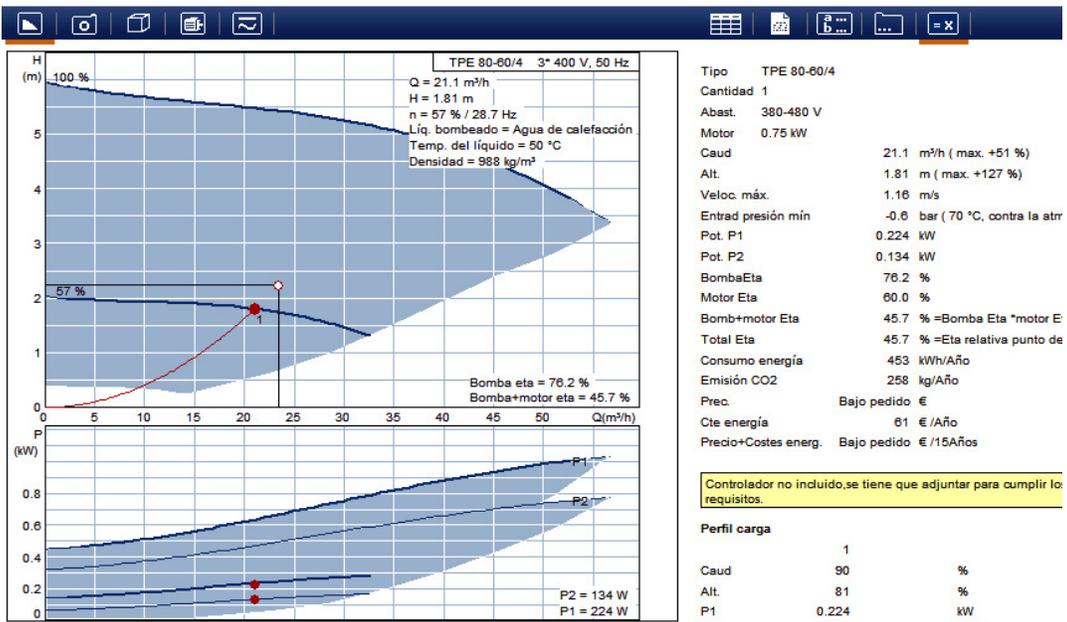
Perfil de consumo

Temporada de calefacción días

Punto de trabajo	Caudal	Q	Horas
1	<input type="text" value="100"/> %	23.4 m ³ /h	<input type="text" value="1824"/> h/a
2	<input type="text" value="75"/> %	17.6 m ³ /h	<input type="text" value="0"/> h/a
3	<input type="text" value="50"/> %	11.7 m ³ /h	<input type="text" value="0"/> h/a
4	<input type="text" value="0"/> %	0 m ³ /h	<input type="text" value="5016"/> h/a



Líquido bombeado : Agua de calefacción



Calefacción > Edificios comerciales > Agua caliente sanitaria > Producción de agua caliente sanitaria

Resumen de los datos:

Seleccione Aplicación	
Modo descrip.	Calefacción
	No
Seleccione Area Aplicación	
	Edificios comerciales
Seleccione el tipo de instalación	
	Producción de agua caliente sanitaria
Sus requisitos	
Altura (H)	2.23 m
Caudal (Q)	23.4 m³/h
Caudal mín. permitido	10 %
Presión de entrada mínima	1.5 bar
Presión máxima de trabajo	10 bar
Temperatura del líquido en trabajo	50 °C
Temperatura máxima del líquido	70 °C
Modo de control	
	Control de la temperatura
Convertidor de frecuencia	Integrado
Edite el Perfil de Carga	
Consumo Q1	23.4 m³/h
Consumo Q2	17.6 m³/h
Consumo Q3	11.7 m³/h
Consumo Q4	0 m³/h
Perfil de consumo	Perfil de usuario
Temporada de calefacción	76 días
Tiempo T1	1824 h/a
Tiempo T2	0 h/a

96276177 | TPE 80-60/4 [Alternativas](#)

Grundfos recomienda:

TPE 80-60/4 A-F-A BUBE

Cantidad: 1
 Código prod.: 96276177

El diseño en línea con bocas de aspiración y descarga opuestas permite su montaje en tuberías o en una cimentación de hormigón. El cierre es un cierre mecánico resistente a la corrosión y libre de mantenimiento. La bomba lleva un motor MGE trifásico con bridas IEC y convertidor de frecuencia y controlador PI integrados en la caja de conexiones del motor. No es necesaria protección adicional del motor ya que tanto el motor como los componentes electrónicos están protegidos mediante protección incorporada contra sobrecarga y temperatura. Se puede conectar un sensor externo si se requiere un funcionamiento controlado de la bomba basado por ejemplo en el caudal, presión diferencial o temperatura. Un panel de control permite fijar el punto de ajuste necesario así como ajustar la bomba a funcionamiento MIN o MAX o PARADA. El panel de control tiene luces testigo para "\Funcionamiento\" y "\Fallo\". La comunicación con la bomba es posible mediante el Control Remoto Grundfos R100 que permite ajustes adicionales así como la lectura de un número de parámetros como por ejemplo "\Valor actual\", "\Velocidad\", "\Potencia\" y "\Consumo de energía\" total. La caja de conexiones tiene terminales para

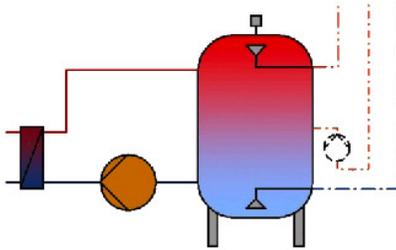
Datos sobre costes específicos del ciclo vital

	Pump A	
Modelo de bomba	TPE 80-60/4	
Coste de energía / Consumo de energía	453	kWh/año

Resultado del cálculo del coste de ciclo vital

	Pump A	
Modelo de bomba	TPE 80-60/4	
Coste Inicial de Inversión / Sistema de bombeo		€
Coste de energía / Consumo de energía	453	kWh/año
Costes del ciclo de vida	911	€

Caudal (Q) : 23.4 m³/h Altura (H) : 2.23 m
Presión máxima de trabajo : 10 bar
Presión de entrada mínima : 1.5 bar



Líquido bombeado : Agua de calefacción

Resumen de dimensionamiento

TPE 80-60/4 A-F-A BUBE
Cantidad: 1
Código prod.: 96276177

El diseño en línea con bocas de aspiración y descarga opuestas permite su montaje en tuberías o en una cimentación de hormigón. El cierre es un cierre mecánico resistente a la corrosión y libre de mantenimiento. La bomba lleva un motor MGE trifásico con bridas IEC y convertidor de frecuencia y controlador PI integrados en la caja de conexiones del motor. No es necesaria protección adicional del motor ya que tanto el motor como los componentes electrónicos están protegidos mediante protección incorporada contra sobrecarga y temperatura. Se puede conectar un sensor externo si se requiere un funcionamiento controlado de la bomba basado por ejemplo en el caudal, presión diferencial o temperatura. Un panel de control permite fijar el punto de ajuste necesario así como ajustar la bomba a funcionamiento MIN o MAX o PARADA. El panel de control tiene luces testigo para "Funcionamiento" y "Fallo". La comunicación con la bomba es posible mediante el Control Remoto Grundfos R100 que permite ajustes adicionales así como la lectura de un número de parámetros como por ejemplo "Valor actual", "Velocidad", "Potencia" y "Consumo de energía" total. La caja de conexiones tiene terminales para

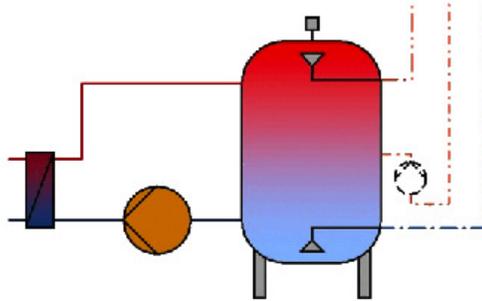
BOMBA MÁQUINA DE ABSORCIÓN

Calefacción > Edificios comerciales > Agua caliente sanitaria > Producción de agua caliente sanitaria

Caudal (Q) : 23.4 m³/h Altura (H) : 2.1 m

Presión máxima de trabajo : 10 bar

Presión de entrada mínima : 1.5 bar



Sus requisitos

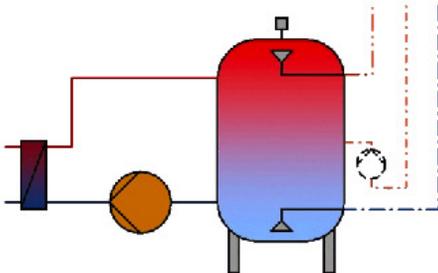
Caudal (Q) m³/h
Altura (H) m
Temperatura del líquido en trabajo °C
Temperatura máxima del líquido °C
Presión máxima de trabajo bar
Presión de entrada mínima bar
Caudal mín. permitido %

Calefacción > Edificios comerciales > Agua caliente sanitaria > Producción de agua caliente sanitaria

Caudal (Q) : 23.4 m³/h Altura (H) : 2.1 m

Presión máxima de trabajo : 10 bar

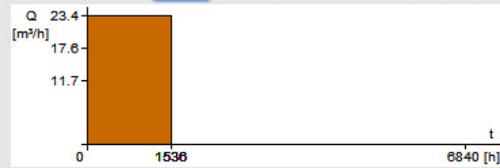
Presión de entrada mínima : 1.5 bar

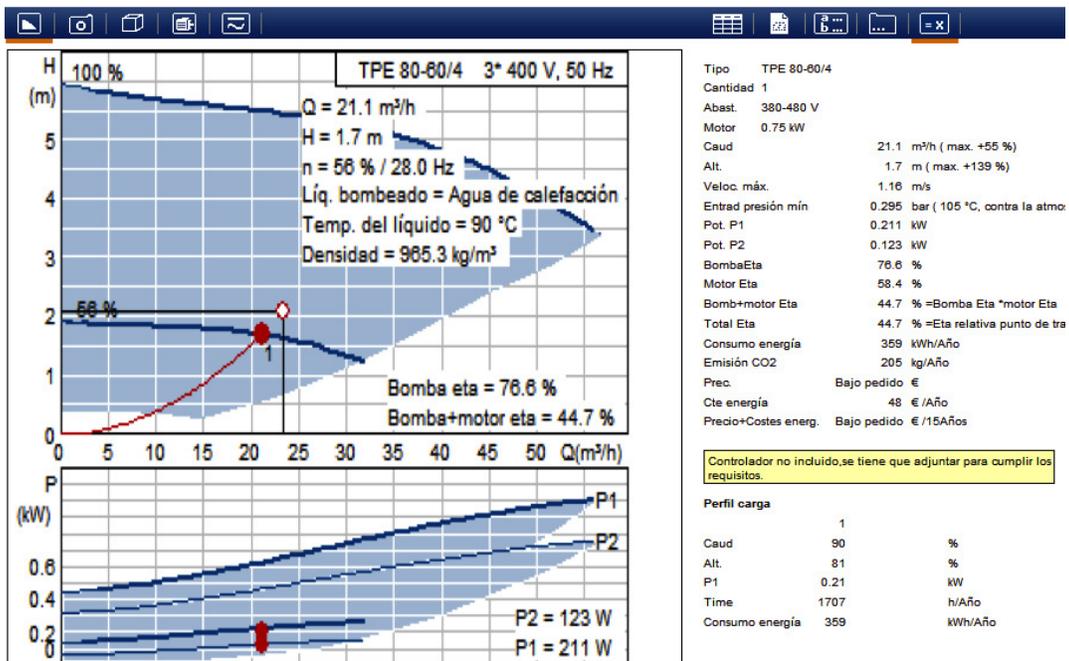


Edite el Perfil de Carga

Perfil de consumo
Temporada de calefacción días

Punto de trabajo	Caudal	Q	Horas
1	<input type="text" value="100"/> %	23.4 m ³ /h	<input type="text" value="1536"/> h/a
2	<input type="text" value="75"/> %	17.6 m ³ /h	<input type="text" value="0"/> h/a
3	<input type="text" value="50"/> %	11.7 m ³ /h	<input type="text" value="0"/> h/a
4	<input type="text" value="0"/> %	0 m ³ /h	<input type="text" value="5304"/> h/a





GRUNDFOS WEBCAPS

[Inicio](#) | [Catálogo](#) | [Literatura](#) | [Servicio](#) | [Dimensionamiento](#) | [Sustitución](#) | [Planos CAD](#) | [Ayuda](#)

Calefacción > Edificios comerciales > Agua caliente sanitaria > Producción de agua caliente sanitaria

Resumen de los datos:

Seleccione Aplicación	
Modo descrip.	Calefacción
	No
Seleccione Area Aplicación	
	Edificios comerciales
Seleccione el tipo de instalación	
	Producción de agua caliente sanitaria
Sus requisitos	
Altura (H)	2.1 m
Caudal (Q)	23.4 m ³ /h
Caudal min. permitido	10 %
Presión de entrada mínima	1.5 bar
Presión máxima de trabajo	10 bar
Temperatura del líquido en trabajo	90 °C
Temperatura máxima del líquido	105 °C
Modo de control	
	Control de la temperatura
Convertidor de frecuencia	Integrado
Edite el Perfil de Carga	
Consumo Q1	23.4 m ³ /h
Consumo Q2	17.6 m ³ /h
Consumo Q3	11.7 m ³ /h
Consumo Q4	0 m ³ /h
Perfil de consumo	Perfil de usuario
Temporada de calefacción	64 días
Tiempo T1	1536 h/a
Tiempo T2	0 h/a

Grundfos recomienda:

TPE 80-60/4 A-F-A BUBE

Cantidad: 1
Código prod.: 96276177

El diseño en línea con bocas de aspiración y descarga opuestas permite su montaje en tuberías o en una cimentación de hormigón. El cierre es un cierre mecánico resistente a la corrosión y libre de mantenimiento. La bomba lleva un motor MGE trifásico con bridas IEC y convertidor de frecuencia y controlador PI integrados en la caja de conexiones del motor. No es necesaria protección adicional del motor ya que tanto el motor como los componentes electrónicos están protegidos mediante protección incorporada contra sobrecarga y temperatura. Se puede conectar un sensor externo si se requiere un funcionamiento controlado de la bomba basado por ejemplo en el caudal, presión diferencial o temperatura. Un panel de control permite fijar el punto de ajuste necesario así como ajustar la bomba a funcionamiento MIN o MAX o PARADA. El panel de control tiene luces testigo para "Funcionamiento" y "Fallo". La comunicación con la bomba es posible mediante el Control Remoto Grundfos R100 que permite ajustes adicionales así como la lectura de un número de parámetros como por ejemplo "Valor actual", "Velocidad", "Potencia" y "Consumo de energía" total. La caja de conexiones tiene terminales para

Resultado del cálculo del coste de ciclo vital

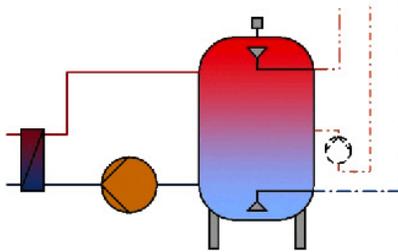
	Pump A	
Modelo de bomba	TPE 80-60/4	
Coste Inicial de Inversión / Sistema de bombeo		€
Coste de energía / Consumo de energía	359	kWh/año
Costes del ciclo de vida	721	€

Calefacción > Edificios comerciales > Agua caliente sanitaria > Producción de agua caliente sanitaria

Caudal (Q) : 23.4 m³/h Altura (H) : 2.1 m

Presión máxima de trabajo : 10 bar

Presión de entrada mínima : 1.5 bar



Líquido bombeado : Agua de calefacción

Resumen de dimensionamiento

TPE 80-60/4 A-F-A BUBE

Cantidad: 1
Código prod.: 96276177

El diseño en línea con bocas de aspiración y descarga opuestas permite su montaje en tuberías o en una cimentación de hormigón. El cierre es un cierre mecánico resistente a la corrosión y libre de mantenimiento.

La bomba lleva un motor MGE trifásico con bridas IEC y convertidor de frecuencia y controlador PI integrados en la caja de conexiones del motor. No es necesaria protección adicional del motor ya que tanto el motor como los componentes electrónicos están protegidos mediante protección incorporada contra sobrecarga y temperatura.

Se puede conectar un sensor externo si se requiere un funcionamiento controlado de la bomba basado por ejemplo en el caudal, presión diferencial o temperatura.

Un panel de control permite fijar el punto de ajuste necesario así como ajustar la bomba a funcionamiento MIN o MAX o PARADA. El panel de control tiene luces testigo para "Funcionamiento" y "Fallo".

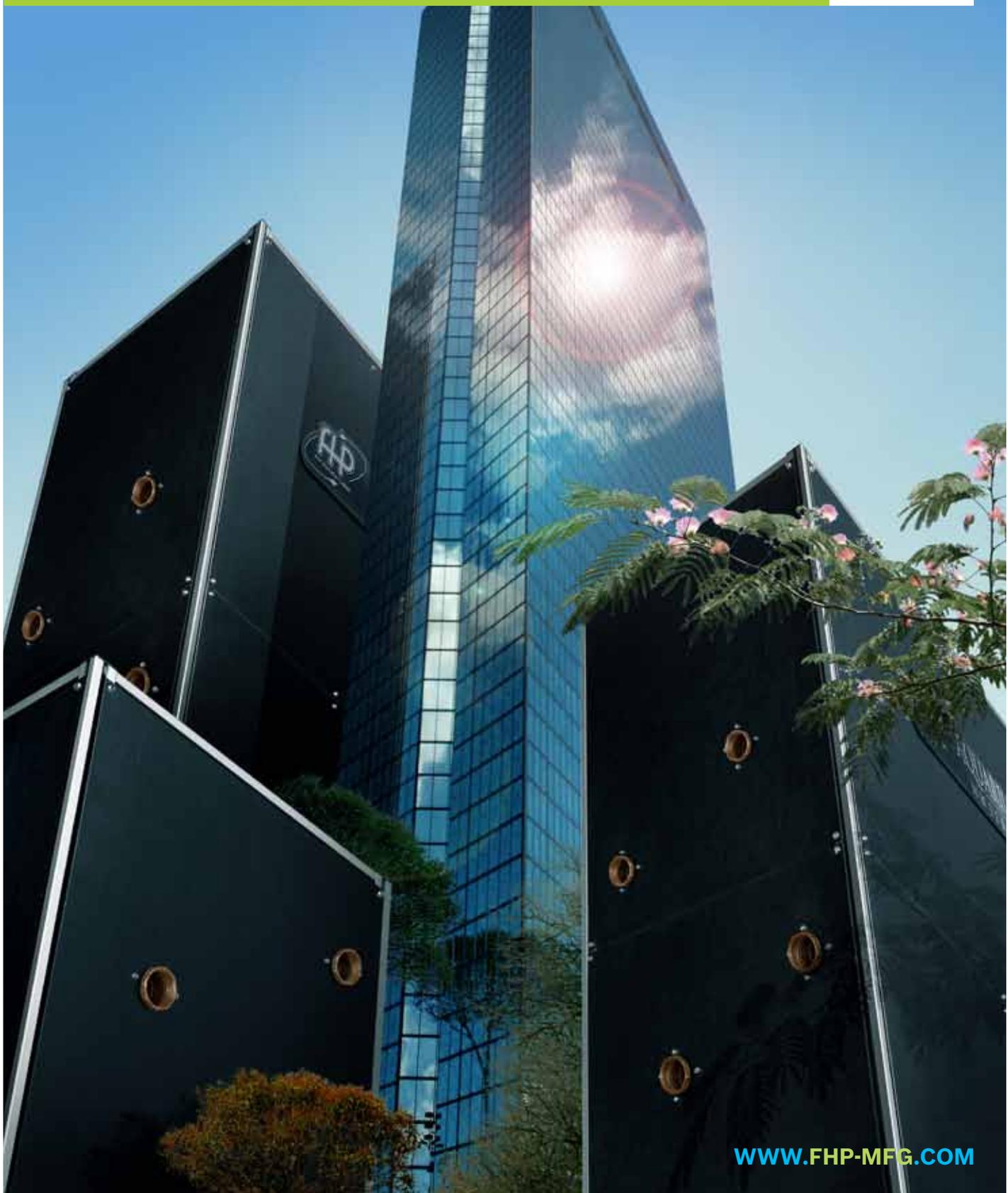
La comunicación con la bomba es posible mediante el Control Remoto Grundfos R100 que permite ajustes adicionales así como la lectura de un número de parámetros como por ejemplo "Valor actual", "Velocidad", "Potencia" y "Consumo de energía" total. La caja de conexiones tiene terminales para

Datos sobres costes específicos del ciclo vital

	Pump A	
Modelo de bomba	TPE 80-60/4	
Coste de energía / Consumo de energía	359	kWh/año

COMMERCIAL | WATER2WATER | WW SERIES

Reinventing Energy Efficiency



WWW.FHP-MFG.COM



“Environmental stewardship is a core philosophy for FHP Manufacturing from design to production to the reduction in our customers’ energy bills. At FHP, we are working on a better future every day.”

WWW.FHP-MFG.COM



FHP Manufacturing. Top quality products to improve your savings and help create a better world.

Specializing in efficient green technology for commercial heating and cooling products, FHP is one of the leading manufacturers of Geothermal and Water Source heat pumps, which assures you that you are buying a unit that you can trust. We are part of Bosch Thermotechnology Ltd., a Robert Bosch Group unit dedicated to providing highly efficient heating and cooling solutions to the private and public sector.

FHP has always been on the forefront of product development and innovative design to optimize the performance of our units. Our products are designed and manufactured to the highest quality, reflecting the no-compromise standards for which FHP and Bosch are renowned which provides our customers with the highest level of satisfaction and comfort. The variety of options, energy efficiency and uncompromising quality of all FHP units makes them the ideal choice for either new construction or retrofit commercial projects.

FHP's engineering efforts have been focused on providing a greener world for future generations. Faced with today's tough environmental challenges and with global warming, we are more committed than ever to develop solutions which utilize sustainable energy sources in order to conserve our planet's non-renewable reserves of fossil fuels. With our heat pumps, you not only will save money on energy bills but also help to create a better world.

What Is A Geothermal Heat Pump?

Geothermal heat pump technology collects the natural energy of the earth to provide heating in the winter and cooling in the summer. At the depth of 6 feet the earth's temperature remains relatively constant all year long, which is the perfect vehicle to keep buildings at a more consistent, moderate temperature.

A geothermal energy system circulates water or another fluid into the ground through a series of non corrosive pipes, where it is warmed or cooled by the ambient temperature of the ground. The fluid is then brought back to the heat pump which then provides heating or cooling for your home or business as needed – efficiently and without any negative impact on the environment.

A Pleasant Living And Working Environment

Geothermal heat pumps remove many of the negative factors that are associated with traditional dirty energy sources. Not only will the general environment of the building be improved, but you will also be able to remove bulky and loud boiler room equipment, improving the aesthetics of your building.

- Natural and increased indoor air quality
- No rooftop or ground mounted equipment to be damaged by the weather, vandalism or roof leaks
- When installed properly, geothermal equipment is as quiet as a refrigerator
- With no boilers, smoke stacks or fuel tank, they use about one-third of the space of a traditional boiler room
- Unlimited architectural creativity for attractive exterior and roof designs





Cost And Payback

Geothermal heat pumps not only provide dependable, natural heat, they also provide commercial buildings with more financial independence through the money the heat pumps can save.

- Geothermal heat pumps have the lowest life cycle cost today – 25% to 50% less than a conventional system
- Savings depend on location and which GSHPs you use
- Will normally cost more than a roof top or split system, but will pay back that cost difference in approximately two years
- Considered the technology of choice by the Department of Energy and the Environmental Protection Agency

WW Series - Superior Efficiency

FHP's one- and two-stage WW Series water-to-water units cooled modular reverse cycle chillers are designed to meet all your needs and requirements.

Water-to-water units can be utilized for hydronic heating, make-up air applications or swimming pool heating just to mention a few of their potential applications. The modular design gives you the flexibility to install units individually or in any combination to match the exact load requirement for your commercial project.

The single-stage WW Series is available for commercial applications from 2 to 10 tons. The two-stage WW Series is available in 10 tons and from 20 to 35 tons.

Quiet Operation

Our chillers have a fraction of the refrigerant charge of central station chillers and operate at a significantly reduced sound level. If you need to replace an old chiller or install a new quieter one, FHP has the most versatile design. The units fit easily through a standard 36" door.

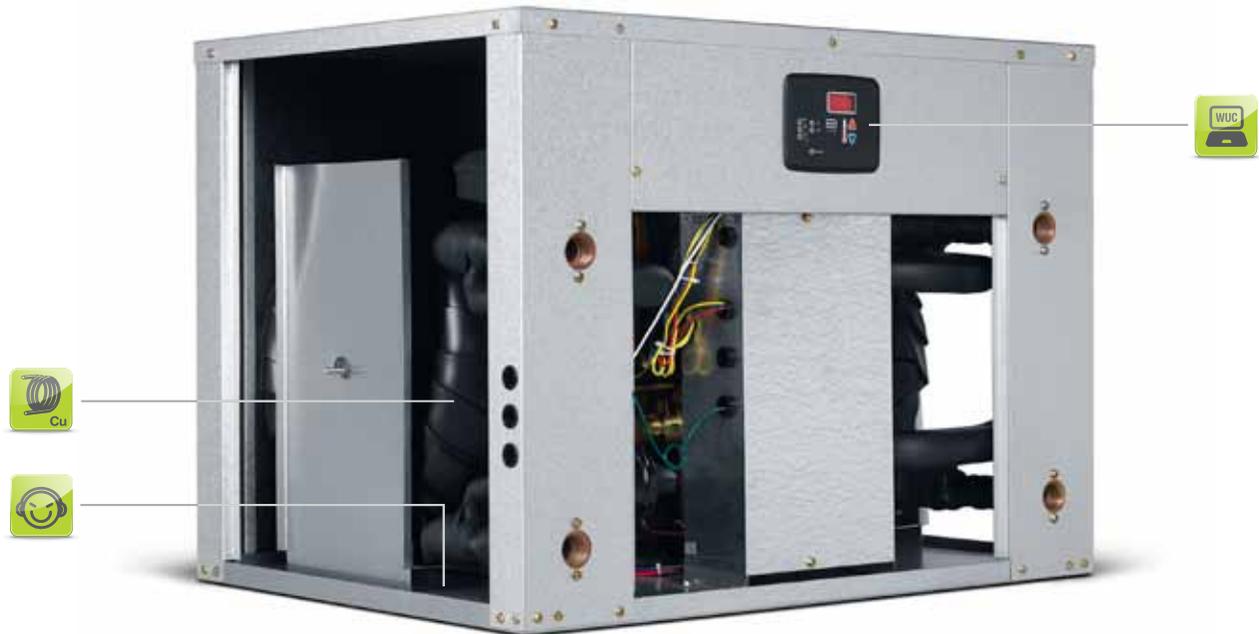
Environmentally Friendly

These highly efficient units not only will reduce your operating costs but play their part in reducing CO₂ emissions, a leading cause of global warming.

Quality

Rigorous factory testing virtually guarantees no hassle from the start while FHP's almost 40 years of experience in designing heat pumps for commercial applications is your assurance of a state of the art quality product. FHP's ISO 9001:2000 certified facilities provide consistent quality in every unit we build.





Key Features

Standard

-  Geothermal
-  Scroll Compressor
-  R410-A Refrigerant
-  Coaxial Heat Exchanger Copper
-  Floating Base
-  Unit Protection Module 1
-  Compressor Blanket

Optional

-  Coaxial Heat Exchanger Cupronickel
-  Solid State Water to Water Unit Control
-  Desuperheater
-  Comfort Alert Diagnostics Module

WW SERIES Performance Data

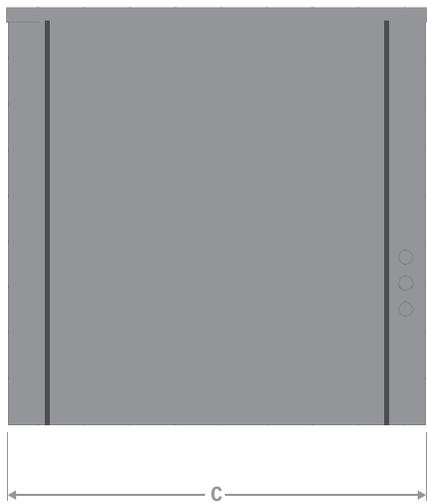


MODEL	ALL UNITS RATED IN ACCORDANCE WITH AHRI/ISO/ASHRAE/ANSI 13256-2												
	LOAD TEMPERATURE												
	Water Loop (WLHP)				Ground Water (GWHP)				Ground Loop (GLHP)				
	53.6°F		104°F		53.6°F		104°F		53.6°F		104°F		
	SOURCE TEMPERATURE												
	86°F		68°F		59°F		50°F		77°F		32°F		
	CAPACITY AND EFFICIENCY DATA												
	COOLING CAPACITY	EER	HEATING CAPACITY	COP	COOLING CAPACITY	EER	HEATING CAPACITY	COP	COOLING CAPACITY	EER	HEATING CAPACITY	COP	
	WW024	23,900	12.8	35,000	4.3	26,500	20.0	29,000	3.6	25,000	14.9	23,500	3.0
	WW036	25,500	13.3	37,000	4.4	28,500	20.9	30,000	3.7	26,500	15.5	24,500	3.0
WW048	39,300	12.8	57,000	4.3	44,000	19.9	47,000	3.6	41,000	14.8	38,500	2.9	
WW060	51,300	12.7	75,500	4.4	56,000	19.2	62,000	3.6	53,000	14.6	50,500	3.0	
WW072	55,100	13.2	80,000	4.4	61,000	20.4	65,000	3.6	57,500	15.3	52,000	2.9	

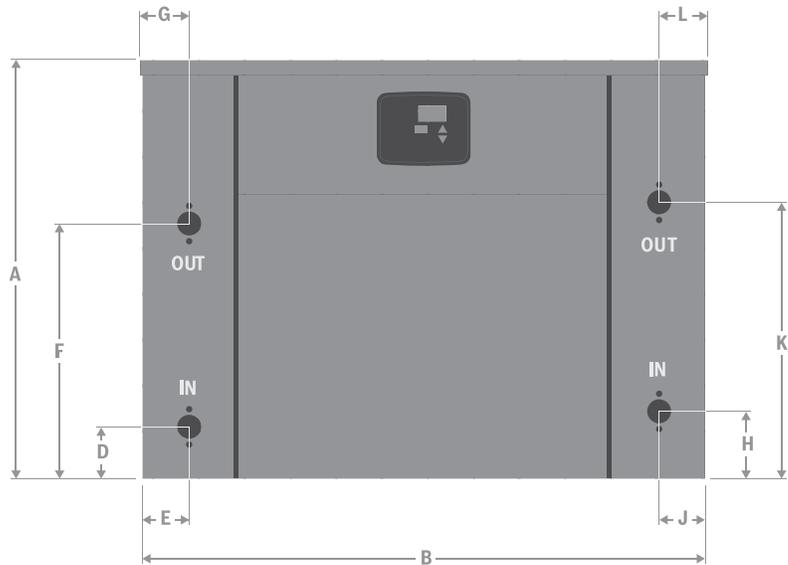
WW 024 - 072 SERIES | DIMENSIONS

MODEL	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	Condenser Water Connections
	Height	Width	Depth									
WW024,036	24.25	32.50	24.00	2.50	2.00	14.88	2.25	2.50	8.25	14.88	2.25	0.75" F.P.T.
WW048	24.25	32.50	24.00	3.00	2.50	15.00	2.25	4.00	3.38	16.00	3.38	1.00" F.P.T.
WW060	24.25	32.50	24.00	3.00	2.50	17.00	2.25	4.00	3.38	18.00	3.38	1.00" F.P.T.
WW072	24.25	32.50	24.00	3.38	2.50	22.75	4.38	3.38	4.38	22.75	2.50	1.00" F.P.T.

LEFT SIDE



UNIT FRONT



NOTES: All dimensions within +/- 0.125". Specifications subject to change without notice.



Key Features

Standard

-  Filter Drier
-  TXV Valve
-  Service Connections
-  R410-A Refrigerant
-  Unit Protection Module 1
-  Scroll Compressor
-  4-Way Reversing Valve
-  Coaxial Heat Exchanger Copper
-  Geothermal
-  Aluminum Framing

Optional

-  Coaxial Heat Exchanger Cupronickel
-  DDC Controls
-  Compressor Blanket
-  Solid State Water to Water Unit Control
-  Comfort Alert Diagnostics Module
-  Desuperheater

WW SERIES

Performance Data



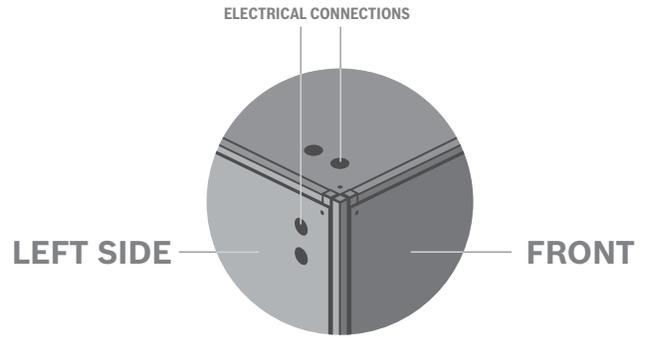
MODEL	ALL UNITS RATED IN ACCORDANCE WITH AHRI/ISO/ASHRAE/ANSI 13256-2												
	LOAD TEMPERATURE												
	Water Loop (WLHP)				Ground Water (GWHP)				Ground Loop (GLHP)				
	53.6°F		104°F		53.6°F		104°F		53.6°F		104°F		
	SOURCE TEMPERATURE												
	86°F		68°F		59°F		50°F		77°F		32°F		
	CAPACITY AND EFFICIENCY DATA												
	COOLING CAPACITY	EER	HEATING CAPACITY	COP	COOLING CAPACITY	EER	HEATING CAPACITY	COP	COOLING CAPACITY	EER	HEATING CAPACITY	COP	
	WW120	110,100	13.5	160,000	4.4	125,000	19.2	129,000	3.7	116,000	15.5	103,500	3.0
	WW122*	114,600	13.3	168,000	4.5	127,000	20.5	135,500	3.6	119,500	15.5	108,000	2.9
WW180	127,000	13.8	180,500	4.5	143,000	20.7	148,500	3.8	132,500	15.9	121,000	3.2	
WW210	164,200	13.2	239,500	4.4	185,500	19.1	194,000	3.7	171,500	15.1	156,000	3.0	

* 2 Stage unit

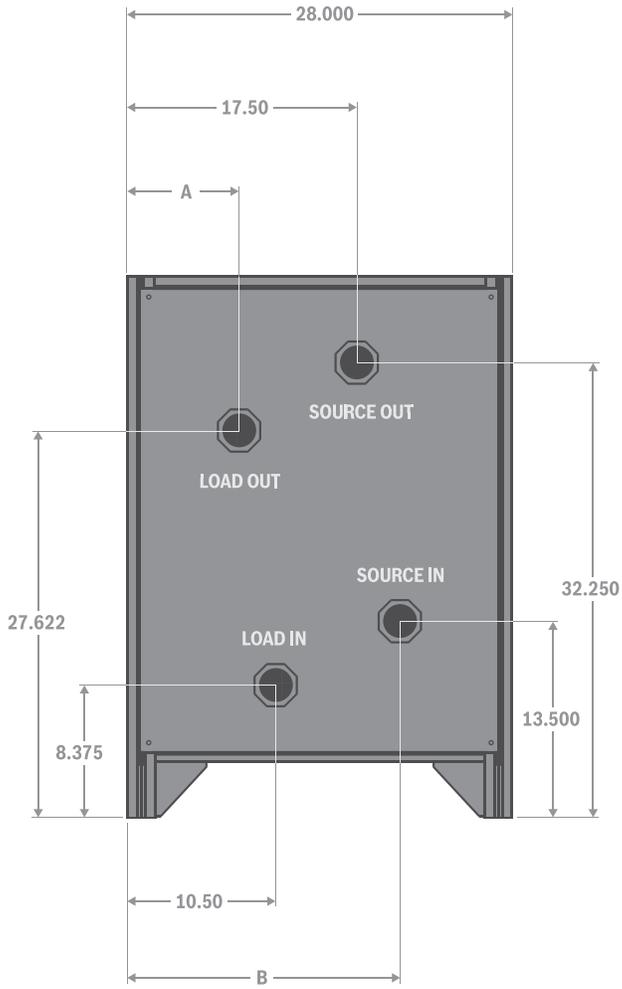
WW 120 - 210 SERIES | DIMENSIONS

MODEL	A	B
WW120	8.50	19.50
WW122*	8.50	19.50
WW180	4.50	23.50
WW210	4.50	23.50

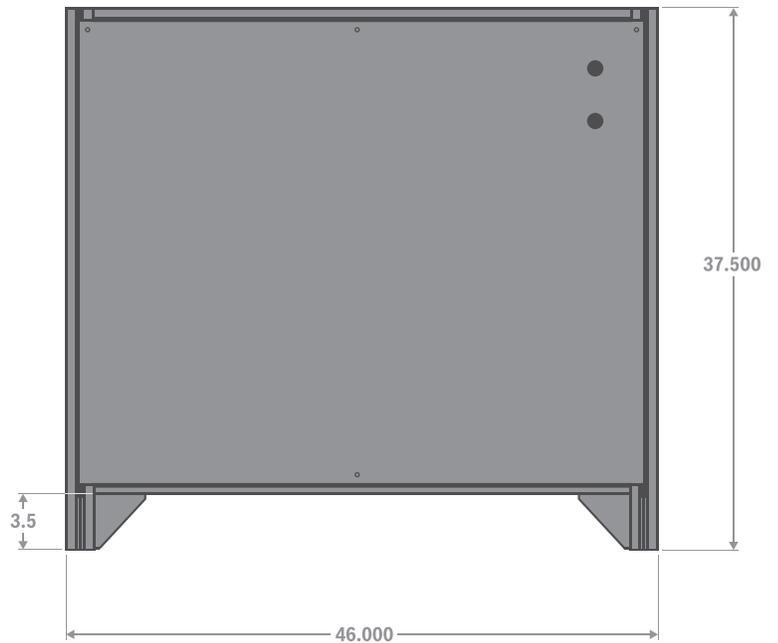
* 2 Stage unit



UNIT REAR



LEFT SIDE



WW 240 - WW 420



Key Features

Standard

-  Filter Drier
-  TXV Valve
-  Service Connections
-  R410-A Refrigerant
-  Geothermal
-  Scroll Compressor
-  4-Way Reversing Valve
-  Unit Protection Module 2
-  Aluminum Framing

Optional

-  Coaxial Heat Exchanger Cupronickel
-  DDC Controls
-  Compressor Blanket
-  Solid State Water to Water Unit Control
-  Comfort Alert Diagnostics Module

WW 2 STAGE SERIES

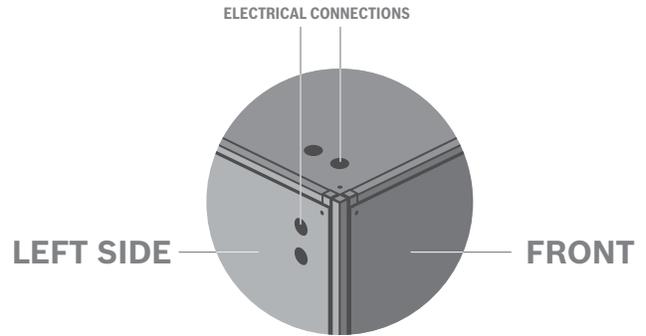
Performance Data



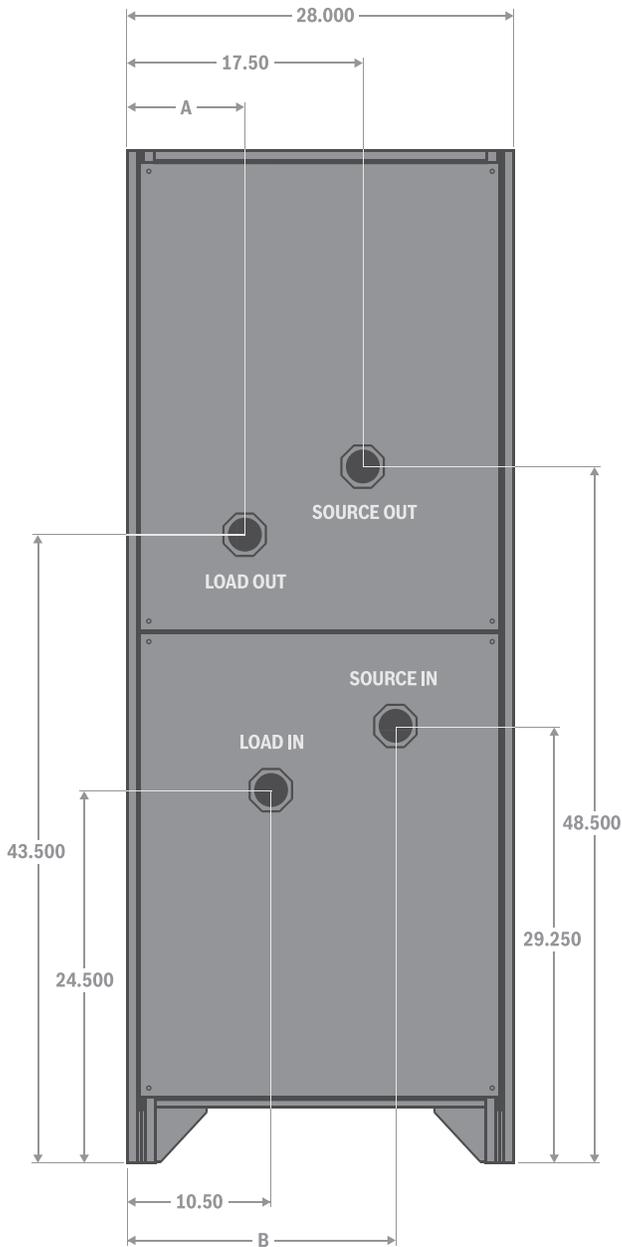
MODEL	ALL UNITS RATED IN ACCORDANCE WITH AHRI/ISO/ASHRAE/ANSI 13256-2												
	LOAD TEMPERATURE												
	Water Loop (WLHP)			Ground Water (GWHP)				Ground Loop (GLHP)					
	53.6°F		104°F	53.6°F		104°F		53.6°F		104°F			
	SOURCE TEMPERATURE												
	86°F		68°F		59°F		50°F		77°F		32°F		
	CAPACITY AND EFFICIENCY DATA												
	COOLING CAPACITY	EER	HEATING CAPACITY	COP	COOLING CAPACITY	EER	HEATING CAPACITY	COP	COOLING CAPACITY	EER	HEATING CAPACITY	COP	
	WW240	222,000	13.5	320,000	4.4	249,500	19.2	258,500	3.7	232,500	15.5	206,500	3.0
	WW360	254,000	13.8	361,500	4.5	286,500	20.7	297,000	3.8	265,000	15.9	242,000	3.2
WW420	328,300	13.2	479,000	4.4	370,500	19.1	387,500	3.7	343,000	15.1	312,000	3.0	

WW 240 - 420 SERIES | DIMENSIONS

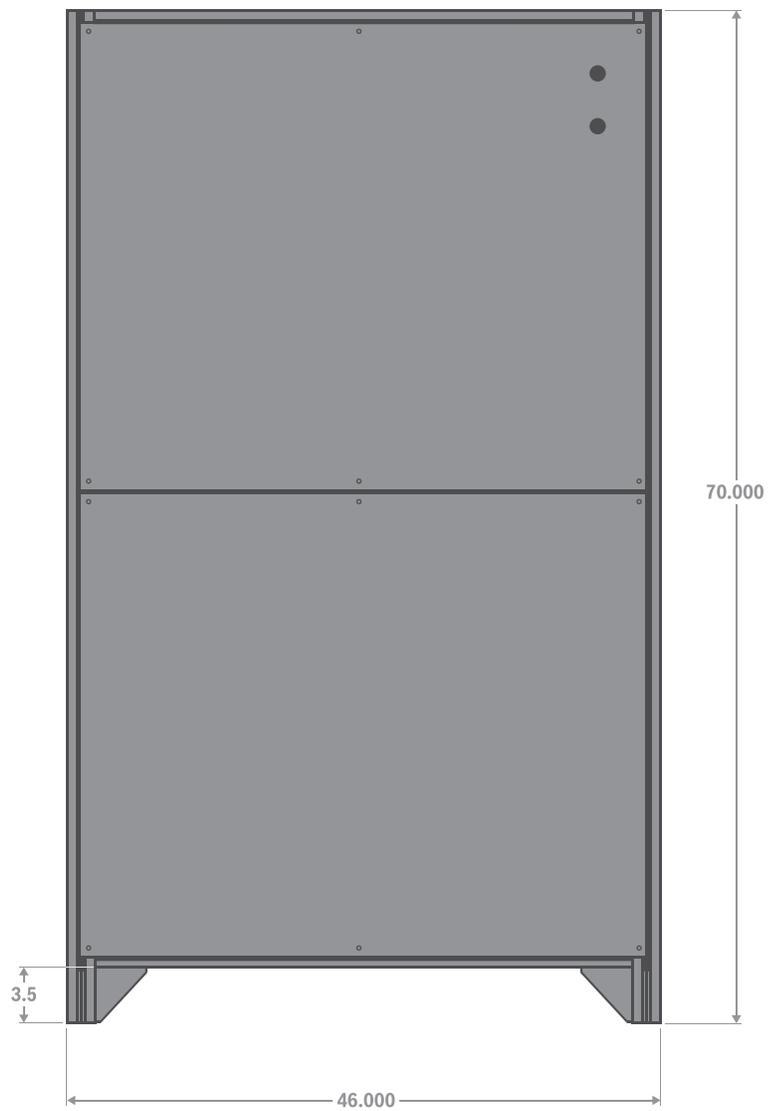
MODEL	A	B
WW240	8.50	19.50
WW360	4.50	23.50
WW420	4.50	23.50



UNIT REAR



LEFT SIDE





Geothermal

All WW Series units come ready for geothermal applications.

Controls And Interface Options

Designed to enhance the unit operation with more flexibility, accurate control and operating modes, the FHP controllers and interface options provide an increased level of comfort in the conditioned space together with solid state reliability and ease of operation.



Unit Protection Modules UPM1 And UPM2

The Unit Protection Modules UPM1 and UPM2 are standard on most FHP units and were developed to enhance their operation. The UPM1 is designed for single compressor models while the UPM2 is designed for dual compressor models have the same features.



The (optional) freeze protection will prevent unit operation below 35° F (1.7° C) leaving fluid temperature.

Each controller has a random start feature programmed into its microprocessor ranging from 270 - 300 seconds preventing the simultaneous starting of multiple units. An anti-short cycle timer allows a 5 minute delay on break timer to prevent compressor short cycling. A low pressure bypass timer switch prevents nuisance lockouts during cold start up. The high pressure switch delay of one (1) second provides switch stabilization on start up to prevent nuisance lockouts.



The Unit Protection Modules monitor the operating condition of the unit by providing:

- A Brownout / Surge / Power Interruption Protection - This allows for the water pumps to restart and establish water flow to prevent nuisance lockouts during brief power interruptions.
- Malfunction Output - The controller has a set of 24 volt contacts for remote fault indication.
- Test / Service pin - A jumper is provided to reduce all time delay settings to 6 seconds during troubleshooting or operation verification.
- L.E.D. Indicators
- Intelligent Reset.



DDC Controls

The FHP factory mounted DDC Controller is preprogrammed and installed in the unit to be jobsite ready to run. The unit will operate in a 100% stand alone control mode or connect to a Building Automation System (BAS) using open protocols BACnet, Modbus, N2 or LonWorks.

Water temperatures can be monitored from the central control computer and unit fault indication display. A Back view hand held diagnostic tool is available to allow local access to display and modify user defined properties without any computer software.



Aluminum Framing

All FHP Water2Water Series units are constructed with an aluminum frame for an appealing appearance, pleasant aesthetic and lightweight construction.

The high-strength extruded aluminum profiles have a natural color, anodized surface that's scratch and corrosion resistant and its durable finish won't rust. It never needs painting and the welding is maintenance free.



Solid State Water to Water Unit Control (WUC)

FHP's water to water heat pump controller offers a low cost, simple solution to the control of a water to water heat pump unit. The control is configurable to provide cooling only, heating only, or auto change over control strategies based on the application of the unit in a given system. Intelligent auto reset of a fault condition avoids nuisance hard lockouts

Features of the controller include:

- Adjustable temperature differential for heating and cooling set point.
- Adjustable auto changeover set point with adjustable dead band setting.
- LED display of control temperature and set points. °Fahrenheit or °Celsius Display.
- Pump operation configurable for continuous or cycling operation with the compressor.
- Compressor lead-lag operation on units with dual compressors.
- Malfunction output and service LED can be set to steady or pulsing to indicate fault condition.
- Color LED's indication of mode of operation.
- Set points retention in nonvolatile memory in the event of a power failure.
- Five minute delay on break or power interruption for compressor short cycling protection.
- Brown out low voltage protection.





Compressor Blanket

A high density compressor blanket is an available option on all WW units. This together with the unique floating base pan can reduce sound levels by up to 60%.



Desuperheater

A desuperheater or HRP (Hot Water Heat Recovery Package) is a feature that takes advantage of waste heat of the compressor and uses it to heat domestic water. Heating your water with FREE waste heat will reduce the use of your inefficient water storage tank heating elements. Hot water is produced by using a double wall coaxial heat exchanger coil. The hot refrigerant gas flows in the outer tubing while the domestic water flows in the inner pipe being heated by the hot refrigerant. The HRP heats water with superheated gas that is being produced by the compressor as you heat or cool your space, thus saving you money in your hot water production.



MODEL	WW 1 Stage Series Voltage				
WW024	208-230/1/60	265/1/60			
WW036	208-230/1/60		208-230/3/60	460/3/60	
WW048	208-230/1/60		208-230/3/60	460/3/60	
WW060	208-230/1/60		208-230/3/60	460/3/60	575/3/60
WW072	208-230/1/60		208-230/3/60	460/3/60	575/3/60

MODEL	WW 1 Stage Series Voltage			
WW120	208-230/3/60		460/3/60	575/3/60
WW180	208-230/3/60		460/3/60	575/3/60
WW210	208-230/3/60		460/3/60	575/3/60

MODEL	WW 2 Stage Series Voltage			
WW122	208-230/1/60	208-230/3/60	460/3/60	575/3/60
WW240		208-230/3/60	460/3/60	575/3/60
WW360		208-230/3/60	460/3/60	575/3/60
WW420		208-230/3/60	460/3/60	575/3/60



WWW.FHP-MFG.COM



601 N.W. 65th Court, Ft. Lauderdale, FL 33309
Phone: 954-776-5471 | Fax: 954-776-5529
www.boschtaxcredit.com | www.fhp-mfg.com

970-358



Acumuladores intercambiadores

Modelo	Referencia	Código EAN	Capacidad (litros)	Descripción	Medidas alto x ancho x fondo (mm.) alto x Ø (mm.)	Precio base de venta €	
Acumuladores intercambiadores de 1 serpentín							
	ST 75	7 719 002 870	4 010 009 110 767	75	Acumuladores intercambiadores de 1 serpentín ideal para sistemas solares de pequeñas capacidades:	850 x 440 x 450	755
	SO 120-1	7 719 002 874	4 010 009 110 804	114	<ul style="list-style-type: none"> - Cuba de acero esmaltado (DIN 4753). - Protección catódica mediante ánodo de sacrificio. 	965 Ø 510	555
	SO 160-1	7 719 002 875	4 010 009 110 811	153	<ul style="list-style-type: none"> - Aislamiento en espuma de PU libre de CFC's. - Sensor de temperatura (NTC) encapsulado en casquillo y provisto de conector. 	1.215 Ø 510	590
	SO 200-1	7 719 002 876	4 010 009 110 828	191	<ul style="list-style-type: none"> - Recubrimiento de lámina PVC sobre soporte de gomaespuma y tapa de plástico (gama SO). 	1.465 Ø 510	705
	ST 90-3 E	7 719 002 871	4 010 009 110 774	90	Acumuladores intercambiadores de 1 serpentín ideal para ser usada en sistemas solares e integrado con una caldera mural:	820 x 540 x 495	760
	ST 120-1 E	7 719 002 872	4 010 009 110 781	117	<ul style="list-style-type: none"> - Cuba de acero esmaltado (DIN 4753). - Protección catódica mediante ánodo de sacrificio. - Aislamiento en espuma de PU libre de CFC's. - Sensor de temperatura (NTC) encapsulado en casquillo y provisto de conector. 	935 x 500 x 520	640
	ST 160-1 E	7 719 002 873	4 010 009 110 798	152	<ul style="list-style-type: none"> - Recubrimiento de lámina PVC sobre soporte de gomaespuma y tapa de plástico (gama SO). 	935 x 550 x 570	705
	SK 300-3 ZB	7 719 002 877	4 010 009 110 835	293	Acumuladores intercambiadores de 1 serpentín, ideal para sistemas solares de media capacidad:	1.325 Ø 710	1.150
	SK 400-3 ZB	7 719 002 878	4 010 009 110 842	388	<ul style="list-style-type: none"> - Cuba de acero esmaltado (DIN 4753). - Protección catódica mediante ánodo de sacrificio. - Aislamiento en espuma de PU libre de CFC's. 	1.681 Ø 710	1.455
	SK 500-3 ZB	7 719 002 879	4 010 009 110 859	470	<ul style="list-style-type: none"> - Sensor de temperatura (NTC) encapsulado en casquillo y provisto de conector. - Recubrimiento de lámina PVC sobre soporte de gomaespuma y tapa de plástico. 	2.001 Ø 710	1.610
	CV-800-M1	7 709 500 214	4 047 416 252 742	800	Depósitos fabricados en acero vitrificado, dotados de intercambiadores de serpentín sobredimensionados, para ofrecer la máxima capacidad de producción de agua caliente sanitaria con altos caudales específicos.	1.840 Ø 950	2.805
	CV-1000-M1	7 709 500 215	4 047 416 252 759	1.000	Con posibilidad de incorporación de resistencia eléctrica de calentamiento. Temperatura máxima de acumulación: 90°C. Presión máxima de acumulación: 8 bar. Boca de hombre DN - 400. (Conforme al CTE).	2.250 Ø 950	3.295
	MV-1500-SB	7 709 500 216	4 047 416 252 766	1.500	Depósitos de gran capacidad fabricados en acero con revestimiento epoxidico de calidad alimentaria, dotados de intercambiadores de serpentín desmontables (realizados en acero inoxidable) para la producción de agua caliente sanitaria en instalaciones de gran consumo.	1.850 Ø 1.360	5.280
	MV-2000-SB	7 709 500 217	4 047 416 252 773	2.000	Con posibilidad de incorporación de resistencia eléctrica de calentamiento. Superficie de intercambio apta para el uso en sistemas solares (adaptada al CTE). Se suministran sin forro (opcional).	2.300 Ø 1.360	5.830
	MV-3000-SB	7 709 500 218	4 047 416 252 780	3.000	Temperatura máxima de acumulación: 90°C. Presión máxima de acumulación: 8 bar.	2.325 Ø 1.660	7.755
	MV-4000-SB	7 709 500 219	4 047 416 252 797	4.000	Temperatura máxima en el circuito primario: 200 °C.	2.345 Ø 1.910	9.830
	MV-5000-SB	7 709 500 220	4 047 416 252 803	5.000	Presión máxima en el circuito primario: 25 bar. Boca de hombre DN - 400. (Conforme al CTE).	2.750 Ø 1.910	11.405
	Válvula de Seguridad (6,0 bar.)	7 719 000 779	4 010 009 050 933		Obligatoria instalación		17

Acumuladores



Modelo	Referencia	Código EAN	Capacidad (litros)	Descripción	Medidas alto x Ø (mm.)	Precio base de venta €
Acumuladores solares (doble serpentín)						
SK 300-1 Solar	7 719 001 929	4 010 009 589 556	286	Acumulador intercambiador de doble serpentín: - Cuba de acero esmaltado. - Protección catódica mediante ánodo de sacrificio. - Aislamiento en espuma de PU libre de CFC's. - Toma para recirculación. - Dos vainas para inserción de sensores. - Punto de acceso a interior para mantenimiento.	1.794 Ø 600	1.210
SK 400-1 Solar	7 719 001 930	4 010 009 589 563	364		1.591 Ø 700	1.525
SK 500-1 Solar	7 739 300 188	4 010 009 704 225	449		1.921 Ø 700	1.690

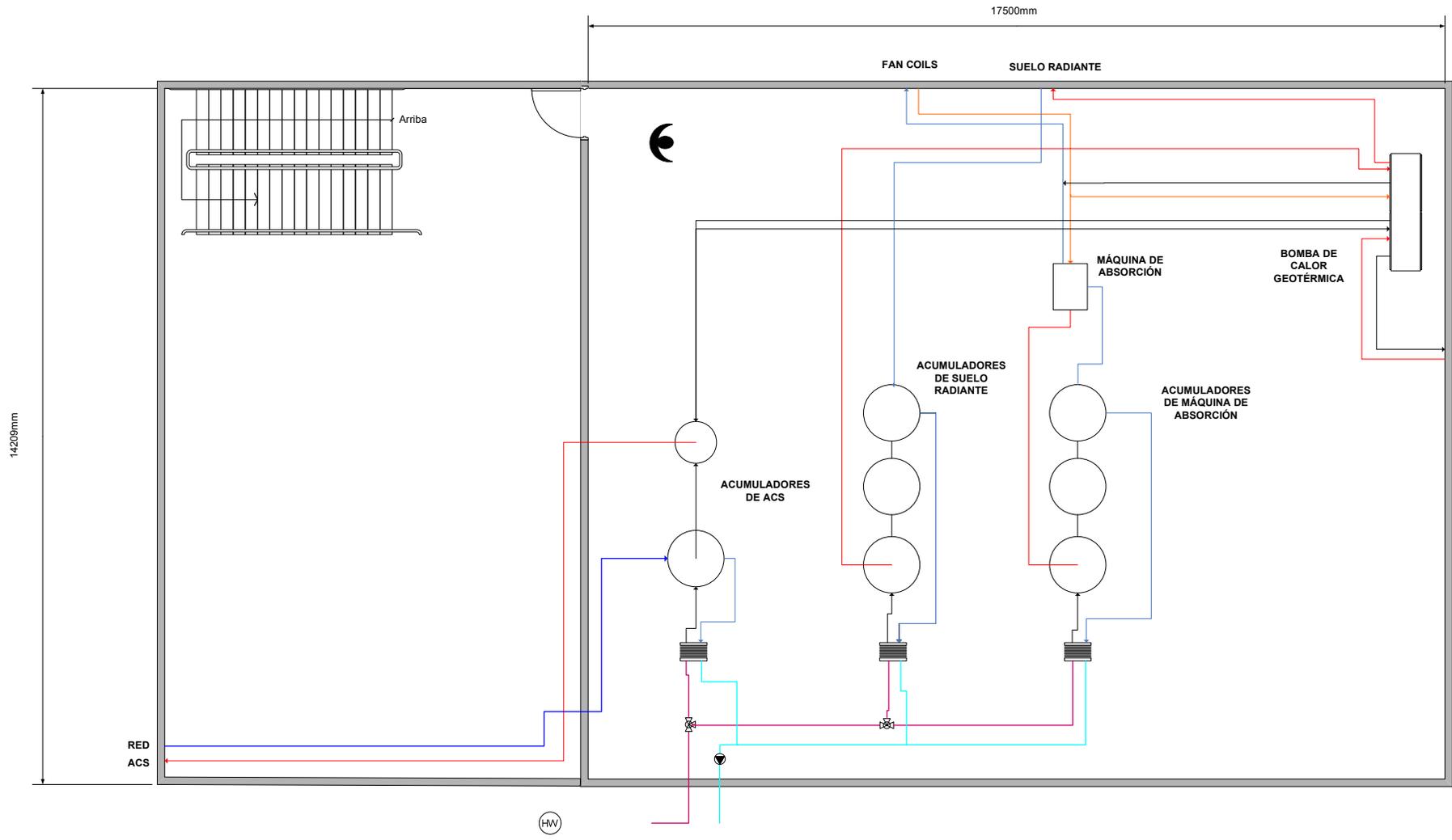


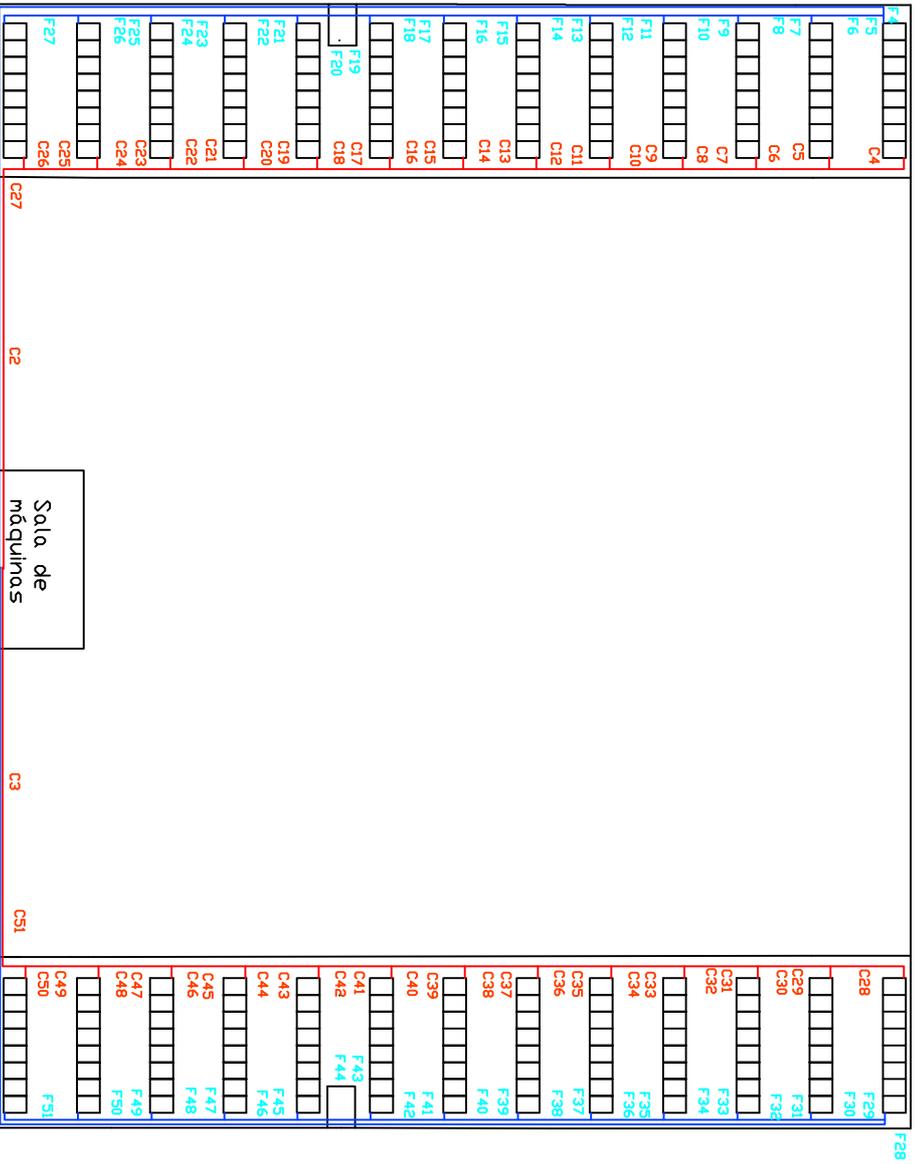
Acumuladores de inercia						
G - 600 - I	7 709 500 221	4 047 416 252 810	600	Depósitos fabricados en acero al carbono indicados como depósitos de inercia en circuitos cerrados.	1.730 Ø 770	1.290
G - 800 - I	7 709 500 222	4 047 416 252 827	800		Aislados térmicamente con espuma de poliuretano inyectado en molde, libre de CFC.	1.840 Ø 950
G - 1000 - I	7 709 500 223	4 047 416 252 834	1.000	Acabado exterior con forro acolchado desmontable.	2.250 Ø 950	2.175
MV - 1500 - I	7 709 500 224	4 047 416 252 841	1.500	Depósitos fabricados en acero al carbono indicados como depósitos de inercia en circuitos cerrados. Aislados térmicamente con espuma de poliuretano inyectado en molde, libre de CFC. Se suministran sin forro (opcional).	1.850 Ø 1.360	2.680
MV - 2000 - I	7 709 500 225	4 047 416 252 858	2.000		2.300 Ø 1.360	3.010



Accesorios para la gama de acumuladores MV (1 serpentín)

FME 1500	7 709 500 226	4 047 416 252 865	1.500	Forro para interior para la gama de depósitos MV.	450
FME 2000	7 709 500 227	4 047 416 252 872	2.000		515
FME 3000	7 709 500 228	4 047 416 252 889	3.000		620
FME 4000	7 709 500 229	4 047 416 252 896	4.000		715
FME 5000	7 709 500 230	4 047 416 252 902	5.000		795





Sala de máquinas

