



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID  
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

**Instalación de producción de frío mediante máquina  
de absorción y paneles solares en Centro de Salud.  
Análisis y propuestas para puesta en marcha y  
funcionamiento.**

**Autor:**

García Sanz, Álvaro

**Tutor:** San José Alonso, Julio Fco.

**Departamento de Ingeniería  
Energética y Fluidomecánica**

**Tutor externo:** Sanz Salinero, Miguel Ángel

**HURH**

**Valladolid, junio 2020.**





## Resumen

En el presente trabajo se ha estudiado el sistema de climatización y ACS del Centro de Salud de Parquesol, en concreto la instalación de absorción. Tras el estudio y descripción de los elementos que conforman esta, se han realizado cálculos sobre el dimensionamiento de la instalación y se ha analizado el estado actual en el que se encuentra la instalación para determinar si la puesta en marcha sería lo más apropiado para el sistema de refrigeración del edificio. Para ello, se detecta las averías, se estudia estrategias de funcionamiento adecuadas y se propone mejoras para posible puesta en marcha con garantías de continuidad en el tiempo, de forma que se puedan aprovechar los recursos existentes. Como consecuencia de este estudio se llegará a la conclusión de qué sería lo recomendable a hacer con la instalación de la que se dispone en el Centro de Salud.

## Palabras clave

Absorción, refrigeración, solar, potencia e instalación.

## Abstract

In this work the air conditioning system and ACS of the Parquesol Health Center, in particular the absorption facility, has been studied. Following the study and description of the elements that make up this, calculations have been made on the sizing of the installation and the current state of the installation has been analyzed to determine whether the start-up would be most appropriate for the building's cooling system. To do this, the breakdowns are detected, appropriate operating strategies are studied and improvements are proposed for possible implementation with guarantees of continuity of time, so that existing resources can be leveraged. As a result of this study we will conclude what would be advisable to do with the installation available at the Health Center.

## Keywords

Absorption, refrigerator, solar, power and installation.





# Índice

Resumen.....	3
Palabras clave.....	3
Abstract.....	3
Keywords.....	3
Índice.....	5
Índice de Figuras .....	8
Índice de Tablas.....	10
1. Introducción y objetivos.....	11
Pasos seguidos .....	11
2. Máquina de absorción.....	13
2.1. Clasificación de las máquinas de absorción .....	13
Tamaño.....	13
Fuente de energía .....	13
Fluido de trabajo .....	13
Número de efectos.....	14
Etapas.....	14
Sistema de condensación.....	14
2.2. Máquina de absorción de simple efecto LiBr-H <sub>2</sub> O .....	14
Torre de refrigeración .....	17
3. Centro de Salud de Parquesol .....	20
3.1. Localización .....	20
3.2. Instalación de climatización y agua caliente sanitaria (ACS).....	20
3.3. Descripción de la instalación de climatización y agua caliente sanitaria (ACS) .....	22
Obtención de calor en la instalación.....	22
Obtención de frío en la instalación .....	23
Circuito primario solar.....	25
Transferencia de calor.....	27
Acumulación.....	29
Unidades terminales .....	32
Sistema de regulación .....	33
4. Instalación de absorción .....	35
4.1. Caracterización de la instalación de absorción del Centro de Salud .....	36
Captadores solares.....	36



- Depósito de absorción ..... 39
- Máquina de absorción..... 41
- Torre de refrigeración ..... 46
- Regulación de la instalación ..... 48
- 4.2. Periodo de funcionamiento ..... 50
- 5. Cálculos ..... 53
  - 5.1. Estudio de captación solar de la instalación y necesidades de ACS..... 53
    - Necesidades de ACS en el centro ..... 53
    - Cálculo solar ..... 56
  - 5.2. Potencia generada por la máquina de absorción ..... 64
  - 5.3. Ahorro con la instalación ..... 66
- 6. Análisis de la instalación de absorción..... 69
  - 6.1 Estado de los elementos de la instalación ..... 69
    - Campo de captadores ..... 69
    - Circuito primario solar..... 70
    - Acumulación solar ..... 71
    - Máquina de absorción..... 71
    - Torre de refrigeración ..... 71
  - 6.2. Fallos de funcionamiento detectados en la instalación..... 72
- 7. Cambios a realizar en la instalación ..... 73
- 8. Puesta en marcha y funcionamiento ..... 75
  - 8.1. Operaciones de puesta en marcha de la instalación ..... 75
    - Limpieza y llenado de la instalación..... 75
    - Puesta a punto de las máquinas y paneles ..... 75
    - Comprobación eléctrica, de las bombas y de las sondas de temperatura ..... 76
    - Ajuste de caudal de los circuitos ..... 76
    - Acumulación..... 77
    - Circulación del fluido..... 77
    - Control de la instalación..... 77
    - Dar de alta ..... 77
  - 8.2. Propuestas de funcionamiento de la Yazaki ..... 78
- 9. Conclusiones ..... 81
  - Repercusiones ..... 82
- 10. Bibliografía ..... 83
- Anexos..... 85



Anexo 1. Valores de temperatura del verano 2019 .....	85
Anexo 2. Estudio de la 2ª propuesta de funcionamiento .....	88
Anexo 3. Catálogos.....	94
Anexo 4. Documento de notificación de alta de la torre de refrigeración .....	102

## Índice de Figuras

Figura 1. Ciclo de absorción simple efecto.....	15
Figura 2. Esquema de una máquina de absorción .....	16
Figura 3. Esquema de principio de la refrigeración de la torre.....	17
Figura 4. Elementos de la torre de refrigeración .....	18
Figura 5. Acceso principal al Centro de Salud Parquesol .....	20
Figura 6. Esquema de principio de la instalación .....	21
Figura 7. Campo de captadores solares .....	22
Figura 8. Sala de calderas.....	23
Figura 9. Planta enfriadora.....	24
Figura 10. Máquina de absorción.....	25
Figura 11. Tuberías del circuito primario .....	26
Figura 12. Bombas de recirculación .....	26
Figura 13. Aerotermo .....	27
Figura 14. Intercambiador de placas planas .....	28
Figura 15. Depósito de absorción.....	29
Figura 16. Bombas circuito secundario .....	30
Figura 17. Depósitos solares .....	30
Figura 18. Depósitos de ACS.....	31
Figura 19. Depósito de agua fría .....	32
Figura 20. Climatizador.....	33
Figura 21. Programa de control de la instalación.....	34
Figura 22. Esquema de principio de la instalación de absorción .....	35
Figura 23. Batería de captadores solares de la instalación .....	36
Figura 24. Vista del campo de captadores .....	37
Figura 25. Depósito de absorción.....	39
Figura 26. Depósito de inercia de agua fría.....	41
Figura 27. Esquema de principio de los circuitos de agua de la máquina de absorción.....	42
Figura 28. Balance térmico en la unidad YAZAKI modelo WFC SC10 .....	44
Figura 29. C.E.E. en función de la temperatura de entrada del agua al generador .....	45
Figura 30. Torre de refrigeración .....	46
Figura 31. Datos técnicos aportados por el fabricante .....	47
Figura 32. Cálculo de la $T^a$ de bulbo húmedo .....	48
Figura 33. Pantalla de control de la instalación de absorción.....	49
Figura 34. Cuadro de control de la instalación de absorción .....	49
Figura 35. Diagrama de $T^a$ de Valladolid .....	50
Figura 36. Representación de la $T^a$ media diaria en los meses de verano .....	51
Figura 37. $T^a$ promedio por horas en Valladolid .....	51
Figura 38. Gráfico de las necesidades mensuales de ACS.....	55
Figura 39. Pantalla con la localización utilizada .....	56
Figura 40. Gráfico de las energías en verano .....	61
Figura 41. Gráfico de las energías en invierno .....	63
Figura 42. Gráfico de la potencia generada .....	65
Figura 43. Gráfico del ahorro anual estimado.....	68
Figura 44. Tubería forzada debido al azote del viento.....	69



Figura 45. Acumulación de tuberías en zona reducida ..... 70



## Índice de Tablas

Tabla 1. Características generales del captador.....	38
Tabla 2. Características técnicas del depósito .....	40
Tabla 3. Horario de funcionamiento de la refrigeración.....	52
Tabla 4. Consumo mensual de ACS.....	54
Tabla 5. Variables fijas de la fórmula (5.1.2).....	54
Tabla 6. Necesidades mensuales de ACS .....	55
Tabla 7. Irradiación sobre superficie horizontal.....	57
Tabla 8. Irradiación diaria global incidente .....	58
Tabla 9. Rendimientos y energía captada con 66 colectores.....	59
Tabla 10. Rendimientos y energía captada con 36 colectores.....	60
Tabla 11. Exceso de energía en verano.....	60
Tabla 12. Rendimientos de los colectores y energía captada .....	62
Tabla 13. Exceso de energía en invierno.....	63
Tabla 14. Horas diarias posibles de funcionar únicamente con energía solar.....	64
Tabla 15. Potencia generada con la máquina de absorción .....	65
Tabla 16. Ahorro anual estimado.....	67



## 1. Introducción y objetivos

El objetivo del presente Trabajo de Fin de Grado es determinar si la puesta en funcionamiento de la instalación de absorción del Centro de Salud de Parquesol sería lo más adecuado para el sistema de refrigeración del edificio y, las opciones a seguir en el caso de que así fuese. El proyecto surge de una reunión con los ingenieros del Hospital Universitario Río Hortega, donde se plantea el estudio, análisis y opciones de puesta en marcha de la instalación de absorción del Centro de Salud de Parquesol que actualmente se encuentra parada.

Para lograr alcanzar el objetivo principal se han aplicado los conocimientos adquiridos a lo largo de los meses de prácticas y del Grado estudiado. Este documento será aprovechado por el departamento de mantenimiento del Hospital Universitario Río Hortega para futuros proyectos en las instalaciones de los Centros de Salud.

### **Pasos seguidos**

Con motivo de cumplir el objetivo del proyecto se han seguido los siguientes pasos:

#### Estudio de la tecnología de absorción

Se ha realizado un estudio del trabajo que realiza cada elemento que conforma una instalación solar de absorción alimentada por energía solar, por lo que, también se estudia la captación de la energía solar gracias a los captadores solares planos. La máquina de absorción es de simple efecto y disipa la energía calorífica mediante una torre de enfriamiento.

#### Descripción de la instalación de climatización y ACS

Con la intención de situar el proyecto, se describe la instalación de climatización y agua caliente sanitaria perteneciente al Centro de Salud.

#### Caracterización de la instalación de absorción

Se describe de manera minuciosa la instalación de absorción del Centro de Salud y las condiciones en las que trabaja.

#### Cálculos sobre el dimensionamiento de la instalación

Se calcula la energía captada por el campo de captadores solares, la potencia generada por la máquina de absorción y el ahorro conseguido con el empleo de la máquina de absorción en la instalación.



### Análisis del estado de la instalación de absorción

Para comprobar el estado en el que se encuentra la instalación de absorción se realiza un análisis de cada uno de los elementos que se encuentran en la instalación.

### Detección de los fallos de la instalación

Se analizan los fallos en el funcionamiento que se detectan en la instalación.

### Proponer opciones para la puesta en marcha y funcionamiento

Se realizan una serie de propuestas a seguir si la intención finalmente es la puesta en funcionamiento de la instalación en el Centro de Salud.

## 2. Máquina de absorción

El ciclo termodinámico de enfriamiento por absorción permite evacuar calor del espacio que se quiere enfriar y posibilita llevarlo a otro lugar donde se pueda disipar. Para conseguir esto, lo que se hace es aprovechar la necesidad de un fluido, utilizado como refrigerante, de obtener calor del entorno para al ser introducido en un ambiente a baja presión, cambiar del estado líquido al vapor.

La diferencia de presiones en el ciclo de absorción se consigue aportando calor a una mezcla de absorbente-refrigerante. El absorbente es una sustancia que presenta una gran afinidad con el refrigerante y que, por lo tanto, al aplicar calor al medio donde se encuentran ambas sustancias, este pueda absorberlo fácilmente.

En este capítulo se explicará la manera en la que funciona la máquina de absorción y la clasificación que existe de las máquinas de absorción.

### 2.1. Clasificación de las máquinas de absorción

Existen multitud de criterios a la hora de seleccionar una máquina de absorción en concreto debido a que dependerá de la función que vaya a desempeñar esta.

Los criterios que se tienen en cuenta a la hora de clasificar las máquinas de absorción son los siguientes:

#### Tamaño

- De pequeña potencia: máquinas con capacidad frigorífica inferior a 30 kW.
- De mediana potencia: máquinas con capacidad entre 30 kW y 100 kW.
- De alta potencia: máquinas con una capacidad frigorífica mayor a 100 kW.

#### Fuente de energía

- De tipo directo: se utiliza el calor aportado por productos de combustión, se emplea un quemador de un combustible fósil.
- De tipo indirecto: el calor lo reciben de un elemento intermedio (intercambiador de calor). El fluido caliente procede de una instalación de energía solar, caldera de gas, de una fuente residual, etc.

#### Fluido de trabajo

- $H_2O/LiBr$ : el refrigerante es agua y el absorbente bromuro de litio.
- $NH_3/H_2O$ : el refrigerante es amoníaco y el absorbente, agua.

- $\text{LiNO}_3/\text{H}_2\text{O}$ : el refrigerante es nitrato de litio y el absorbente, agua.

### Número de efectos

- De simple efecto: máquina de absorción con un solo generador.
- De doble efecto: máquina de absorción con dos generadores.
- De triple efecto: máquina de absorción con tres generadores.

### Etapas

- De simple etapa: máquina de absorción con un absorbedor.
- De doble etapa: máquina de absorción con dos absorbedores.
- De triple etapa: máquina de absorción con tres absorbedores.

### Sistema de condensación

- Condensada por agua: mediante agua se consigue la condensación del refrigerante. Estos sistemas necesitan de una torre de refrigeración.
- Condensada por aire: el fluido que provoca la condensación del refrigerante es aire.
- Para la realización de este proyecto se cuenta con una máquina de absorción de mediana potencia, de simple efecto, de simple etapa, con agua como refrigerante y bromuro de litio como disolución de absorbente. La máquina de absorción será alimentada con calor de manera indirecta mediante energía solar y condensada por agua.

## 2.2. Máquina de absorción de simple efecto $\text{LiBr-H}_2\text{O}$

Como consecuencia del crecimiento durante estos años del mercado en enfriadoras en el rango de pequeña y mediana capacidad, la situación con respecto al uso de las máquinas de absorción para el sector terciario y residencial ha cambiado. Estas máquinas están diseñadas para funcionar con bajas temperaturas generadoras y por lo tanto se pueden utilizar captadores solares térmicos estacionarios.

El ciclo de absorción de simple efecto es el más adecuado para la unión a un campo de captadores planos. De ahí reside la gran importancia de este ciclo dentro del campo de la refrigeración solar.

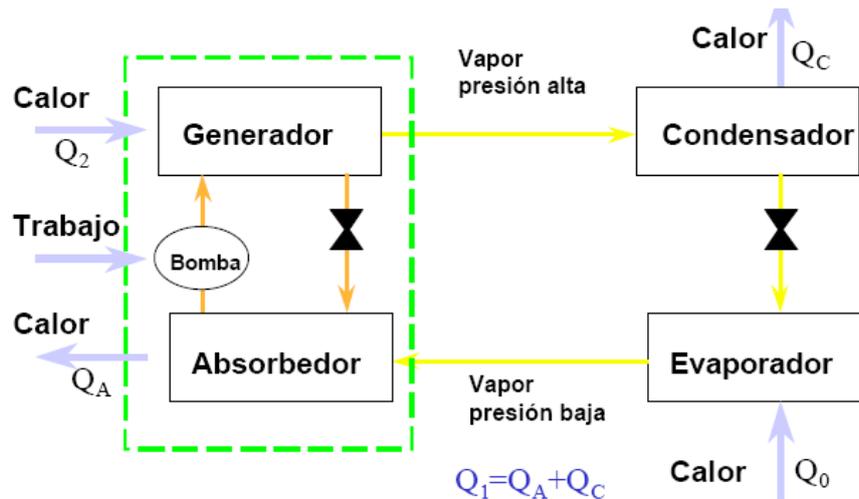


Figura 1. Ciclo de absorción simple efecto

El ciclo que se describe en este capítulo es concretamente el utilizado por las unidades que emplean como energía de aporte el calor obtenido de un campo de captadores solares y como fluido de trabajo una solución de agua y bromuro de litio, bajo presiones muy bajas, cercanas al vacío absoluto. Esto significa que los agentes utilizados son totalmente inocuos para el medio ambiente.

Para la explicación del funcionamiento de la máquina de absorción de simple efecto se sigue el esquema de la Figura 2. El generador de la máquina de absorción está constituido por un intercambiador multitubular, que calienta la solución de agua y bromuro de litio. El agua caliente que fluye a través de los tubos procede de los captadores solares. Al proporcionar calor en el generador lo que se consigue es separar la disolución en vapor de agua de refrigerante y solución pobre de bromuro de litio. El vapor de agua se dirige hacia el recipiente contiguo, el condensador. Debido a esta separación de vapor, la solución restante, solución concentrada, se dirige al intercambiador de calor donde indirectamente interacciona con la solución rica, a la cual cede calor para que el salto de temperatura posterior de esta al llegar al generador no sea tan grande. En el proceso de evaporación en el generador, ya que el bromuro de litio es muy poco volátil, en condiciones normales de funcionamiento no debe existir arrastre de gotas de solución. En el condensador lo que sucede es que el vapor de agua es enfriado gracias a un circuito de agua procedente de una torre de refrigeración, condensando este vapor de agua y convirtiéndolo de nuevo en líquido. Es importante tener en cuenta que según el refrigerante que se esté utilizando, la presión de trabajo en el condensador varía mucho. Como en este caso se trabaja con vapor de agua, la presión con la que trabajaremos se sitúa por debajo de la presión atmosférica.

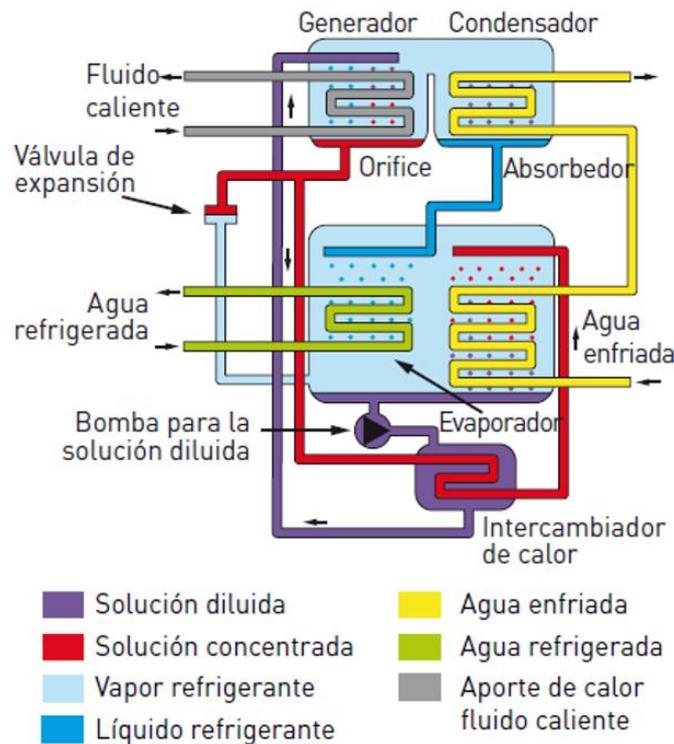


Figura 2. Esquema de una máquina de absorción

Una vez el refrigerante es condensado, este es enviado mediante la diferencia de presiones al evaporador. Antes de llegar a este evaporador, se le debe hacer pasar por la válvula de expansión para disminuir la presión con la que llega para facilitar el proceso posterior de evaporación a la temperatura adecuada. Como el refrigerante con el que estamos explicando este apartado es el agua, la diferencia de presiones para las temperaturas típicas de funcionamiento de una máquina de absorción es pequeña, por lo que solamente es necesario una válvula de expansión que produzca una pequeña pérdida de carga. El refrigerante llega al evaporador con la presión ya reducida y a una temperatura adecuada para su evaporación. Esta evaporación es posible gracias a la ayuda de la energía que proviene de la corriente de agua refrigerada que circula por el interior del evaporador aportando el calor necesario para la evaporación mediante una serie de tubos, produciéndose en dicha corriente el efecto frigorífico. Como sucede en el condensador, trabajamos con una presión que se sitúa por debajo de la presión atmosférica.

Posterior al evaporador, el refrigerante se dirige hacia el absorbedor, lugar donde se pone en contacto con el absorbente que proviene del generador. La solución concentrada proveniente del generador absorbe el vapor de agua diluyéndose la solución. Esta, es enviada mediante la ayuda de una bomba de nuevo al generador, elevando la presión de la solución hasta la de trabajo, pasando por el intercambiador de calor del que ya hemos hablado elevando el rendimiento. El fenómeno de la absorción es exotérmico, produce calor

que, a su vez es eliminado por el mismo circuito de enfriamiento antes de dirigirse al condensador. Para la disipación de esta energía al ambiente se utiliza una torre de enfriamiento. [1]

### Torre de refrigeración

Junto a las máquinas de absorción de condensación mediante agua debe instalarse siempre un sistema de disipación de calor o enfriamiento del circuito, lo que generalmente se efectúa con una torre de enfriamiento atmosférico a dimensionar de acuerdo con la potencia total de calor a disipar y teniendo en cuenta para su selección la temperatura húmeda del lugar donde se efectúa la instalación.[2]

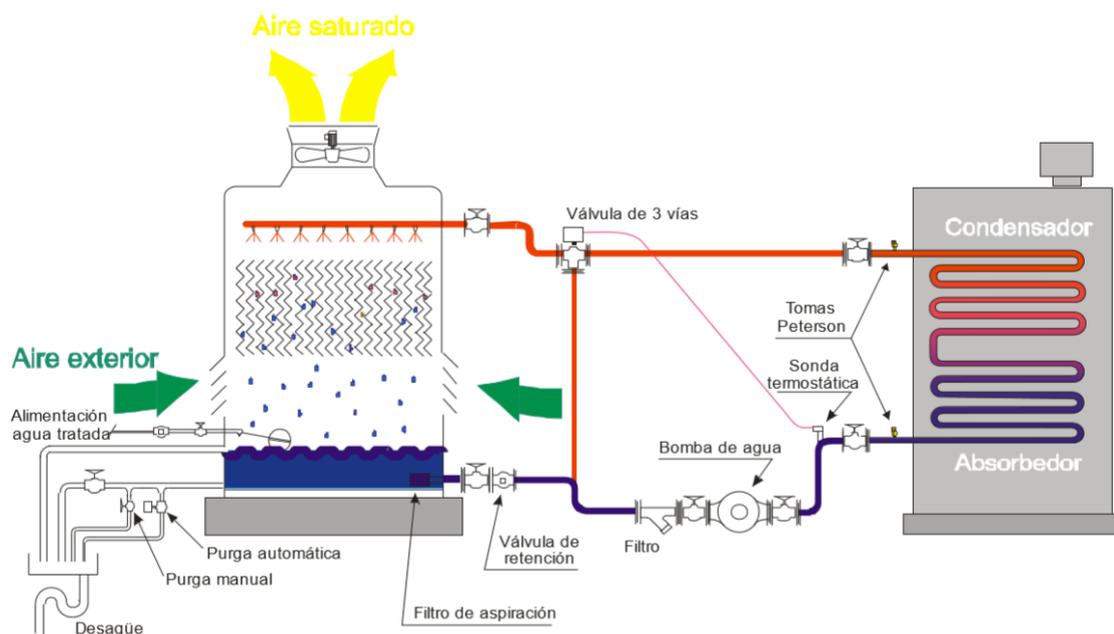


Figura 3. Esquema de principio de la refrigeración de la torre

El proceso que se lleva a cabo en la torre de refrigeración es muy simple, consiste en disminuir la temperatura del agua del circuito de enfriamiento por intercambio térmico con el aire.

Cada torre de refrigeración está formada por:

- Balsa
- Relleno
- Difusores o pulverizadores
- Separador de gotas
- Ventilador

Las torres de refrigeración se utilizan normalmente para disminuir la temperatura de los circuitos de disipación utilizados en las máquinas térmicas mediante la transferencia del calor y materia al aire que se encuentra circulando por la zona interior de la torre. Se utiliza un entramado denominado relleno para mejorar el contacto aire-agua. El agua caliente que proviene de las máquinas, entra por la parte superior de la torre y, con la ayuda de unos pulverizadores o difusores se distribuye de manera uniforme sobre el relleno. Con esto lo que se consigue es obtener un contacto adecuado entre el agua y el aire. [1]

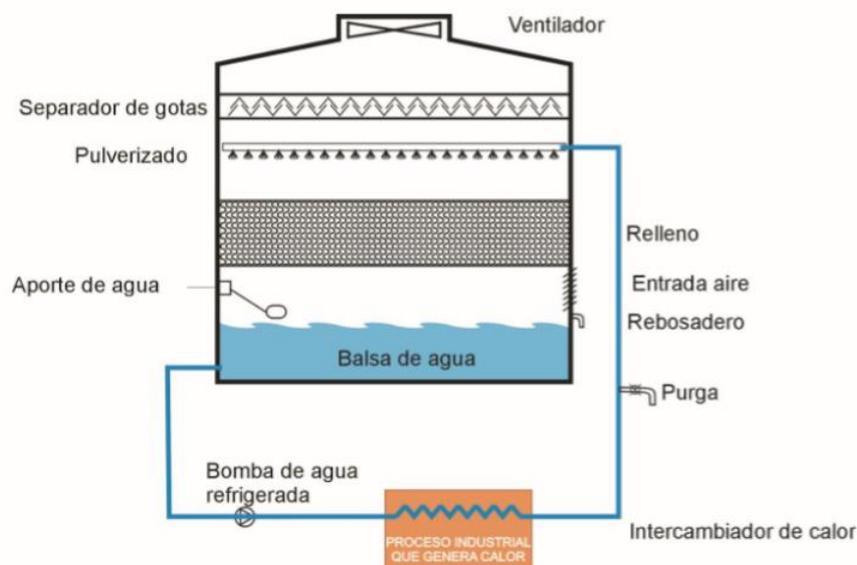


Figura 4. Elementos de la torre de refrigeración

La función del relleno es permitir que el agua resbale por él, ampliando de esta forma el tiempo y la superficie de intercambio térmico con el aire. Mediante los mecanismos de transmisión por convección y la transferencia de vapor desde el agua al aire se produce una cesión de calor del agua caliente hacia el aire, con esto se consigue ir enfriando el agua con el paso del tiempo debido a la evaporación.

La transmisión de calor por convección produce un flujo de calor en dirección al aire, que rodea el agua debido a la diferencia de temperaturas entre ambos fluidos.

En las torres de refrigeración se obtiene una tasa de enfriamiento por evaporación de gran magnitud. Cuando se ponen en contacto el agua con el aire lo que sucede es la formación de una fina película de aire húmedo saturado sobre la lámina de agua que desciende por el relleno. El agua que se está enfriando en el relleno, finalmente cae a la balsa donde se recoge para posteriormente, mediante la ayuda de unas bombas, volver a llevarse a la máquina para que realice de nuevo su función. La masa de agua que se evapora extrae el



calor latente de vaporización del propio líquido. El calor latente se cede por lo tanto al aire, obteniéndose un enfriamiento del agua y un aumento de la temperatura de aire.

Dependiendo de la torre de refrigeración, si es de circulación natural o de tiro mecánico el aire se moverá de forma natural o mediante la ayuda de un ventilador. Si la torre tiene ventilador, éste funcionará de manera continua o por el contrario, solo se activará cuando sea accionado por un termostato, cuando alcance un valor determinado. El flujo que se forma de aire es de sentido contrario a la caída del agua, por lo que el separador de gotas del que dispone la torre impide que el agua pueda ser proyectada por la parte superior de la torre. [3]

En todas las torres de refrigeración existe un parámetro característico llamado acercamiento o aproximación. Este hace referencia a la diferencia de temperaturas del agua a la salida y la temperatura húmeda del aire y, representa el límite termodinámico de enfriamiento al que puede llegar el agua.

$$\text{Acercamiento} = T^{\text{a}}_{\text{salida}} - T^{\text{a}}_{\text{Bulbo húmedo}} \quad (2.5.18)$$

### 3. Centro de Salud de Parquesol

#### 3.1. Localización

El Centro de Salud de Parquesol es un centro de atención primaria situado en el barrio de Parquesol de la provincia de Valladolid. Este Centro de Salud se encuentra ubicado en la C/ Ciudad de la Habana, Nº 17, 47016, VALLADOLID.

El Centro de Salud dispone de una superficie de 7.743 m<sup>2</sup> para dar servicio sanitario a cerca de 28.300 usuarios de los alrededores.



*Figura 5. Acceso principal al Centro de Salud Parquesol*

#### 3.2. Instalación de climatización y agua caliente sanitaria (ACS)

El Centro de Salud dispone de instalación de calefacción, refrigeración, ventilación y agua caliente sanitaria (ACS) centralizada. La distribución hidráulica de la instalación de climatización se realiza a cuatro tubos para aportar frío y calor tanto a Unidades de Tratamiento de Aire como a Fan-coils. El edificio se construyó en dos fases. La parte más antigua se climatiza mediante diferentes UTAs y distribución de aire por conductos, abasteciendo de esta forma a las distintas zonas del edificio. El edificio nuevo dispone de

Climatizadores para aporte de aire primario y de fan-coils en cada una de las consultas. Además, para las zonas comunes y pasillos se ha previsto la instalación de la tecnología de suelo radiante.

El esquema de principio de la instalación del Centro de Salud se muestra en la Figura 6.

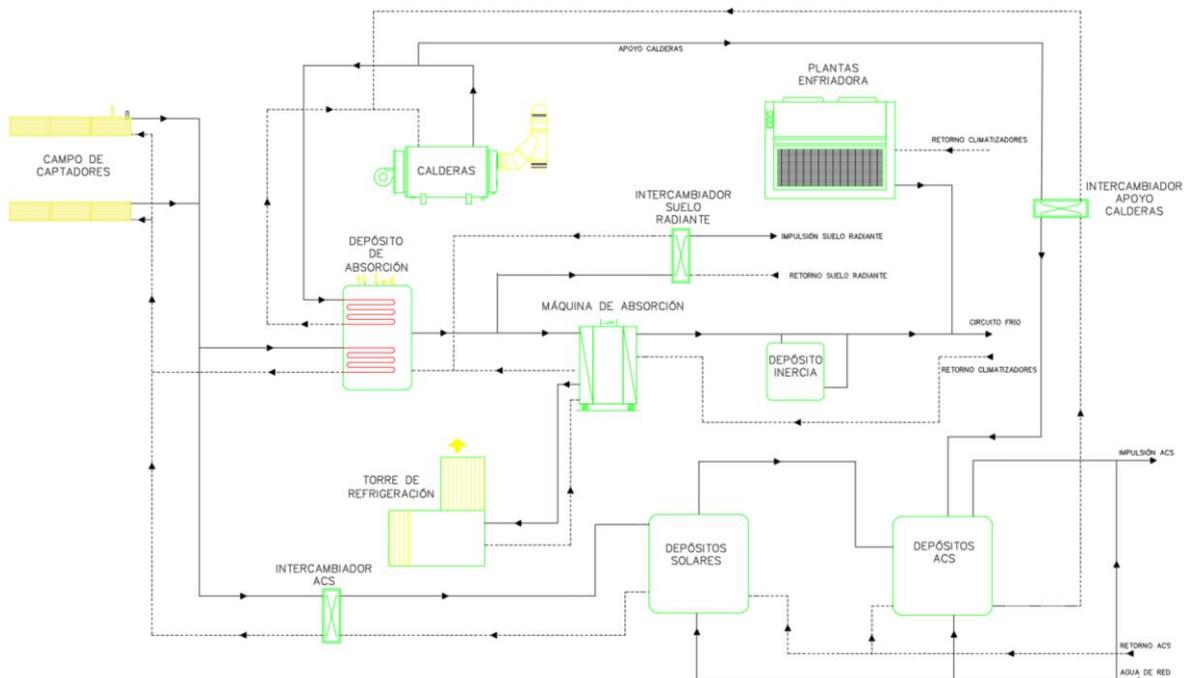


Figura 6. Esquema de principio de la instalación

A la hora de hacer frente a las necesidades de calor en invierno, el Centro de Salud cuenta con una sala de calderas y con un campo de captadores solares en la cubierta del edificio, los cuales aportan agua caliente a la instalación de suelo radiante y a las unidades terminales de climatización.

Para la refrigeración del Centro de Salud en verano se utiliza un sistema centralizado con dos enfriadoras condensadas por aire. Posteriormente se instaló una máquina de absorción, la cual utiliza el exceso de energía solar térmica de la instalación para la producción de frío.

Tanto el agua caliente en invierno como el agua fría en verano circula por las baterías de los climatizadores y de los fan-coils, regulando con válvulas de 3 vías para alcanzar las condiciones de confort necesarias en los locales.

A su vez, el agua caliente sanitaria (ACS) demandada en el Centro de Salud se cubre mediante la energía térmica captada por el campo de colectores solares, apoyada por las calderas como sistema auxiliar de apoyo.

### 3.3. Descripción de la instalación de climatización y agua caliente sanitaria (ACS)

#### Obtención de calor en la instalación

##### Campo de captadores solares

El campo de captadores solares tiene como objetivo cubrir las necesidades de ACS y, en el periodo de verano, aprovechar el exceso de energía solar captada para la producción de agua fría mediante una máquina de absorción. En los periodos de invierno el exceso de energía solar apoya a las calderas, para calentar el edificio mediante la tecnología de suelo radiante.

El campo de colectores solares del Centro de Salud cuenta con 36 colectores dispuestos en 6 baterías de 6 colectores en serie por cada batería, haciendo que, de este modo, la temperatura del fluido aumente con mayor facilidad. El total de las filas están conectadas en paralelo entre sí, logrando incrementar el caudal total de la instalación.

Este campo se encuentra situado en la cubierta del Centro de Salud, y tiene una disposición tal como se muestra en la Figura 7.

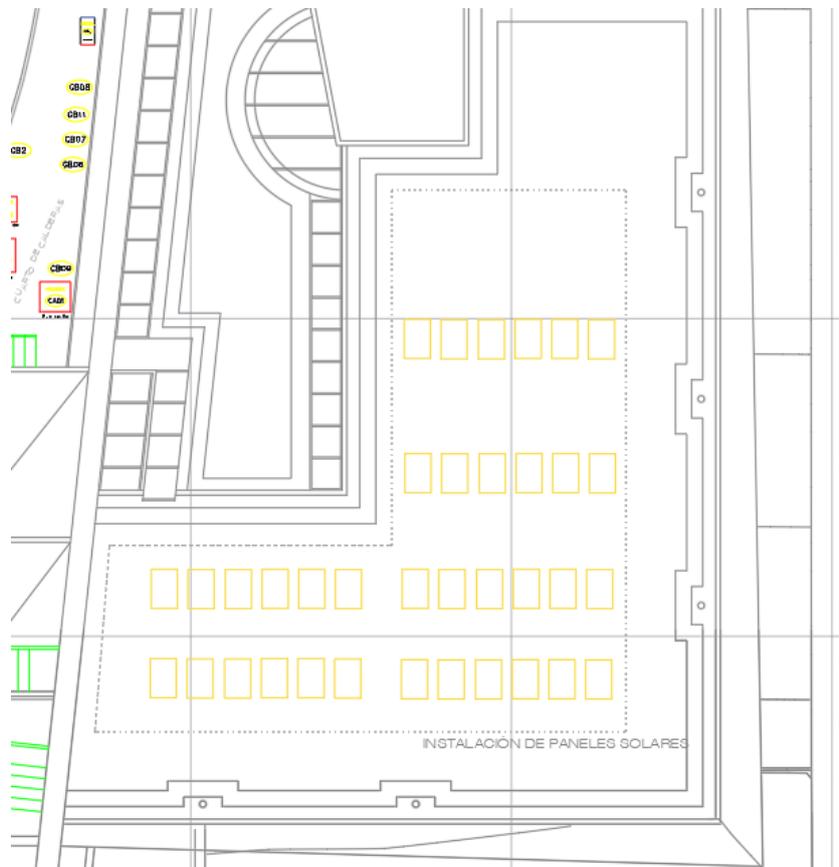


Figura 7. Campo de captadores solares

## Calderas

La instalación cuenta con cuatro calderas de gas, situadas en la sala de máquinas de la cubierta del edificio. Con estas calderas se genera agua caliente para calefacción, y para dar apoyo a la máquina de absorción y al ACS cuando se requiriese.

En la Figura 8 se ve la disposición de tres de las cuatro calderas disponibles en la sala de máquinas situada en la cubierta.



*Figura 8. Sala de calderas*

La sala de máquinas cuenta con cuatro calderas de la marca BAXIROCA de diferentes modelos:

- BAXIROCA modelo CPA 130 de 151.2 kW y rendimiento de 91,4%. (x2)
- BAXIROCA modelo BTEC 180 de 180 kW y rendimiento de 91,8%.
- BAXIROCA modelo GO 50/40 GT de 45.3 kW y rendimiento de 91%.

## **Obtención de frío en la instalación**

### Plantas enfriadoras

Para hacer frente a las necesidades de refrigeración, el Centro de Salud dispone en la cubierta de dos plantas enfriadoras, que trabajan de manera conjunta con la máquina de

absorción. Estas plantas producen agua fría para la demanda de climatizadores y fan-coils en el periodo de verano.

Estos equipos de compresión condensados por aire pueden verse en la Figura 9 de a continuación.



*Figura 9. Planta enfriadora*

El Centro de Salud dispone de dos plantas enfriadoras de la misma marca, pero de diferente modelo cada una. Las plantas enfriadoras con las que se cuenta son de la marca CLIMAVENETA:

- CLIMAVENETA modelo WRAT-B 601 de potencia frigorífica 119 kW con un COP de 2,58.
- CLIMAVENETA modelo WRAT-B 752 de potencia frigorífica 154 kW con un COP de 2,52.

#### Máquina de absorción

En el Centro de Salud se dispone de una instalación de producción de agua fría por absorción. Esta instalación será sujeto de estudio en este proyecto.

La refrigeración del Centro de Salud se efectúa mediante las dos plantas enfriadoras, apoyadas por una máquina de absorción, la cual genera agua fría a partir de agua caliente procedente del sistema de acumulación solar. Se trata de una máquina de absorción de bromuro de litio-agua de simple efecto, situada en la cubierta del edificio.

La máquina de absorción debe funcionar con la energía calorífica aportada por los colectores solares, disponiendo del apoyo de las calderas de gas natural en los casos en los cuales fuese necesario.

Una vez enfriada el agua en la máquina de absorción, es llevada hasta el depósito de inercia antes de juntarse con el circuito de agua fría de las plantas enfriadoras.

En la Figura 10 se muestra la máquina de absorción que se encuentra en el Centro de Salud.



*Figura 10. Máquina de absorción*

La instalación de absorción cuenta con una torre de refrigeración para el circuito de enfriamiento de la máquina de absorción. Con la ayuda de esta torre se disipa al ambiente el calor obtenido en la máquina de absorción.

### **Circuito primario solar**

El circuito primario solar de la instalación enlaza los captadores solares con el intercambiador de placas encargado de calentar la acumulación de ACS y con el depósito de absorción, tal como se aprecia en el esquema de principio de la instalación, Figura 6.

Para el caso de las tuberías que circulan por el exterior, el aislamiento se encuentra protegido contra los rayos ultravioleta y los agentes atmosféricos gracias a un recubrimiento

de aluminio. Para las que, por el contrario, circulan por los interiores, el recubrimiento es de coquilla elastómerica.

En la Figura 11 se tiene una tubería exterior del circuito de colectores.



*Figura 11. Tuberías del circuito primario*

El fluido calentado en los colectores solares es llevado por las tuberías hasta el intercambiador de ACS y el tanque de acumulación de absorción.



*Figura 12. Bombas de recirculación*

La recirculación del agua y la impulsión necesaria para vencer las pérdidas de carga se lleva a cabo mediante la ayuda de un grupo de dos bombas funcionando de manera alterna

y controlada mediante la regulación. Estas bombas hacen circular el fluido caloportador por los intercambiadores y colectores solares.

Los sistemas solares deben contar con elementos de seguridad para evitar que se sucedan congelaciones y sobrecalentamientos.

Normalmente, para evitar la congelación del fluido caloportador, este se aditiva con líquido anticongelante. En el caso del Centro de Salud se añade al agua anticongelante de tipo monopropileno glicol en una proporción del 30% del volumen.



*Figura 13. Aerothermo*

El sobrecalentamiento en las instalaciones requiere disipar energía al ambiente, para ello se ha instalado un aerothermo que se encarga de disipar la energía calorífica en los periodos en los cuales la radiación es alta y el consumo es mínimo. El equipo disipador está conectado en serie en la tubería caliente de salida del campo de captadores, tal y como se muestra en la Figura 13.

## **Transferencia de calor**

### Intercambiador de placas

En la instalación de climatización y ACS del Centro de Salud se dispone de un total de tres intercambiadores de calor de placas planas como el de la Figura 14. El primero de ellos tiene como finalidad transferir el calor obtenido mediante la captación solar al fluido que se va a almacenar en los tanques de acumulación de ACS, otro de los intercambiadores se utiliza para ceder el exceso de energía solar, que se encuentra acumulado en el tanque de absorción, a la tecnología de suelo radiante y, por último, la instalación dispone de un intercambiador en el apoyo de las calderas al ACS.

El intercambiador de ACS es el elemento que separa de manera hidráulica el circuito primario, con agua glicolada, del circuito secundario con agua de red de consumo. El calor transferido gracias al intercambiador es llevado a una serie de tanques para su almacenamiento y empleo como ACS.

A su vez, el intercambiador de suelo radiante utiliza el exceso de energía solar en invierno, almacenado en el tanque de absorción, para transferir el calor almacenado al circuito de suelo radiante.

En los días en los que la temperatura de demanda de ACS no se satisface solo con el aporte solar, las calderas de la instalación dan apoyo a la energía solar, transfiriendo el calor al fluido con la ayuda del intercambiador de apoyo a calderas.



*Figura 14. Intercambiador de placas planas*

### Depósito de absorción

La instalación solar del Centro de Salud se encuentra sobredimensionada para poder dar cobertura total en primer lugar al ACS que se demanda en el edificio y después, aprovechar el exceso para, en verano generar frío con la máquina de absorción y, en invierno utilizar el agua caliente para el suelo radiante.

Por lo tanto, el exceso de calor obtenido en la captación solar es dirigido mediante el circuito solar primario hacia el depósito de absorción de la Figura 15. El equipo de absorción y el suelo radiante está alimentado por un depósito de inercia de agua caliente de 2.000 litros

con doble serpentín, uno alimentado por el circuito primario solar y otro por agua de calderas.



*Figura 15. Depósito de absorción*

## Acumulación

La instalación del Centro de Salud cuenta con depósitos de acumulación de agua, tanto para fluido caliente (ACS), como para fluido frío (agua enfriada en la máquina de absorción).

Una vez se produce la transferencia de calor, el agua de red calentada en el intercambiador de ACS es llevada por el circuito secundario a almacenar en unos depósitos solares. La impulsión necesaria para vencer las pérdidas de carga que se producen en el circuito se lleva a cabo gracias a la ayuda de un grupo de dos bombas como las de la Figura 16, funcionando de manera alterna y controlada mediante la regulación



*Figura 16. Bombas circuito secundario*

### Depósitos solares

Se dispone en el edificio de dos depósitos solares en serie de 2000 l cada uno. El agua calentada en el intercambiador de placas recorre el circuito secundario almacenándose en los depósitos de la Figura 17.



*Figura 17. Depósitos solares*

### Depósitos de ACS

Para lograr el aprovechamiento del agua acumulada en los depósitos solares mostrados anteriormente, se hace llevar el agua a los depósitos de acumulación de ACS de la Figura 18, desde los cuales se dará cobertura a la demanda de ACS del Centro de Salud. Estos depósitos se encuentran unidos en serie mediante un circuito secundario de tuberías que recirculan el agua mediante bombas. Se dispone de dos depósitos de ACS de 500 l cada uno.

Para dar apoyo al agua de los depósitos solares, la instalación cuenta con un circuito auxiliar de agua caliente proveniente de las calderas. Ambos circuitos se juntan en los acumuladores de ACS de la instalación.



*Figura 18. Depósitos de ACS*

### Depósito de agua fría

Una vez el agua es enfriada en la máquina de absorción, esta circula hasta el depósito de inercia de la Figura 19, antes de juntarse con el agua fría del circuito de las plantas enfriadoras y dirigirse a las unidades terminales.



Figura 19. Depósito de agua fría

### Unidades terminales

Para alcanzar las condiciones de confort necesarias en las diferentes zonas del edificio, el agua caliente y el agua fría circulará por las Unidades de Tratamiento de Aire o Climatizadores, por los fan-coils dispuestos en los locales y por la instalación de suelo radiante en las zonas comunes.

Con la ayuda de estas tecnologías de tratamiento del aire se logra obtener un control simultáneo de humedad, temperatura, limpieza y una distribución adecuada en los espacios interiores.

### Fan-coils

En el edificio nuevo del Centro de Salud, los locales se climatizan con las unidades terminales de tipo fan-coils. Estas unidades reciben agua caliente de las calderas o fría desde las máquinas de frío y lo hacen circular por los tubos de su interior. Mediante el ventilador impulsan el aire, haciéndolo pasar por los tubos donde circula el agua y produciéndose la transferencia de calor. Este aire es impulsado posteriormente al local a climatizar, logrando satisfacer las necesidades de climatización.

## Climatizadores

La parte más antigua del Centro de Salud dispone de siete unidades terminales climatizadores como los de la Figura 20, encargados de mantener el confort en los distintos locales del edificio.

Estos climatizadores están alimentados de agua caliente procedente de las calderas y agua fría del circuito formado por la máquina de absorción y las plantas enfriadoras.



*Figura 20. Climatizador*

## Suelo radiante

La instalación de climatización del Centro de Salud cuenta en los meses de invierno con la tecnología de suelo radiante para calefactar las zonas comunes y pasillos del edificio.

Esta tecnología está alimentada por agua caliente de las calderas y agua caliente del exceso de la energía solar captada en invierno.

## **Sistema de regulación**

Para lograr un funcionamiento automático de la instalación del Centro de Salud se necesita que esta se encuentre dotada de un sistema de regulación que permita modificar en todo momento los valores de las consignas buscadas y arrancar las bombas del primario y secundario cuando se requiera.

La regulación del sistema se consigue gracias a una centralita de regulación que, en base a la información suministrada por una serie de sondas, actúa convenientemente sobre las distintas bombas y elementos terminales, para optimizar el funcionamiento de la instalación.

Cuando las diferencias de temperatura dejan de ser favorables, las bombas correspondientes se paran (siempre guardando una histéresis adecuada), dejando de suministrar el caudal necesario a los elementos terminales.

El sistema de regulación de la instalación del Centro de Salud es un programa de gestión llamado TAC VISTA de la marca SCHNEIDER ELECTRIC.

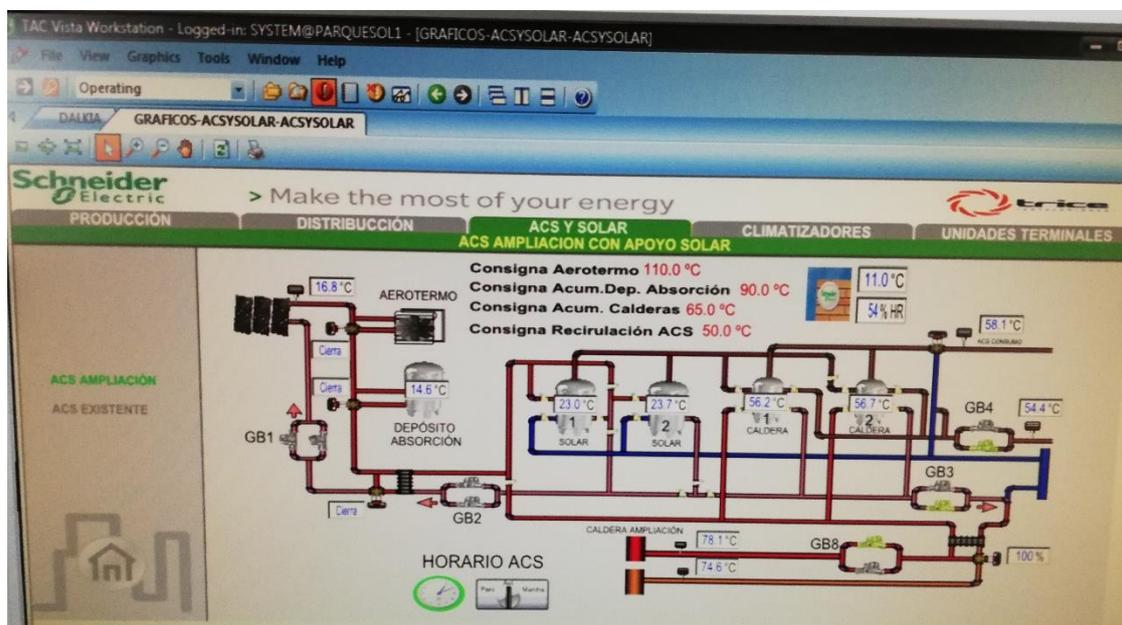


Figura 21. Programa de control de la instalación

## 4. Instalación de absorción

La máquina de absorción tiene unos requerimientos muy estrictos de funcionamiento, y la producción de frío y el estado de los sistemas que forman la instalación requieren de una estrategia que es el objetivo de este TFG.

La producción de frío se realiza mediante una máquina de absorción de simple efecto y para su accionamiento, además de una instalación solar, se dispone de una sala de calderas como sistema auxiliar que utiliza gas natural para proporcionar la potencia necesaria para activar el proceso de absorción cuando fuese necesario.

La conexión de los dos sistemas de generación de calor se realiza a través del sistema de acumulación, consiguiendo de esta forma la inercia necesaria para disminuir los arranques y paradas del sistema auxiliar y logrando una gran estabilidad en la temperatura de entrada al generador de la máquina de absorción.

Las instalaciones de absorción necesitan un medio de disipación de energía, en el caso de la instalación del Centro de Salud, la disipación de energía de la máquina de absorción se realiza al ambiente mediante una torre de refrigeración.

El esquema de principio que se sigue la instalación se muestra en la Figura 22.

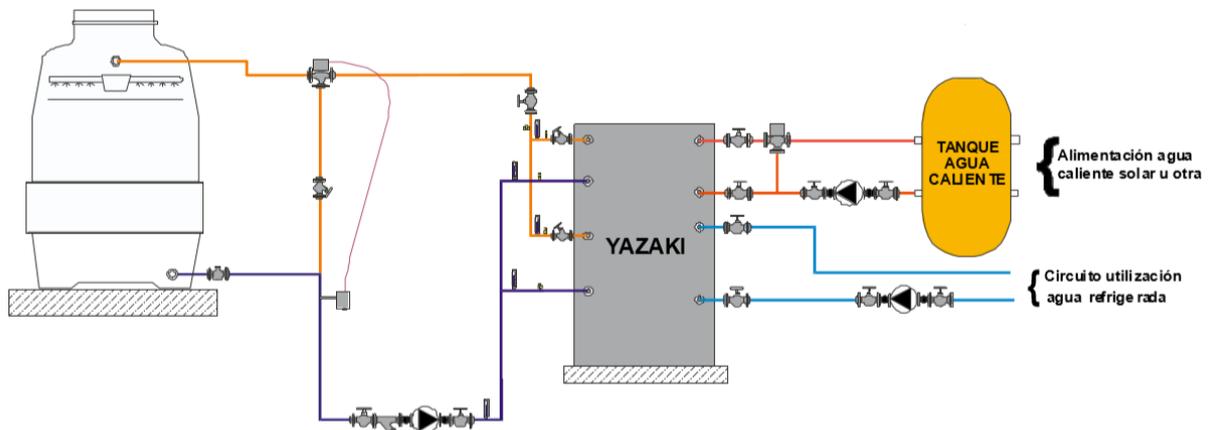


Figura 22. Esquema de principio de la instalación de absorción

## 4.1. Caracterización de la instalación de absorción del Centro de Salud

### Captadores solares

El campo de captadores solares consta de 36 captadores de la marca GAMESA SOLAR, modelo 5000ST de 2,1 m<sup>2</sup> de superficie unitaria.

Los colectores solares se encuentran agrupados en 6 baterías de 6 captadores por batería.

En la Figura 23 se ve una batería de captadores del Centro de Salud.



*Figura 23. Batería de captadores solares de la instalación*

El caudal recomendado por el fabricante es de 120-150 l/h por captador. Las baterías están conectadas en paralelo y cada batería cuenta con 6 captadores conectados en serie. Todos juntos forman un grupo de captación unitario.

La entrada y salida del fluido se realiza por cada uno de los extremos de la batería para mejorar de esta forma el equilibrio hidráulico en los colectores. El equilibrado hidráulico se lleva a cabo gracias a que las seis filas cuentan con el mismo número de colectores, disponiendo las conexiones en forma que se realiza el llamado retorno invertido. Para lograr esto, la conexión de entrada a cada línea o fila de colectores se realiza por el tubo de conexión inferior del primer colector y la salida por el tubo de conexión superior del último colector de la línea.

Las uniones entre captadores están realizadas mediante racores bicono, permitiendo de esta manera, el desmontaje individual de los captadores.

La recta de rendimiento del colector con certificación del Instituto de Técnicas Aeroespaciales (INTA) es:

$$\eta = 0,7443 - 3,508 \cdot T^{**} \quad (4.1.1)$$

Siendo el término 0.7443 el rendimiento óptico del colector, es decir el rendimiento que se tendría si no existiesen ningún tipo de pérdidas de carácter térmico. El término 3.508 es el coeficiente global de pérdidas  $U=3,508 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C})$  y  $T^{**}$  expresa la diferencia entre la temperatura media de la placa absorbedora y la del ambiente entre la radiación incidente total sobre el colector por unidad de superficie ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

$$T^{**} = (T_m - T_a)/I \quad (4.1.2)$$



*Figura 24. Vista del campo de captadores*

El campo de captadores de la instalación se encuentra situado en la cubierta del edificio con orientación sur y una inclinación de  $45^\circ$ , tal y como se muestra en la Figura 24.

Debido a la disposición que se ha tomado de las filas de captadores, las pérdidas por sombras se consideran prácticamente nulas, al igual que las pérdidas por obstáculos.

Algunas de las características generales del captador se recogen en la Tabla 1.

*Tabla 1. Características generales del captador*

Marca	GAMESA_SOLAR
Modelo	5000ST
Superficie útil total	75,6 m <sup>2</sup>
Dimensiones panel	2120 x 1050 x 86 mm
Número de captadores	36 unds
Peso unidad en vacío	38 kg
Rendimiento óptico	95%
Factor de pérdidas	<5% w/m <sup>2</sup> x K
Inclinación colectores	45°
Orientación colectores	SUR

## Depósito de absorción

Se tiene un depósito de absorción de la marca MECALIA modelo DPI/IBR/ES2 2.000 de una capacidad nominal de 2000 litros.

El depósito de acero inoxidable está protegido interiormente mediante ánodos de protección catódica de titanio permanentes. Dispone de una protección exterior mediante aislamiento térmico en espuma rígida de poliuretano inyectado con acabado en poliéster tal y como se aprecia en la Figura 25.



*Figura 25. Depósito de absorción*

Este depósito vertical se sitúa en la cubierta del edificio sobre una superficie de tramex suspendida mediante tirantes de un muro de hormigón.

Como el depósito se utiliza para atender la demanda de calor de la máquina de absorción, la temperatura que se debe alcanzar en el acumulador debe ser la necesaria para alimentar el generador de la máquina de absorción (90°C) pero, cuando no exista demanda de frío, debe dar cobertura al circuito de suelo radiante, por lo que la temperatura del acumulador debe de ser capaz de alcanzar las temperaturas requeridas por este (en torno a 45°C).

El calentamiento del depósito de absorción se realiza mediante dos intercambiadores serpentín espiral en su interior, al serpentín inferior llega agua caliente procedente de la energía solar y al serpentín superior agua caliente auxiliar de las calderas.

El serpentín inferior ha sido dimensionado de acuerdo con las necesidades de la instalación de energía solar.

Las características técnicas del depósito son las siguientes:

*Tabla 2. Características técnicas del depósito*

Marca	MECALIA
Modelo	DPI/IBR/ES2 2.000
Capacidad total	2.000 litros
Peso en vacío	295 kg
Diámetro exterior	1.280 mm
Altura	2.334 mm
Material	Acero inoxidable
Aislamiento térmico	Espuma rígida de poliuretano
Espesor aislamiento	80 mm

## Máquina de absorción

El Centro de Salud cuenta con una máquina de absorción de simple efecto de la marca YAZAKI, modelo WFC-SC10, con una potencia frigorífica de 35,2 kW.

La máquina de absorción YAZAKI se encuentra principalmente diseñada para su empleo en instalaciones de energía solar térmica, siendo esta una de las partes vitales de la instalación para conseguir los resultados energéticos buscados.

Según ABSORSISTEM, la máquina YAZAKI de la instalación funciona con calor y utiliza como fluido de trabajo, a unas presiones muy bajas, una mezcla de bromuro de litio y agua. El agua es el refrigerante y el bromuro de litio (LiBr), una sal estable con alta afinidad con el vapor de agua es su absorbente.[2]

Esta máquina de absorción, situada en la cubierta del edificio, se encuentra conectada al sistema general de refrigeración del Centro de Salud, formado por equipos de compresión condensados por aire.

Una vez el agua enfriada sale de la máquina de absorción, se acumula en un depósito tampón de inercia como el de la Figura 26, para posteriormente, ser conducida hasta el sistema general de refrigeración, donde se juntará con el agua fría obtenida de las máquinas de compresión convencionales.



*Figura 26. Depósito de inercia de agua fría*

### Caracterización de la máquina de absorción disponible

A la hora de caracterizar la máquina de absorción de una instalación se considera esencial conocer la dependencia de la potencia de salida y el rendimiento del equipo de absorción con las temperaturas y presiones de trabajo en las diferentes partes que conforman la máquina.

Siendo la densidad del fluido y el valor del calor específico:

$C_{p_{\text{agua}}}$	4,186 kJ/KgK
Densidad	997 kg/m <sup>3</sup>

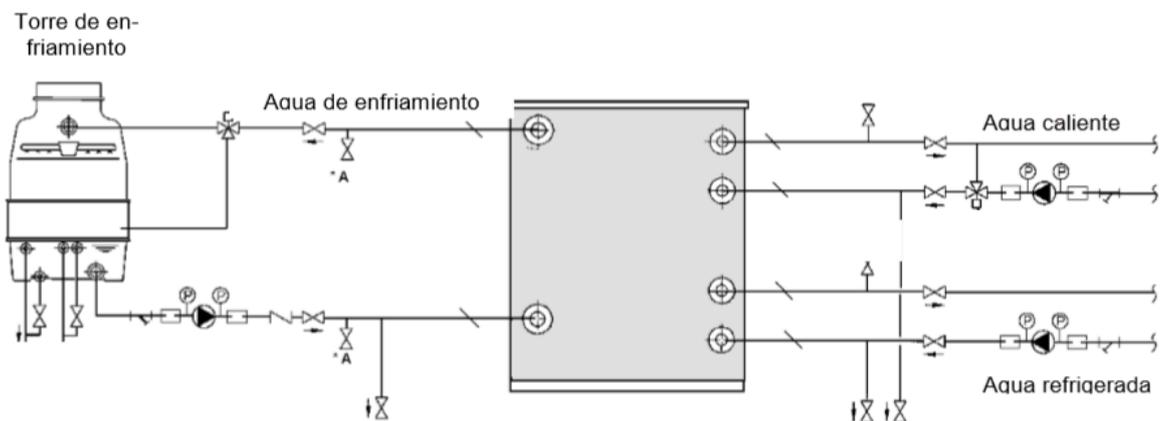


Figura 27. Esquema de principio de los circuitos de agua de la máquina de absorción

### **Circuito de agua caliente al generador**

La energía que se necesita para hacer funcionar la máquina se obtiene del agua caliente procedente del depósito de acumulación de absorción de la instalación. El agua caliente entra al generador de la máquina, con un caudal (Q) de 2,4 l/s, provocando de este modo el ciclo de absorción.

La demanda diaria de agua caliente que necesita la máquina de absorción para funcionar durante todo el día se calcula en la ecuación 4.1.3.

$$Q = 2.4 \text{ l/s} \times 3600 \text{ s/h} \times 8 \text{ h/día} = 69.120 \text{ l/d} \quad (4.1.3)$$

Para que la máquina de absorción estuviera en funcionamiento durante las 8 horas al día, habría que suministrar la cantidad de 69.120 litros al día al generador de agua caliente procedente del depósito de acumulación.

Temperaturas y presiones de trabajo en el generador:

- T<sup>a</sup> entrada al generador: 88 °C
- T<sup>a</sup> salida del generador: 83 °C
- Presión interior absoluta: 8 kPa

Con estos valores de temperaturas se obtiene una potencia calorífica a la entrada del generador de:

$$Q = C_{p_{\text{agua}}} \cdot \dot{Q} \cdot (T_{\text{entrada}} - T_{\text{salida}}) \quad (4.1.4)$$

$$Q = 4,186 \cdot 2400 \cdot (88 - 83) = 50.235 \text{ W}$$

$$Q = 50,2 \text{ kW}$$

### Circuito de agua de enfriamiento

La máquina de absorción de la instalación debe de estar conectada a un circuito de agua de enfriamiento para la disipación del calor del absorbedor y del condensador. Para conseguir esto la máquina se encuentra conectada con una torre de enfriamiento. El agua de enfriamiento entra a la máquina con un caudal (Q) de 5,14 l/s.

Temperaturas y presiones de trabajo en el absorbedor y condensador:

- T<sup>a</sup> entrada agua de enfriamiento: 29,5 °C
- T<sup>a</sup> salida agua de enfriamiento: 33,5°C
- Presión interior absoluta absorbedor: 0,9 kPa
- Presión interior absoluta condensador: 8 kPa

El sistema de disipación de calor de la instalación tiene que disipar al ambiente:

$$Q = C_{p_{\text{agua}}} \cdot \dot{Q} \cdot (T_{\text{salida}} - T_{\text{entrada}}) \quad (4.1.5)$$

$$Q = 4,186 \cdot 5140 \cdot (33,5 - 29,5) = 86.064 \text{ W}$$

$$Q = 86 \text{ kW}$$

### Circuito de agua refrigerada

Este circuito es el encargado de conectar el evaporador de la máquina de absorción con las unidades terminales del Centro de Salud. Con la entrada al evaporador se consigue transmitir el calor con el que llega el agua al refrigerante. El agua de refrigeración circula por el interior del evaporador con un caudal (Q) de 1,53 l/s.

Temperaturas y presiones de trabajo en el evaporador:

- T<sup>a</sup> entrada al evaporador: 12,5 °C
- T<sup>a</sup> salida del evaporador: 7 °C
- Presión interior absoluta: 0,9 kPa

Con estas temperaturas de trabajo se consigue que la máquina de refrigeración opere con una capacidad frigorífica de:

$$Q = C_{p_{\text{agua}}} \cdot \text{Caudal} \cdot (T_{\text{entrada}} - T_{\text{salida}}) \quad (4.1.6)$$

$$Q = 4,186 \cdot 1530 \cdot (12,5 - 7) = 35.225 \text{ W}$$

$$Q = 35,2 \text{ kW}$$

A continuación, en la Figura 28, se muestra el balance térmico en la unidad YAZAKI modelo WFC SC10 con los valores de las potencias de trabajo de los distintos elementos que conforman la máquina de absorción.

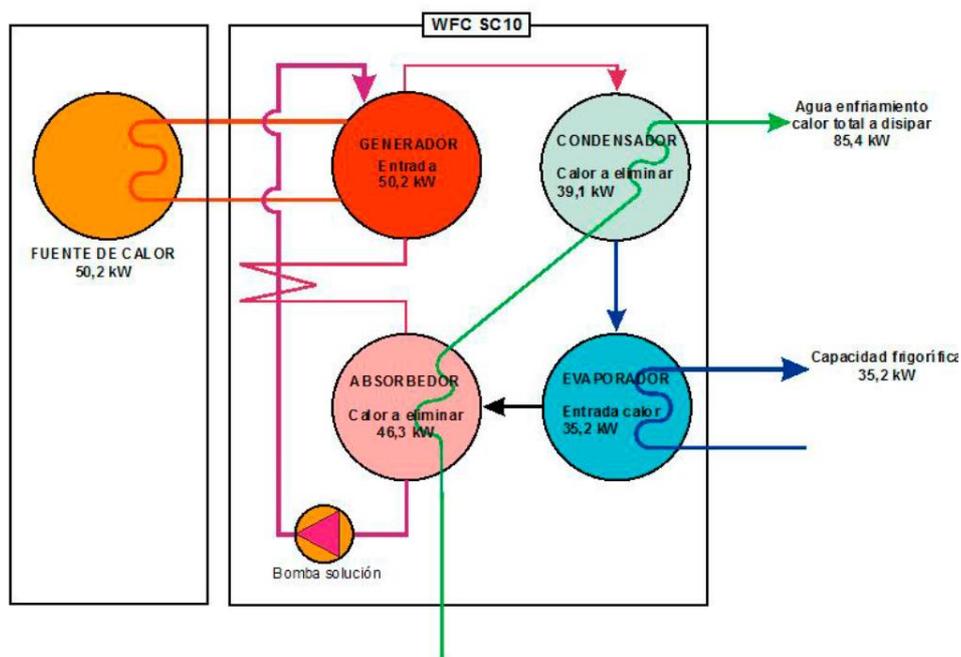


Figura 28. Balance térmico en la unidad YAZAKI modelo WFC SC10

Se observa que el calor a disipar es la suma del aportado por la fuente de calor más el extraído del agua del circuito que se refrigera.

### Coeficiente de efecto frigorífico

Una vez se tienen calculadas las potencias absorbidas por la máquina y la potencia desarrollada por esta, se puede calcular el coeficiente de efecto frigorífico:

$$\text{C. E. E.} = \frac{Q_{\text{ev}}}{Q_{\text{gen}} + W} \quad (4.1.7)$$

Siendo:

- $Q_{\text{ev}} = 35,2 \text{ kW}$
- $Q_{\text{gen}} = 50,2 \text{ kW}$
- $W = 210 \text{ W}$

El C.E.E. de la máquina de absorción del Centro de Salud es:

$$\text{C. E. E.} = \frac{35,2}{50,2 + 0,210} = 0,7$$

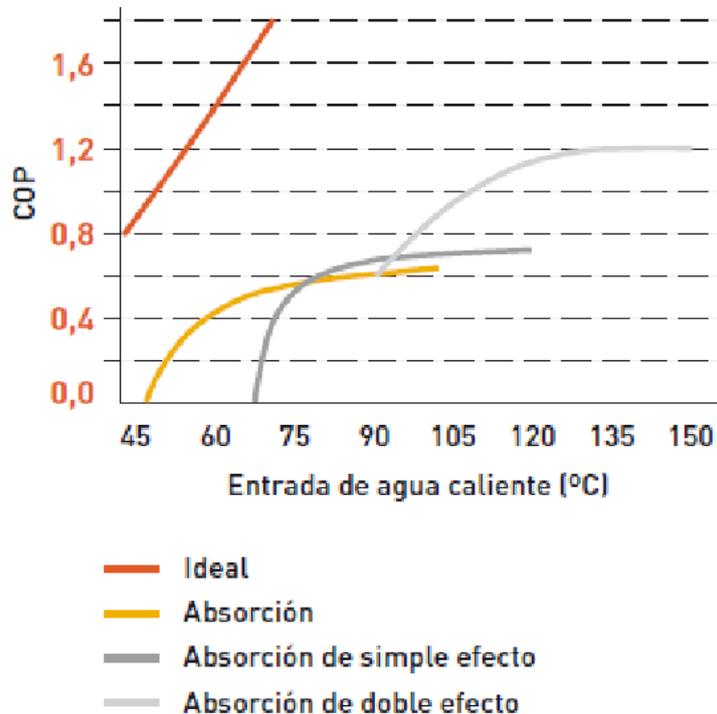


Figura 29. C.E.E. en función de la temperatura de entrada del agua al generador

Se aprecia que el C.E.E. calculado mediante las ecuaciones coincide con el C.E.E. de la Figura 29 cuando se entra con 88°C de temperatura de agua caliente, tal y como se tiene en el generador de la Yazaki.

## Torre de refrigeración

Para realizar la disipación al ambiente necesaria en la instalación de absorción, en el Centro de Salud se cuenta con una torre de enfriamiento de circuito cerrado marca BAC modelo VXI 9-3 como la de la Figura 30. Esta torre se encuentra situada en la cubierta del edificio junto a la máquina de absorción.



*Figura 30. Torre de refrigeración*

La torre está diseñada para las peores condiciones en verano con temperatura máxima de bulbo húmedo en el percentil 0.4 + 1°C según normativa del RITE.

El resto del año la torre trabajará por debajo de su capacidad máxima, siempre en relación con la temperatura de bulbo húmedo.

Como se indica en el IDAE, para el diseño de la torre se realizó el cálculo para la máxima potencia a disipar (la de refrigeración más la aportada al generador) con un margen adicional y en base a la temperatura húmeda del lugar de ubicación.

### Caracterización de la torre

Los parámetros más importantes a la hora de caracterizar y diseñar la torre son el rango, la carga térmica, la temperatura de bulbo húmedo, el acercamiento y la temperatura de saturación adiabática. La torre se encuentra diseñada para las peores condiciones en verano, Figura 31.

**DATOS TÉRMICOS DE DISEÑO**

Potencia térmica necesaria (total/por unidad) .....	86 kW
Máxima potencia térmica (total/por unidad)(@ 100% RPM) .....	86 / 86 kW
Tipo de fluido .. H2O (Punto de congelación = 0°C; Anticongelante necesario para climas helados)	
Caudal de fluido necesario (total/por unidad) .....	5.14 / 5.1 l/s
Máximo caudal de fluido (total/por unidad)(@ 100% RPM) .....	5.14 / 5.1 l/s
Temperature de entrada de bulbo húmedo .....	19.0 °C
Temperatura de entrada de bulbo seco .....	26.7 °C
Temperatura de entrada del fluido de proceso .....	33.5 °C
Temperatura de salida del fluido de proceso .....	29.5 °C
Modo de funcionamiento .....	Humedo

*Figura 31. Datos técnicos aportados por el fabricante***Rango ( $\Delta T_w$ )**

Es la diferencia entre la entrada y la salida del agua en la torre, ecuación 4.1.8.

- $T^a_{\text{entrada}} = 33.5 \text{ °C}$
- $T^a_{\text{salida}} = 29.5 \text{ °C}$

$$\Delta T_w = T^a_{\text{entrada}} - T^a_{\text{salida}} \quad (4.1.8)$$

$$\Delta T_w = 4 \text{ °C}$$

**Carga térmica (Q)**

Cantidad de calor que la torre tiene que refrigerar. Se define según la ecuación 4.1.9.

- $\dot{m}_w = 5.14 \text{ l/s} = 5.14 \text{ kg/s}$
- $Cp_w = 4.186 \text{ J/g}^\circ\text{C} = 4186 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$
- $\Delta T_w = 4 \text{ °C}$

$$Q = \dot{m}_w \times Cp_w \times \Delta T_w \quad (4.1.9)$$

$$Q = 86.064,16 \text{ W} = 86 \text{ kW}$$

**Temperatura de bulbo húmedo ( $T_{wb}$ ) y bulbo seco ( $T_{ws}$ )**

La temperatura de bulbo húmedo es la temperatura medida con un termómetro de mercurio que tiene envuelto el bulbo en un pañuelo de algodón empapado de agua. En cambio, la de bulbo seco es la temperatura medida con un termómetro convencional.

$$T_{ws} = 26.7 \text{ °C}$$

$$T_{wb} = B1 = 19.0 \text{ °C}$$

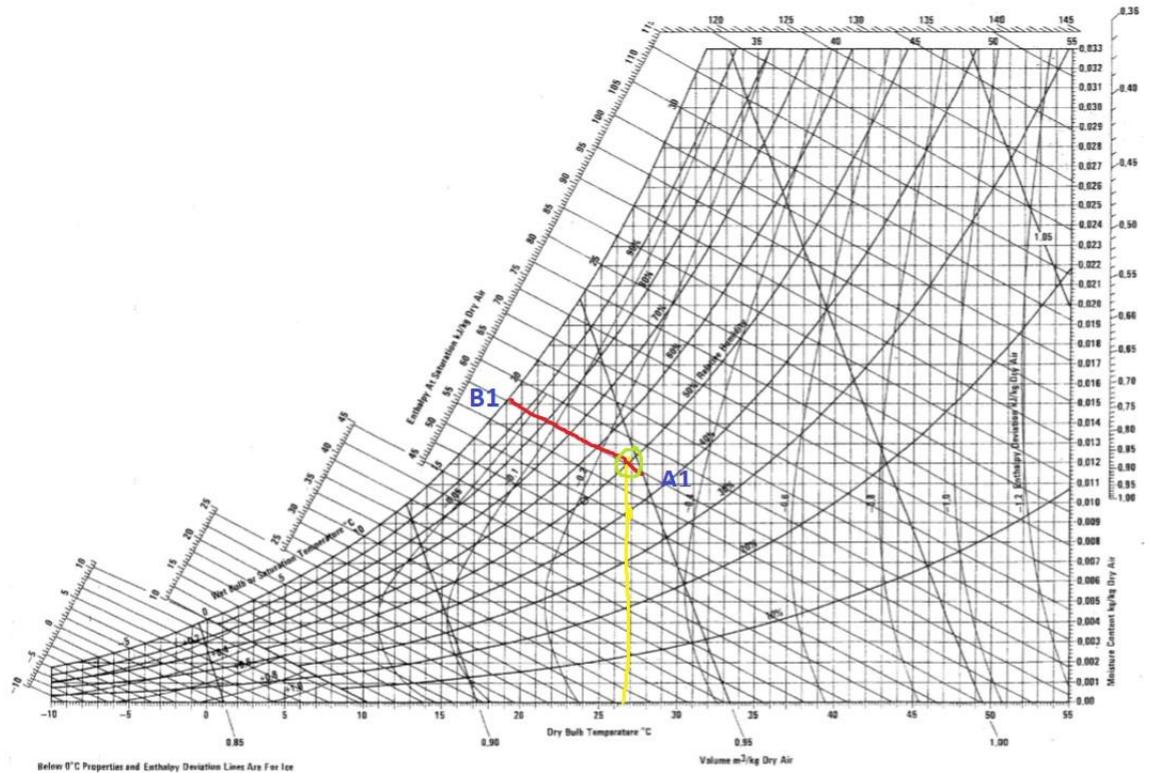


Figura 32. Cálculo de la  $T^a$  de bulbo húmedo

### Acercamiento

Diferencia de temperatura entre la temperatura del agua a la salida y la temperatura de bulbo húmedo del aire a la entrada.

- $T^a_{\text{salida}} = 29.5 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_{\text{wb}} = B1 = 19.0 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\text{Acercamiento} = T^a_{\text{salida}} - T^a_{\text{wb}} \quad (4.1.10)$$

$$\text{Acercamiento} = 10.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

### Temperatura de saturación adiabática

Es el acercamiento calculado en el apartado anterior mas  $5^\circ\text{C}$ .

- Acercamiento =  $10.5 \text{ }^\circ\text{C}$

$$T_{\text{sa}} = \text{Acercamiento} + 5^\circ\text{C} \quad (4.1.11)$$

$$T_{\text{sa}} = 15.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

### Regulación de la instalación

En la instalación del Centro de Salud se dispone de un software de nombre TAC VISTA de la marca SCHNEIDER ELECTRIC.

La instalación de absorción del Centro de Salud estará regulada mediante este software de control y adquisición de datos. Recibirá información de distintos puntos de la instalación gracias a los sensores de temperatura y caudal repartidos por el circuito. Este sistema de control operará de manera automática, actuando sobre las electrobombas y electroválvulas, siguiendo las consignas previamente establecidas, en los momentos que fuera necesario para garantizar el correcto funcionamiento.

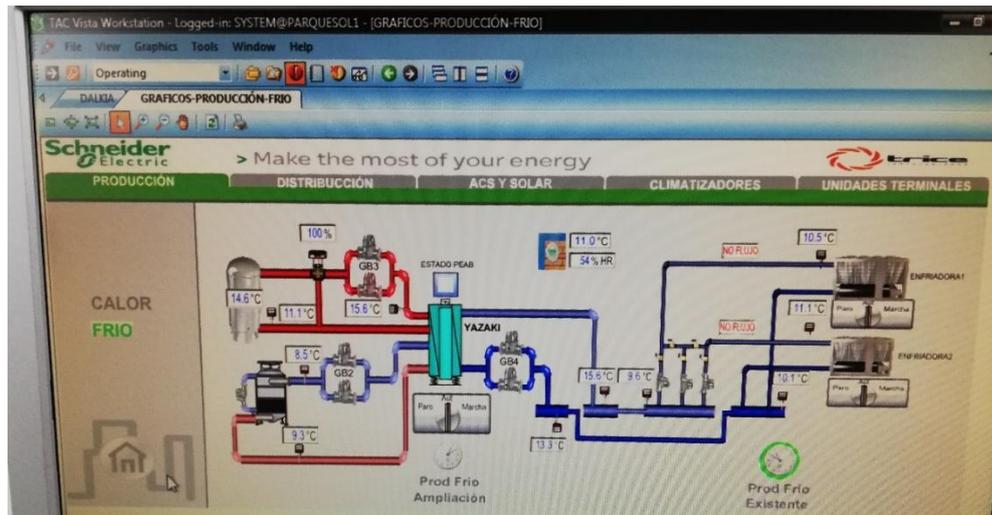


Figura 33. Pantalla de control de la instalación de absorción

Además, la instalación de absorción contiene un cuadro de control situado en la cubierta del edificio en el cual se puede divisar el estado, parado o en marcha, de los diferentes elementos de la instalación.



Figura 34. Cuadro de control de la instalación de absorción

## 4.2. Periodo de funcionamiento

El Centro de Salud se encuentra abierto para dar servicio a sus usuarios de lunes a viernes en el horario siguiente:

- De lunes a jueves de: 8:15 a 19:45 h.
- Viernes de: 8:15 a 14:45 h.

Durante la estancia de los usuarios en el edificio se deben de cuidar en todo momento las condiciones básicas de temperatura y humedad, buscando el mayor confort del usuario. Por ello, debe de existir un horario en el que esté fijado cuando deben de funcionar las máquinas de calor y cuando las de frío. En este apartado interesa el horario de funcionamiento de las máquinas de frío, ya que se está estudiando la instalación de absorción.

La instalación de refrigeración del Centro de Salud, debido a las condiciones climatológicas de su localización, funcionará durante los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre, meses en los que, según la experiencia y los estudios, existe demanda de refrigeración en el edificio.

En la Figura 35 se tiene la evolución anual de la temperatura máxima, mínima y media en la ciudad de Valladolid. Se puede apreciar el incremento de las temperaturas desde el mes de mayo hasta el mes de septiembre, donde comienzan a disminuir.

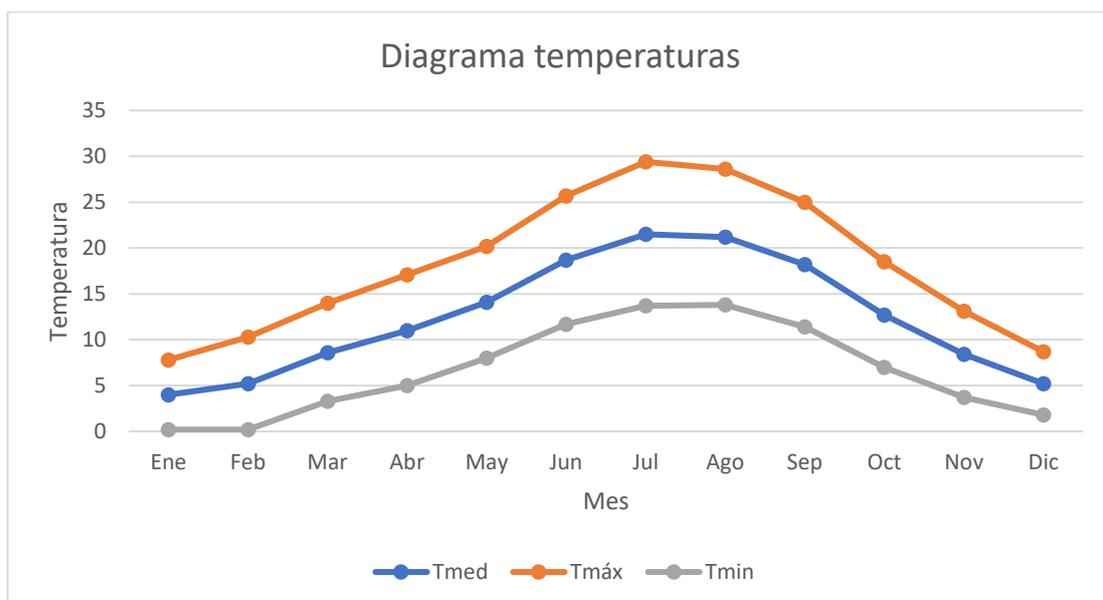


Figura 35. Diagrama de Tª de Valladolid

La Figura 36 muestra la variación de la temperatura exterior media durante los 5 meses de verano del año 2019 según los datos extraídos de la web de INFORIEGO. En esta gráfica se ha atribuido un valor de temperatura para cada uno de los 7344 intervalos de media hora existentes, es decir, representa la variación de la temperatura durante las 24 horas del día, durante los 5 meses de verano.

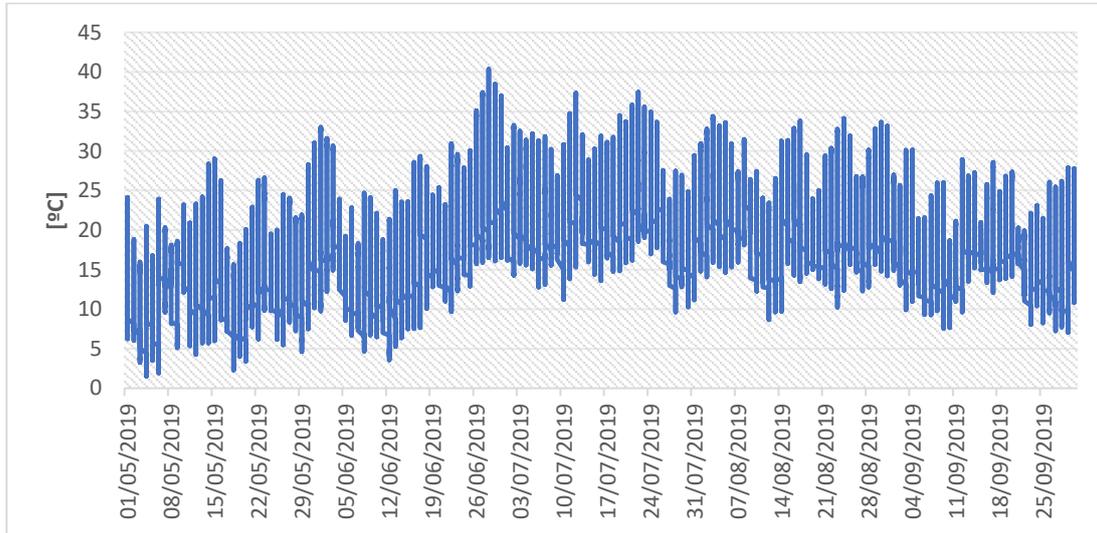


Figura 36. Representación de la  $T^a$  media diaria en los meses de verano

Se extraen varias conclusiones con esta gráfica. La temperatura oscila entre los 40°C y los 3 °C. Se observa que en los meses de mayo y septiembre la temperatura exterior es bastante moderada, siendo en los meses de junio, julio y agosto más extrema durante todo el día.

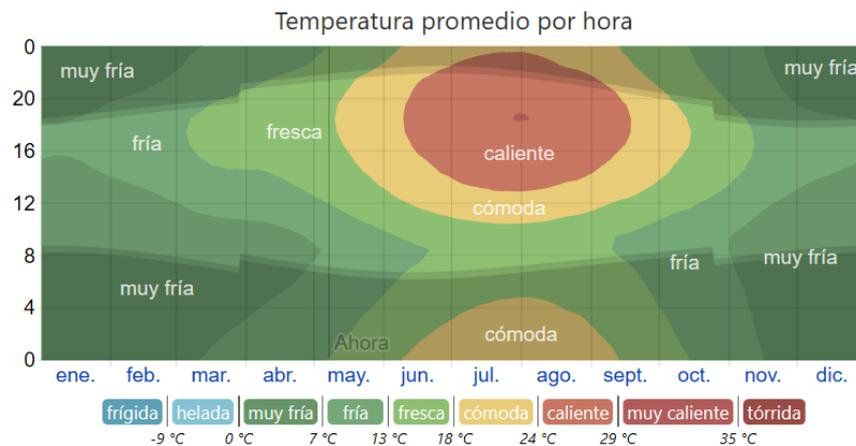


Figura 37.  $T^a$  promedio por horas en Valladolid

En la Figura 37 se puede apreciar que las temperaturas exteriores son elevadas en las horas centrales del día en mayo y septiembre y a partir de las 12:00 en junio, julio y agosto,



tal y como se refleja en el estudio anterior. En el interior del edificio la realidad es otra, puesto que, a la carga interna del Centro de Salud, debida fundamentalmente a la ocupación, hay que añadirle la insolación. Por otro lado, en algunos de los días estivales de más calor no llega a disiparse la energía que se acumula a última hora de la tarde-noche. Esto provoca que la demanda de frío se adelante bastante, siendo necesaria en muchas ocasiones desde primera hora de la mañana.

Debido a esto, en los meses de mayo y septiembre las máquinas de refrigeración se arrancarán a las 12:00 y en los meses de junio, julio y agosto a las 8:15 de la mañana.

*Tabla 3. Horario de funcionamiento de la refrigeración*

<b>Mes</b>	<b>Horario Refrigeración</b>
<b>Mayo</b>	12:00-19:45
<b>Junio</b>	8:15-19:45
<b>Julio</b>	8:15-19:45
<b>Agosto</b>	8:15-19:45
<b>Septiembre</b>	12:00-19:45

## 5. Cálculos

### 5.1. Estudio de captación solar de la instalación y necesidades de ACS

La captación de la energía solar que se obtendría con el campo de paneles solares del Centro de Salud y su aprovechamiento son los objetivos de este capítulo. El sistema se encuentra sobredimensionado, mediante la energía captada por los paneles, se daría cobertura a la demanda total de ACS y, con la energía sobrante, se alimentaría la máquina de absorción en verano y el suelo radiante en invierno. Es por eso por lo que, a continuación, se muestran los cálculos de las necesidades de ACS del Centro de Salud y de la energía que es capaz de captar el campo de paneles solares cada mes.

Para la realización de estos cálculos se han utilizado las bases de datos y el programa de cálculo solar de la empresa SEDICAL.

#### Necesidades de ACS en el centro

Se calculan en este punto, mes a mes, las necesidades de ACS del Centro de Salud. Estas necesidades, si la instalación a estudio estuviera en funcionamiento, serían resueltas con la energía solar obtenida.

Los valores de referencia que da el CTE para los Centros de Salud son de: 41 l/día por personal sanitario. Estos valores son muy grandes comparados con el verdadero consumo que existe de ACS. Según la última factura de agua en el Centro de Salud y, considerando 22.5 días/meses laborables, se tiene un consumo de agua (Q) de 2.4 m<sup>3</sup>/día, considerando todos los servicios (inodoros, riego, instalaciones, etc....).

Tomando como referencia los consumos instantáneos para un lavabo según el CTE, Agua Fría 0.1 l/sg y ACS 0.065 l/sg. Se puede considerar que del consumo total de AF, un 30% va en servicios únicamente de AF (inodoros porque riego no se ha utilizado en el periodo de la última factura) y el 70% restante en agua de mezcla (lavabos fundamentalmente puesto que las duchas no se usan). Quedando lo siguiente:

$$\text{Agua mezcla} = 0.7 * Q \quad (5.1.1)$$

$$\text{Agua mezcla} = 0.7 * 2400 \text{ l} = 1680 \text{ l/día}$$

De los cuales teniendo en cuenta la proporción instantánea entre AF y ACS:

$$\text{AF} = 1018 \text{ l/día}$$

$$\text{ACS} = 662 \text{ l/día}$$

Por lo tanto, el consumo de ACS diario será de 662 litros.

En la Tabla 4 se refleja el consumo mensual de ACS del edificio.

Tabla 4. Consumo mensual de ACS

Mes	Días laborables	Consumo (l/mes)	Consumo (m <sup>3</sup> /mes)
Ene	23	15226	15,226
Feb	20	13240	13,24
Mar	23	15226	15,226
Abr	22	14564	14,564
May	23	15226	15,226
Jun	22	14564	14,564
Jul	23	15226	15,226
Ago	23	15226	15,226
Sep	22	14564	14,564
Oct	23	15226	15,226
Nov	22	14564	14,564
Dic	23	15226	15,226

Una vez se tiene el consumo mensual de ACS, se pueden calcular las necesidades con la ecuación 5.1.2. Los valores del calor específico, temperatura y densidad del fluido de trabajo se ven en la Tabla 5. La  $T_{red}^a$  usada en los cálculos está basada en los valores que recoge SEDICAL para su programa.

Tabla 5. Variables fijas de la fórmula (5.1.2)

<b>C<sub>p</sub>agua</b>	4,186 kJ/KgK
<b>Densidad</b>	997 kg/m <sup>3</sup>
<b>T<sub>prep</sub></b>	60 °C

$$\text{Necesidades ACS (Q)} = C_{p\text{agua}} * \text{Consumo ACS} * (T_{\text{prep}}^a - T_{\text{red}}^a) \quad (5.1.2)$$

Tabla 6. Necesidades mensuales de ACS

Mes	Tred	Q (kJ/mes)	Q(kWh/mes)
Ene	6	3431420,7	953,2
Feb	8	2873331,3	798,1
Mar	9	3240786,2	900,2
Abr	10	3039100,5	844,2
May	12	3050151,7	847,3
Jun	15	2735190,4	759,8
Jul	18	2668882,8	741,4
Ago	18	2668882,8	741,4
Sep	16	2674408,4	742,9
Oct	12	3050151,7	847,3
Nov	9	3099882,5	861,1
Dic	7	3367875,9	935,5

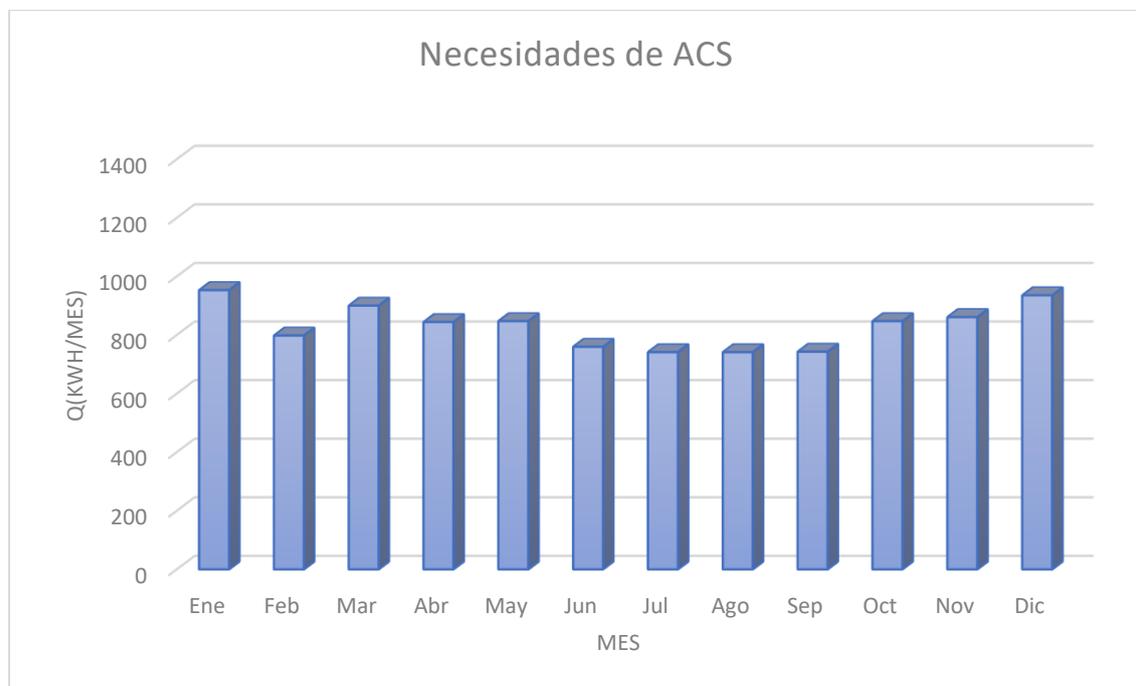


Figura 38. Gráfico de las necesidades mensuales de ACS

## Cálculo solar

Se recoge en este apartado el estudio que se ha realizado con el programa de cálculo solar en el cual se obtiene la potencia solar que se captaría en la instalación durante los diferentes meses del año. Se han realizado dos estudios diferentes, uno para los meses de verano y el otro para los de invierno. Como ya se ha dejado claro en capítulos anteriores, durante los meses de invierno la energía solar se utilizaría para el ACS y la tecnología de suelo radiante y en los meses de verano, para el ACS y la máquina de absorción.

En el estudio se refleja la energía total que se captaría con los 36 paneles de la instalación y la energía que quedaría para, en verano la máquina de absorción y en invierno el suelo radiante, una vez satisfechas las necesidades de ACS del edificio.

### Programa de cálculo

Se utiliza el programa de cálculo de la empresa SEDICAL. Este programa es un software gratuito, sencillo de utilizar y con alta facilidad a la hora de interpretar los resultados.

La forma de utilizar el programa es el siguiente:

- Se selecciona la localización del lugar donde se realiza el estudio. Al seleccionar una localización, se asignarán para los cálculos posteriores los valores guardados en la base de datos para esa ubicación.

Que deseas hacer con las localizaciones

Crear nueva  Modificar  Borrar

Nombre de la nueva localización

Datos de origen

Utilizar datos de **PARQUESOL**  Introducir todos los datos nuevos

Altitud (m) 700 Latitud (°) 41.7

Temperatura mínima histórica (°C) -16

Zona climática II

Datos estadísticos

Energía incidente plano horiz.	Temper. media ambiente	Humedad relativa media	Tª media del agua de la red				
kWh/m2	°C	%	°C				
Enero	47.36	Enero	4	Enero	79	Enero	6
Febrero	68.44	Febrero	6	Febrero	74	Febrero	8
Marzo	119.69	Marzo	9	Marzo	66	Marzo	9
Abril	143.33	Abril	12	Abril	66	Abril	10
Mayo	171.36	Mayo	17	Mayo	63	Mayo	12
Junio	188.33	Junio	21	Junio	57	Junio	15
Julio	216.14	Julio	24	Julio	49	Julio	18
Agosto	198.06	Agosto	23	Agosto	50	Agosto	18
Septiembre	152.50	Septiembre	18	Septiembre	57	Septiembre	16
Octubre	96.44	Octubre	13	Octubre	70	Octubre	12
Noviembre	57.50	Noviembre	8	Noviembre	77	Noviembre	9
Diciembre	36.17	Diciembre	4	Diciembre	81	Diciembre	7

guardar editar eliminar volver

Figura 39. Pantalla con la localización utilizada

- Se selecciona el esquema que sigue la instalación.
- Se introducen los valores de la inclinación y el azimut (en grados) de los colectores solares. También se introduce el porcentaje de cobertura mínima anual que se desea tener en la instalación.
- Después, se introducen en el programa los valores de la temperatura de demanda, la demanda diaria, la temperatura a la que se acumula el fluido y el perfil de ocupación.
- Posteriormente se refleja la capacidad del acumulador de la instalación.
- Una vez introducidos todos los datos anteriores, se calcula la potencia captada por los colectores solares.

En este capítulo se realizan dos estudios diferentes, uno para verano y otro para invierno, debido a esto, los valores introducidos en el programa (temperaturas, demandas, acumulación, etc....) variarán en función del estudio en el que se esté.

No es el caso de los datos sobre la irradiación, que se mantienen constantes en función de la localización y, por lo tanto, son los mismos para ambas estaciones. El programa de cálculo de SEDICAL utiliza los valores de las tablas de a continuación sobre la irradiación recibida por el Centro de Salud para obtener la potencia captada por los paneles.

La irradiación sobre superficie horizontal recibida en el Centro de Salud según los datos del programa se recoge en la Tabla 7.

*Tabla 7. Irradiación sobre superficie horizontal*

Mes	H (kWh/m <sup>2</sup> )	H <sub>corregida</sub> (kWh/m <sup>2</sup> )
Ene	1,53	1,4535
Feb	2,45	2,3275
Mar	3,86	3,667
Abr	4,78	4,541
May	5,53	5,2535
Jun	6,28	5,966
Jul	6,98	6,631
Ago	6,39	6,0705
Sep	5,09	4,8355
Oct	3,11	2,9545
Nov	1,92	1,824
Dic	1,17	1,1115

La irradiación diaria global incidente en función de los grados de inclinación de los colectores solares utilizada por el programa, en la localización del Centro de Salud, está recogida en la Tabla 8.

Tabla 8. Irradiación diaria global incidente

Mes	k- 45 grados	E (kWh/m <sup>2</sup> )
Ene	1,43	1,9537947
Feb	1,31	2,8660835
Mar	1,175	4,0502015
Abr	1,03	4,3965962
May	0,93	4,5926097
Jun	0,9	5,047236
Jul	0,935	5,8279859
Ago	1,05	5,9915835
Sep	1,225	5,56807825
Oct	1,43	3,9714389
Nov	1,565	2,6832864
Dic	1,54	1,6090074

#### Energía capada en los meses de verano

Los meses considerados en este estudio de verano son aquellos en los cuales, gracias a la experiencia y a los datos climatológicos, se tiene constancia de que en el edificio se registra demanda de refrigeración y, por lo tanto, se necesita que estén funcionando las máquinas de frío. Debido a esto, los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre serán considerados como meses de verano y serán objeto de estudio en este apartado.

Los datos introducidos en el programa para realizar el cálculo de la energía captada durante estos meses en el edificio del Centro de Salud son los siguientes:

- Inclinación de 45° y azimut de 0° debido a que los paneles se encuentran orientados hacia el sur.
- El porcentaje de cobertura que se introduce es de 99%.
- Se introduce la suma de la demanda diaria de agua caliente que necesita la máquina de absorción para funcionar durante todo el día, más la demanda diaria de ACS del Centro de Salud.

Demanda total = 69.782 litros al día

- La temperatura de acumulación, que es de 90 °C, ya que tiene que estar por encima de la temperatura de entrada a la máquina de absorción, que es de 88 °C.

- El perfil de ocupación introducido en el programa es de 75%, ya que los días laborables serán 22,5 días al mes.
- La capacidad de la acumulación será de 2.000 litros.

Realizando la simulación con el programa, el resultado que se obtiene, para cubrir la demanda total, es de que el Centro de Salud necesitaría tener la cantidad de 66 colectores para poder cubrir toda la demanda de la máquina y el ACS en los días de verano.

En la Tabla 9 de a continuación se visualizan los rendimientos de los captadores, la demanda energética mensual de la instalación y la energía mensual neta que serían capaces de producir los 66 colectores, cubriendo la totalidad de las necesidades de agua caliente del sistema.

*Tabla 9. Rendimientos y energía captada con 66 colectores*

<b>Mes</b>	<b>Rendimiento (%)</b>	<b>Demanda energética mensual (kWh/mes)</b>	<b>Energía mensual neta producida (kWh/mes)</b>
<b>Mayo</b>	44,3	9343	9218
<b>Junio</b>	41,4	9042	9063
<b>Julio</b>	37,7	9343	9900
<b>Agosto</b>	37,5	9343	10086
<b>Septiembre</b>	40,5	9042	9801

El Centro de Salud dispone de 36 colectores solares, no de 66 como refleja el programa que sería lo ideal, por lo que la energía final captada por el campo solar será menor.

Recalculando con el programa para 36 colectores se obtienen los resultados de la Tabla 10.

Tabla 10. Rendimientos y energía captada con 36 colectores

Mes	Rendimiento (%)	Demanda energética mensual (kWh/mes)	Energía mensual neta producida (kWh/mes)
Mayo	24,1	9343	2734
Junio	26,5	9042	3162
Julio	29,3	9343	4201
Agosto	29,6	9343	4335
Septiembre	28,2	9042	3716

Se aprecia en los resultados obtenidos que la energía captada no sería suficiente para alimentar la máquina de absorción durante todo el día. En cambio, es suficiente para cubrir las necesidades de ACS.

La energía sobrante o la energía llamada de exceso, es la energía que se destinaría a la máquina de absorción una vez cubiertas las necesidades de ACS.

Las necesidades de ACS calculadas anteriormente, la energía en exceso y la energía captada que se obtendría se pueden ver en la Tabla 11 y en la Figura 40 de a continuación.

Tabla 11. Exceso de energía en verano

Mes	Necesidades ACS (kWh/mes)	Energía captada (kWh/mes)	Energía exceso (kWh/mes)
Mayo	847,3	2734	1886,7
Junio	759,8	3162	2402,2
Julio	741,4	4201	3459,6
Agosto	741,4	4335	3593,6
Septiembre	742,9	3716	2973,1

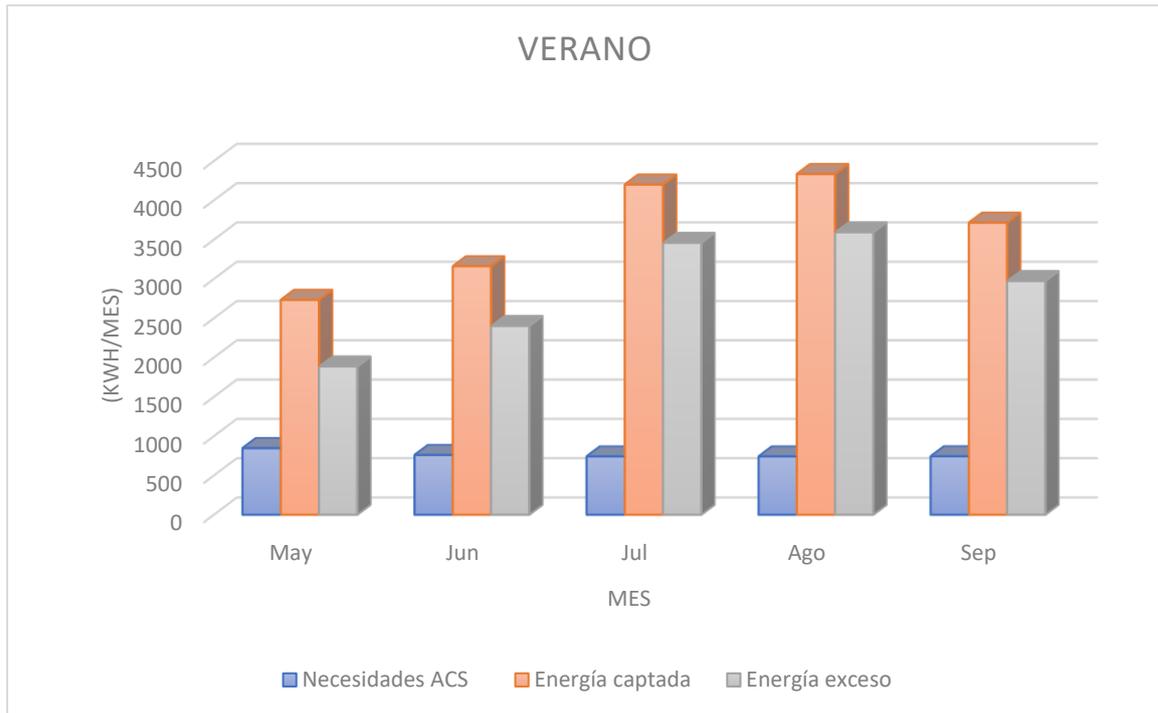


Figura 40. Gráfico de las energías en verano

### Energía captada en los meses de invierno

Se consideran meses de invierno en este estudio a aquellos en los que la demanda de refrigeración en el edificio es nula. Estos meses corresponden a enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre.

Durante estos meses la máquina de absorción no estaría funcionando, lo que significa que no existiría la demanda de agua caliente de esta. Mediante el campo de captadores solares, en estos meses de invierno, se daría cobertura al ACS y al sistema de suelo radiante del edificio.

Los datos introducidos en el programa para realizar el cálculo de la energía captada durante estos meses en el edificio del Centro de Salud son los siguientes:

- Inclinación de 45° y azimut de 0° debido a que los paneles se encuentran orientados hacia el sur.
- El porcentaje de cobertura que se introduce es de 99%.
- Se introduce la demanda diaria de ACS del Centro de Salud.  
Demanda total = 662 litros al día
- La temperatura de acumulación en invierno, al igual que la temperatura de la demanda introducida es de 60 °C.

- El perfil de ocupación introducido en el programa es de 75%, ya que los días laborables serán 22,5 días al mes.
- La capacidad de la acumulación será de 4.000 litros.

Una vez introducidos los valores de trabajo anteriores en el programa, se simula y se obtienen los valores del rendimiento y la energía que se lograría captar con los paneles solares en los meses de invierno, estos valores se reflejan en la Tabla 12.

*Tabla 12. Rendimientos de los colectores y energía captada*

<b>Mes</b>	<b>Rendimiento (%)</b>	<b>Energía captada (kWh/mes)</b>
<b>Enero</b>	24,3	1160,4
<b>Febrero</b>	21,7	1380
<b>Marzo</b>	35,8	3550,8
<b>Abril</b>	46,9	4923,6
<b>Octubre</b>	39,7	3856,8
<b>Noviembre</b>	21,6	1372,8
<b>Diciembre</b>	27,9	1094,4

La energía captada por el campo durante estos meses se destinaría al ACS y al suelo radiante para calefacción.

Se aprecia en el programa que con la cantidad de 30 paneles bastaría para cubrir el 100% de la demanda de ACS en el mes de enero, mes en el cual la captación es menor. Como se tienen 36 paneles en la instalación, la energía producida por los colectores sería mayor que las necesidades de ACS, existiendo un exceso que se aprovecharía para la calefacción.

Las necesidades de ACS en los meses de invierno, la energía captada y el exceso de energía que se destinaría a calefacción se reflejan en la Tabla 13 y en la Figura 41 de a continuación.

Tabla 13. Exceso de energía en invierno

Mes	Necesidades de ACS (kWh/mes)	Energía captada (kWh/mes)	Energía exceso (kWh/mes)
Enero	953,2	1160,4	207,2
Febrero	798,1	1380	581,9
Marzo	900,2	3550,8	2650,6
Abril	844,2	4923,6	4079,4
Octubre	847,3	3856,8	3009,5
Noviembre	861,1	1372,8	511,7
Diciembre	935,5	1094,4	158,9

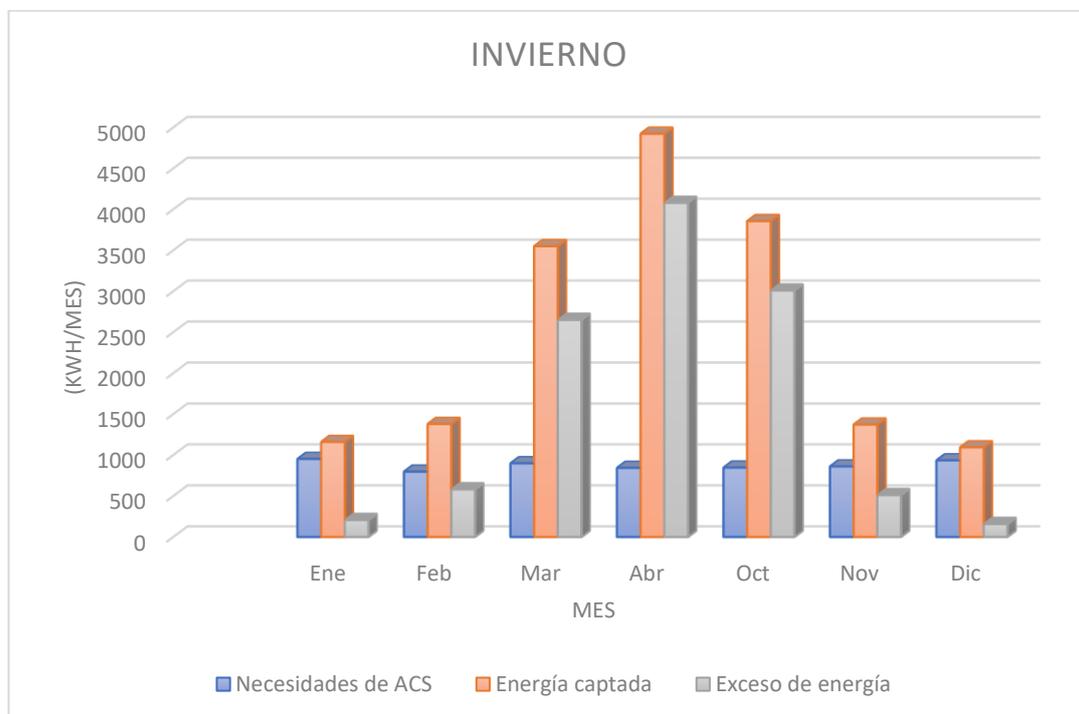


Figura 41. Gráfico de las energías en invierno

## 5.2. Potencia generada por la máquina de absorción

La energía que no se aprovecha en generar ACS, en los meses de verano se destina a la producción de agua fría en la máquina de absorción.

Según el fabricante, el generador de la máquina requiere de 50,2 kWh de energía en forma de agua caliente para poder realizar el ciclo de absorción de manera adecuada.

Con la energía mensual en exceso calculada en el apartado anterior se halla una estimación de las horas diarias que funcionaría la máquina de absorción únicamente utilizando energía solar.

*Tabla 14. Horas diarias posibles de funcionar únicamente con energía solar*

Mes	Energía exceso (kWh/mes)	Energía exceso al día (kWh/día)	Horas funciona la máquina de absorción con el exceso
Mayo	1886,7	82,03	1,63
Junio	2402,2	109,19	2,18
Julio	3459,6	150,42	3
Agosto	3593,6	156,24	3,11
Septiembre	2973,1	135,14	2,7

Es sabido, que debido a las características de funcionamiento de la máquina con la que se cuenta en el Centro de Salud, a partir de 50,2 kWh de potencia suministrada al generador mediante energía solar, se obtienen 35,2 kWh de potencia frigorífica.

Por lo tanto, con los datos hallados en el cálculo solar, se pueden obtener las potencias generadas mensualmente mediante la máquina de absorción utilizando la energía solar exclusivamente. La potencia generada mediante la máquina de absorción se calcula en la Tabla 15 y en la Figura 42.

Tabla 15. Potencia generada con la máquina de absorción

Mes	Días laborables	Horas día funciona	Q(kWh/día)	Q(kWh/mes)
May	23	1,63	57,376	1319,648
Jun	22	2,18	76,736	1688,192
Jul	23	3	105,6	2428,8
Ago	23	3,11	109,472	2517,856
Sep	22	2,7	95,04	2090,88

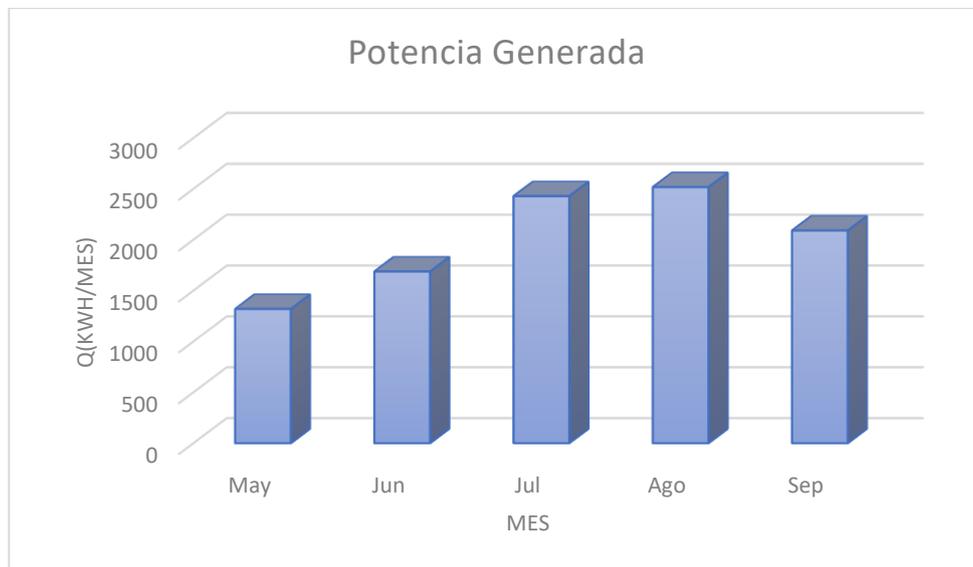


Figura 42. Gráfico de la potencia generada

Esta potencia frigorífica generada por la máquina de absorción es potencia que no se tiene que generar con las plantas enfriadoras, lo que se traduce en ahorro.

### 5.3. Ahorro con la instalación

Con el aprovechamiento de la instalación de absorción se puede llegar a conseguir ahorrar al final de mes, ya que se evita utilizar las calderas para producir el ACS y las plantas enfriadoras para generar parte del agua fría necesaria. Saber cuánto y cómo conseguir el ahorro será el fundamento de este apartado del proyecto.

Gracias a esta instalación, se puede aprovechar la energía solar para dar cobertura a la demanda total del ACS y a parte de la demanda de frío de los meses de verano. Es ahí donde se consigue el ahorro, ya que, gracias a esto, no haría falta proporcionar esa demanda con elementos convencionales.

El funcionamiento de la instalación conlleva a que el ACS del Centro de Salud será proporcionado mediante la energía solar recogida por los colectores. Esto suscita un cambio con lo que actualmente sucede, ya que el ACS del Centro de Salud en estos momentos es generado por las calderas.

Se tienen 4 calderas:

- BAXIROCA CPA 130 de 151.2 kW y rendimiento de 91,4%. (x2)
- BAXIROCA BTEC 180 de 180 kW y rendimiento de 91,8%.
- BAXIROCA GO 50/40 GT de 45.3 kW y rendimiento de 91%.

Actualmente se utiliza el modelo CPA 130 para generar el ACS, por lo que se tomara 91% de rendimiento en los cálculos de este apartado.

Dentro del ahorro no se tiene en cuenta la recirculación ni las pérdidas por convección en las calderas, ya que estas deben de seguir encendidas, aunque no se utilicen para generar ACS. Estas pérdidas son las que generar mayor gasto económico en la instalación.

También, como ya se ha dicho, con la energía solar captada se generará agua fría mediante la máquina de absorción, no teniendo entonces que utilizar las plantas.

Las plantas de las que dispone el Centro de Salud son las siguientes:

- CLIMAVENETA WRAT-B 601 de 119 kWh con un C.E.E. de 2,5.
- CLIMAVENETA WRAT-B 752 de 154 kWh con un C.E.E. de 2,5.

Se utilizan en la actualidad ambas plantas para generar el agua fría demandada por las unidades terminales, por lo que el C.E.E. utilizado en estos cálculos es de 2,5.

En este punto se calcula el ahorro económico en la factura de cada mes que el aprovechamiento de la energía solar conlleva. Para ello, se tiene que saber antes de nada el coste de producción por kWh que tienen las plantas enfriadoras y las calderas:

- Se estima que el coste del kWh de gas es de: 0,06 €/kWh
- Se estima que el coste del kWh de electricidad es de: 0,15 €/kWh

Por lo tanto, en la Tabla 16 y en la Figura 43 se refleja el ahorro anual estimado que se conseguiría.

Tabla 16. Ahorro anual estimado

Mes	Ahorro ACS (€)	Ahorro Frío (€)	Ahorro Total (€)
Ene	62,8483516	.	62,8483516
Feb	52,621978	.	52,621978
Mar	59,3538462	.	59,3538462
Abr	55,6615385	.	55,6615385
May	55,8659341	79,17888	135,044814
Jun	50,0967033	101,29152	151,388223
Jul	48,8835165	145,728	194,611516
Ago	48,8835165	151,07136	199,954876
Sep	48,9824176	125,4528	174,435218
Oct	55,8659341	.	55,8659341
Nov	56,7758242	.	56,7758242
Dic	61,6813187	.	61,6813187
<b>Total al año</b>			<b>1260,24344</b>

En verano se consigue un ahorro de 855,43 € y al cabo del año 1260,24 €.

Este ahorro es muy pequeño en comparación con el gasto que se tiene debido a que hay que mantener las calderas encendidas durante todo el año. La gran parte de este gasto es en pérdidas de recirculación.

Los gastos de mantener las calderas encendidas rondan los 600 € al mes.

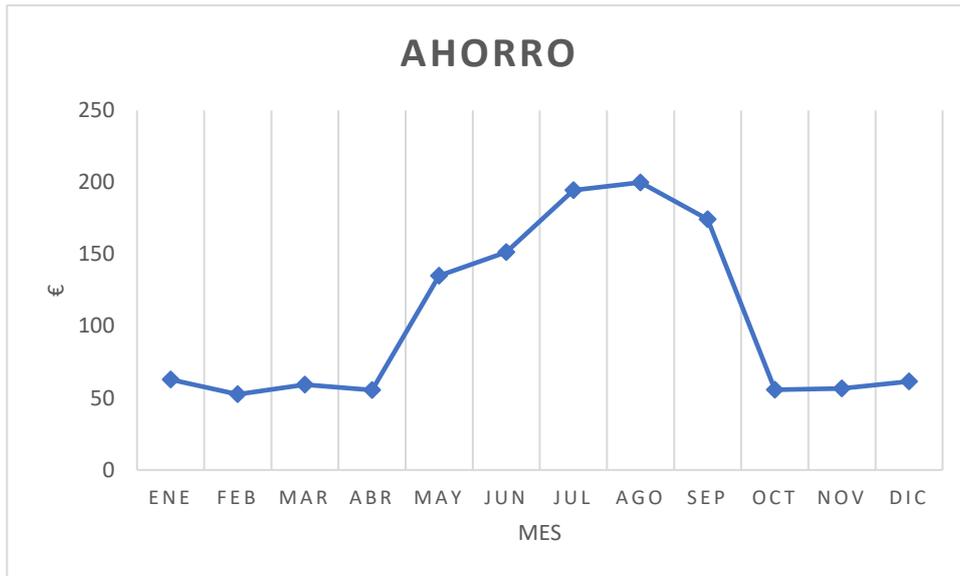


Figura 43. Gráfico del ahorro anual estimado

## 6. Análisis de la instalación de absorción

El objetivo de este capítulo es reflejar el estado y los posibles fallos de funcionamiento detectados en la instalación de refrigeración por absorción del Centro de Salud.

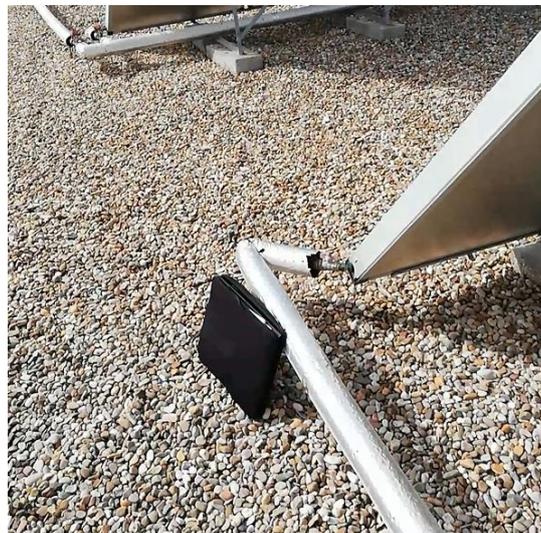
### 6.1 Estado de los elementos de la instalación

Se analiza a continuación el estado en el que se encuentra cada uno de los elementos que intervienen en la producción de agua fría mediante máquina de absorción.

#### Campo de captadores

Por lo general, el campo de colectores solares se encuentra en buen estado. Para la realización de una buena captación solar, los paneles deben de estar orientados correctamente de acuerdo con la latitud de la zona. Se considera adecuada la orientación de los colectores solares instalados.

Una de las seis baterías de colectores se ha desalineado ligeramente debido a las altas rachas de viento, forzando las tuberías de cobre del fluido caloriportador, por lo que debe subsanarse.



*Figura 44. Tubería forzada debido alazote del viento*

Además, también se puede apreciar, que la totalidad de los colectores solares se encuentran recubiertos de partículas de polvo y suciedad, lo que repercutiría en un descenso del rendimiento de los paneles si la instalación estuviera en funcionamiento.

Actualmente la instalación se encuentra parada, por lo que se ha vaciado para evitar sobrecalentamientos o riesgos de heladas.

## Circuito primario solar

El circuito primario solar fue mejorado hace un año, puesto que el aislamiento del que disponía este no era el adecuado para su localización a la intemperie. Se dotó al circuito con un recubrimiento con acabado en chapa de aluminio para evitar el deterioro por efecto de la radiación y agentes meteorológicos. Debido a esto, el aislamiento del circuito primario solar se encuentra en correctas condiciones.

Tras una inspección visual y a excepción de lo comentado en el apartado anterior, las tuberías parecen estar en buen estado. En cualquier caso, debe realizarse una prueba de estanqueidad para comprobar la ausencia de fugas en la instalación.

El único inconveniente que se aprecia en el circuito es la acumulación de una gran cantidad de tuberías en la zona de la instalación donde se encuentran la máquina de absorción y la torre de refrigeración. En el caso de necesidad de reparación o intervención en alguno de estos elementos, esta será de mayor dificultad de lo normal.



*Figura 45. Acumulación de tuberías en zona reducida*

En la Figura 45 se puede ver el estado en el que se encuentran dichas tuberías, comprobándose las dificultades que entraña la ejecución de los mantenimientos en esta zona.

Del mismo modo que los colectores, por el circuito primario solar no circula fluido alguno en estos momentos.



## **Acumulación solar**

Al margen de los depósitos de acumulación solar para ACS situados en el sótano, la instalación dispone de otro depósito de acumulación de 2000 litros ubicado en cubierta.

El aspecto del depósito de absorción es bueno. Tanto el depósito en sí, como su aislamiento exterior, se encuentran en buen estado.

Este depósito dispone de 2 serpentines de intercambio térmico, uno conectado a los paneles solares y otro conectado a la fuente auxiliar de energía (calderas). Ambos serpentines se encuentran en buen estado.

El tanque de absorción de la instalación se encuentra actualmente vacío.

## **Máquina de absorción**

De igual modo que el depósito de absorción, la máquina Yazaki de la instalación se encuentra situada sobre una superficie de tramex suspendida, en perfectas condiciones físicas. Se aprecia suciedad debajo de la plataforma de tramex.

La máquina de absorción se encuentra actualmente parada y no se ha comprobado el funcionamiento de esta. Si bien se supone que dispone del refrigerante y absorbente necesario para su funcionamiento, debe realizarse una puesta en marcha completa por el Servicio Técnico Oficial para comprobar el estado del equipo, puesto que lleva mucho tiempo parada.

## **Torre de refrigeración**

La torre de enfriamiento de la instalación, colocada sobre la superficie de tramex, presenta un estado correcto a falta de pasar las correspondientes pruebas de funcionamiento, limpieza y desinfección.

La torre de refrigeración en estos momentos no se encuentra dada de alta en el sistema, por lo que, una vez realizada la limpieza, desinfección y puesta en marcha debe tramitarse el alta correspondiente en la Dirección General de Salud Pública de la Consejería de Sanidad.

El documento a presentar se encuentra en el Anexo 4.

## 6.2. Fallos de funcionamiento detectados en la instalación

Los técnicos de mantenimiento comentan que la instalación de absorción del Centro de Salud únicamente funcionó un día durante unas horas.

Estudiando el mal funcionamiento de la instalación, se llega a la conclusión de que la causas que impidieron el correcto funcionamiento fueron varias:

- Se observa que el tanque que alimenta a la máquina de absorción, con doble serpentín, no es un sistema energéticamente eficiente, ya que no da siempre prioridad a la energía solar. Esto se debe a que las entradas de los dos serpentines, procedentes de las calderas y del sistema de colectores, se encuentran muy próximos. Esta disposición de los intercambiadores hace inviable realizar una estrategia de control que permita dar prioridad a la energía solar frente a las calderas. De hecho, se ha comprobado, que por las noches las calderas calientan el circuito de colectores solares a través del depósito de acumulación.
- Se ha calculado que el número de colectores solares instalados en el Centro de Salud es insuficiente para la demanda energética del generador de la máquina de absorción de la instalación, tal y como se ha demostrado en el apartado de cálculos.
- Se ha comprobado que la estrategia de control de la instalación tiene errores, no dando las prioridades adecuadas a la demanda de ACS, suelo radiante y refrigeración.
- Se observa que el sistema solar dispone de un aerotermo para disipar la energía calorífica en periodos de alta radiación solar y mínimo consumo. Este aerotermo, como se ve en la Figura 13, se encuentra conectado en serie a la tubería caliente de salida del campo de captadores. Cuando el aerotermo comienza a funcionar, el calor que no se consigue disipar se cede posteriormente al resto de aplicaciones, incrementándose de este modo las temperaturas de los circuitos de éstas, que es justamente lo que se trata de evitar al instalar dicho equipo. Por lo que se llega a la conclusión de que el aerotermo instalado no está correctamente dimensionado y es insuficiente para la instalación descrita.

## 7. Cambios a realizar en la instalación

Como se ha comentado con anterioridad en este proyecto, la instalación de absorción requiere de unos requerimientos muy estrictos de funcionamiento. Debido a esto, una vez realizado el análisis de la situación en la que se encuentra la instalación, se llega a la conclusión de que, si el objetivo es la puesta en marcha, antes se deben de realizar cambios en la instalación e implantar una estrategia de funcionamiento correcta entre las plantas enfriadoras y la máquina de absorción.

El análisis realizado ha permitido identificar los elementos causantes del deficiente funcionamiento de la instalación y los elementos que se encuentran en mal estado. En este capítulo se reflejan una serie de reformas a realizar si lo que se busca es que la instalación funcione de manera correcta:

### 1ª Reforma

Mejorar la sujeción de los paneles solares de la cubierta. No es la primera vez que se desplazan las baterías del campo de colectores solares debido al azote del aire recibido. Por ello se propone en este punto mejorar la sujeción de los paneles mediante el incremento de peso en las bancadas, evitando de esta forma taladrar el forjado y, por tanto, la impermeabilización de la cubierta. También deben arriostrarse las últimas baterías de colectores al casetón del ascensor que se encuentra junto a ellas, puesto que son las que más sufren el efecto “vela” del viento y las que han dado más problemas estos años.

### 2ª Reforma

Arreglo de los tramos de tubería en mal estado o con mal aislamiento. En el análisis de la instalación se ha reflejado la existencia de zonas del circuito primario con desperfectos o en mal estado. Debido a esto se propone reemplazar las zonas del circuito primario solar que presenten algún tipo de fallo o desperfecto, ya sea por causa del aislante o de las tuberías. Para ello se propone realizar una prueba de presión y estanqueidad, que permita detectar todos los defectos existentes.

### 3ª Reforma

Estudio de reubicación y optimización de las instalaciones situadas sobre el tramex. En la zona de la cubierta donde se encuentra situada la máquina de absorción, la torre de enfriamiento y el acumulador se aprecia la existencia, en un pequeño espacio, de una gran acumulación de tuberías, haciendo que cualquier maniobra de mantenimiento o sustitución sea de extrema dificultad. Se propone llevar a cabo un estudio de optimización y adecuación de esta zona de la cubierta.



#### 4ª Reforma

Mejora del sistema de disipación de la instalación. Se debe de realizar un dimensionamiento adecuado del disipador de calor e instalar el aerotermo adecuado para la situación de la instalación que se tiene.

#### 5ª Reforma

Instalación de un nuevo depósito de inercia. El depósito de inercia de la cubierta es un sistema energéticamente deficiente, no dando prioridad a la energía solar frente a la energía de apoyo de las calderas. Para solucionar este problema y acogiéndose a la normativa vigente en estos momentos, se propone la instalación de otro tanque de inercia en el sistema. El depósito que se propone instalar debe de ser de menor capacidad que el ya existente y debe de instalarse en serie con este, conectándose únicamente a las calderas y con el fin de elevar la temperatura hasta la requerida por la máquina de absorción. Al primer tanque se conducirá únicamente la energía solar y al segundo el apoyo proveniente de las calderas.

#### 6ª Reforma

Realización de nueva estrategia de control. La estrategia de control de la instalación no es la adecuada por lo que se debe de realizar una estrategia en la que se dé la prioridad correcta a la demanda de ACS, al suelo radiante y a la refrigeración.

Una vez se han realizados los cambios y mejoras necesarios para el buen funcionamiento de la instalación, se puede estudiar la mejor estrategia de funcionamiento y comenzar las labores de puesta en marcha de los elementos y circuitos que conforman la instalación de absorción.

## 8. Puesta en marcha y funcionamiento

Antes de comenzar a utilizar la instalación de absorción han de llevarse a cabo una serie de operaciones y comprobaciones en la instalación para verificar el correcto estado y funcionamiento de las máquinas, además de un estudio de la mejor estrategia a seguir.

### 8.1. Operaciones de puesta en marcha de la instalación

Las pruebas y revisiones que se deben de realizar en la instalación, para comprobar que toda la instalación funciona de manera correcta, es el fundamento de este apartado. También se habla de los permisos necesarios a pedir para la utilización de alguno de los elementos de la instalación.

#### Limpieza y llenado de la instalación

Se realizará la limpieza del campo de captadores solares y el llenado y drenaje de la instalación. Con el llenado y drenaje lo que se busca es realizar una limpieza del interior de las tuberías y detectar posibles fugas.

El llenado se realizará desde la parte más baja a la más alta y abriendo los purgadores, logrando así la eliminación de bolsas de aire. Una vez el fluido comience a salir por los purgadores, estos se cerrarán.

Una vez que se tenga el circuito lleno, se procederá a poner en marcha el sistema y se tendrá al fluido recirculando un periodo de tiempo, logrando arrastrar las partículas de las tuberías, finalmente se vaciará y se procederá a solucionar las fugas o problemas detectados si los hubiese.

Finalmente se rellenará de nuevo con la mezcla de agua y anticongelante de la misma manera que se realizó el llenado anterior.

#### Puesta a punto de las máquinas y paneles

Se realizará la puesta a punto de las máquinas y paneles de la instalación, siguiendo en todo momento las indicaciones de los fabricantes.

- Campo de captadores

Se realizará una prueba de estanqueidad en el campo de captadores, con agua o aire. Esta prueba servirá para detectar posibles problemas en los captadores y en las conexiones. Esta prueba se realizará a unas presiones altas, cercanas a las máximas soportadas por los captadores.

- Máquina de absorción

Una vez se realiza la limpieza de la máquina, se realizarán las pruebas y comprobaciones de las conexiones hidráulicas de los circuitos exteriores, las conexiones de las sondas de temperatura y las conexiones eléctricas o de control de la máquina siguiendo las indicaciones del fabricante. Se recomienda la puesta en marcha por el Servicio Técnico Oficial, dada la peculiaridad de estos equipos.

- Torre de refrigeración

Antes de la puesta en marcha de los equipos de enfriamiento evaporativo es de obligatoriedad realizar la limpieza y desinfección no solo de la propia torre sino de todo el circuito de agua entrante y saliente (tuberías, depósitos, bombas, intercambiadores o condensadores, etc.) asegurando con esto la ausencia de tramos ciegos o puntos muertos de circulación. [4]

Se deben de prestar especial interés a la hora de revisar las torres:

- Consumos de los motores
- Secuencia de funcionamiento
- Nivel de agua en la balsa

### **Comprobación eléctrica, de las bombas y de las sondas de temperatura**

Se tendrá que llevar a cabo una comprobación del estado del circuito eléctrico, así como la situación en la que se encuentran cada una de las bombas del circuito. Se arrancarán las bombas de manera manual y de forma independiente para realizar la comprobación del giro del motor y su tensión.

Las válvulas se tendrán que comprobar midiendo la tensión que les llega, asegurándose que la posición en la que se encuentran es correcta.

Las sondas de temperatura dispuestas por el circuito deberán ser comprobadas de manera individual.

### **Ajuste de caudal de los circuitos**

Cada uno de los circuitos de la instalación debe de llevar el caudal de diseño indicado, para ello, este se debe de ajustar siguiendo el siguiente procedimiento. Con la instalación en marcha, se tomará la indicación del manómetro situado entre la entrada y salida de la bomba y, se entrará en la curva de la bomba que proporciona el fabricante, viendo si el caudal es o no suficiente y, por lo tanto, viendo si el caudal del circuito está regulado.



## **Acumulación**

Se deberán de revisar las conexiones de los circuitos con los tanques de acumulación y se realizará un llenado y drenaje de estos para asegurar la inexistencia de fugas y limpiar el interior de estos.

## **Circulación del fluido**

Una vez se ha comprobado el correcto funcionamiento y estado de cada uno de los elementos que conforman el circuito se realizará una prueba de la circulación del fluido.

Esta prueba consistirá en arrancar las bombas y la máquina de absorción observando que todos los elementos entren en funcionamiento, que el incremento de presiones en las bombas sea el adecuado y que, al cabo de unos minutos, se produzca el enfriamiento del agua del circuito de refrigeración que sale de la máquina de absorción.

También hay que comprobar que el mecanismo de disipación de calor funciona de manera adecuada, evitando el sobrecalentamiento del circuito.

## **Control de la instalación**

Se tiene que realizar una comprobación de que el software de control recibe los distintos datos de los diferentes puntos de la instalación gracias a los sensores de temperatura y caudal repartidos por el circuito. También, este software realiza el control de las electrobombas y electroválvulas, por lo que habrá que asegurar que estas reciben correctamente las indicaciones.

## **Dar de alta**

Por último, ha de darse de alta en la Junta de Castilla y León las máquinas del sistema que por ley sea necesaria.

En el caso de este estudio, deberá de darse de alta la torre de refrigeración mediante la presentación del documento del Anexo 4 ante la Junta de Castilla y León.

## 8.2. Propuestas de funcionamiento de la Yazaki

En el Centro de Salud se cuenta con dos plantas enfriadoras y una máquina de absorción, por lo que se tiene que buscar una estrategia de funcionamiento conjunto. El estudio de las posibles estrategias a seguir con las máquinas de refrigeración se realiza a continuación.

### 1ª Propuesta

Lo que se plantea es lo siguiente:

Utilizar la máquina de absorción como primera opción siempre que sea posible, para aprovechar la energía gratuita del sol, entrando las enfriadoras convencionales cuando la máquina de absorción no pueda con la demanda. Para ello se propone el control de 2 parámetros:

- **Temperatura de la de acumulación:**

La instalación dispondrá de dos tanques de acumulación en serie, el solar y el de calderas. La máquina de absorción solamente arrancará si en el depósito de acumulación solar se tiene energía suficiente. Para su funcionamiento necesita 88°C. El retorno del agua caliente desde los paneles estará conectado a ambos depósitos de inercia mediante una válvula de tres vías. El sentido que tome el retorno será en función de la temperatura a la que se encuentre el fluido en el depósito de acumulación solar. Si este acumulador tiene una temperatura menor de 83°C ( $T^a$  de salida del fluido de la máquina), el retorno se dirigirá al depósito de calderas, en cambio, si la temperatura es mayor de 83°C, el retorno se dirigirá al depósito solar.

- **Temperatura de retorno del circuito hidráulico de frío.**

Las consignas nominales del circuito hidráulico marcadas para el funcionamiento del sistema de climatización en verano son 7°C en impulsión y 12 °C en retorno. Tanto la Yazaki como las enfriadoras convencionales tienen como consigna de impulsión 7°C. El control de puesta en marcha de los equipos se hará entonces por temperatura de retorno. Si la temperatura de retorno es baja, significa que la demanda de frío es pequeña, y si es alta, significa que hay mucha demanda. De esta forma, se propone el arranque de la máquina de absorción con temperatura de retorno 10-10,5 °C y el arranque de las enfriadoras convencionales a partir de 11 °C.

De una forma similar se realiza el control de los equipos del Centro de Salud de Laguna de Duero, donde también hay instalada una máquina de absorción, una caldera y una enfriadora convencional, con resultados satisfactorios.

## 2ª Propuesta

Se propone lo siguiente:

Utilizar la potencia generada mediante la máquina de absorción en las horas en las que la temperatura exterior es elevada, entrando en funcionamiento las plantas enfriadoras en el resto de las horas en las que no se supere el valor de temperatura marcado como consigna.

Para esta propuesta se deben de controlar dos parámetros:

- **Temperatura de la de acumulación:**

La instalación dispondrá de dos tanques de acumulación en serie, el solar y el de calderas. La máquina de absorción solamente arrancará si en el depósito de acumulación solar se tiene energía suficiente. Para su funcionamiento necesita 88°C. El retorno del agua caliente desde los paneles estará conectado a ambos depósitos de inercia mediante una válvula de tres vías. El sentido que tome el retorno será en función de la temperatura a la que se encuentre el fluido en el depósito de acumulación solar. Si este acumulador tiene una temperatura menor de 83°C ( $T^a$  de salida del fluido de la máquina), el retorno se dirigirá al depósito de calderas, en cambio, si la temperatura es mayor de 83°C, el retorno se dirigirá al depósito solar.

- **Temperatura exterior marcada como consigna:**

Como lo se busca es cubrir las horas de máxima temperatura mediante la máquina de absorción, se instaura un valor de temperatura como consigna cada mes (previamente estudiado con los datos de años pasados) a partir del cual, si se supera ese valor en el exterior del edificio, la máquina debe ponerse en funcionamiento y se debe dar cobertura al generador de la máquina utilizando el agua caliente acumulado por los depósitos de acumulación durante el tiempo en el que el valor de consigna se supere.

El estudio de esta propuesta se puede consultar en el Anexo 2. En este estudio se analizan las temperaturas exteriores a establecer como consigna cada mes de verano. Se busca que las horas por encima de la temperatura exterior sean iguales a las horas que la máquina de absorción puede producir potencia frigorífica.



## 9. Conclusiones

Una vez finalizado el trabajo, atendiendo a los objetivos planteados, habiendo realizado un estudio del funcionamiento y características de las máquinas de absorción y estudiado la instalación de climatización y ACS del Centro de Salud, en especial la instalación de absorción con la máquina YAZAKI modelo WFC SC10 y los colectores solares GAMESA\_SOLAR modelo 5000ST, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Se detecta la insuficiencia de número de colectores solares a la hora de dar cobertura total a la máquina de absorción. El Centro de Salud dispone de 36 paneles solares, mientras que lo ideal sería que la instalación estuviese formada por 66 paneles con los que generar la potencia suficiente para el funcionamiento de la máquina de absorción durante todo el día.
2. El ahorro calculado que se produciría con el funcionamiento de la instalación de absorción es muy pequeño. Este punto está relacionado con el anterior, ya que, debido a la insuficiencia de paneles solares, la generación de potencia calorífica mediante energía solar es menor de lo que debería ser y, por lo tanto, el ahorro también. Debido a la insuficiencia de energía solar calculada, la instalación debería tener las calderas en funcionamiento durante todo el día, lo que haría que el gasto aumentase.
3. Al analizar la instalación se han detectado fallos de funcionamiento y deficiencias que habría que subsanar antes de ponerla en marcha. El coste de los arreglos y mejoras sería considerable teniendo en cuenta la lenta amortización de la instalación.
4. Si la intención finalmente es la puesta en marcha de la instalación de absorción, se recomienda seguir como estrategia de funcionamiento la primera propuesta, ya que es sabido que en el Centro de Salud de Laguna de Duero funciona de manera correcta.
5. Para un mayor aprovechamiento y ahorro económico, lo mejor sería no poner en marcha la instalación de absorción y aprovechar los elementos de los que se dispone para la producción de ACS, utilizando los paneles solares como medio captador y la torre de refrigeración como disipador de energía.



## Repercusiones

En el Trabajo de Fin de Grado realizado, se podrían destacar repercusiones tanto sociales como económicas.

La tecnología de la absorción, concretamente las máquinas de absorción utilizadas como enfriadoras, son un ejemplo de tecnología centrada en la mitigación de la dependencia eléctrica y del problema medioambiental. Mediante el uso de estas máquinas se consigue disminuir la sobrecarga estival de electricidad, se logra aprovechar la energía residual o renovable como fuente motriz y se evita utilizar refrigerantes nocivos para el medio ambiente.

Por lo tanto, las máquinas de absorción de simple efecto, alimentadas por energía solar, se presentan definitivamente como una alternativa a las máquinas convencionales de compresión, al conseguir reducir notablemente tanto los gastos, como las emisiones nocivas para el medio ambiente.

## 10. Bibliografía

- [1] EREN. Energía Solar Térmica: Manual de Climatización Solar. Junta De Castilla y León – Consejería de Economía y Empleo ENTE Regional De La Energía De Castilla y León; 2017.
- [2] ABSORSISTEM. Plantas enfriadoras de agua por ciclo de absorción, alimentadas por agua caliente. Catálogo. 2011.
- [3] caloryfrio.com [Internet]. [citado Abril 2020]. Disponible en: <https://www.caloryfrio.com/refrigeracion-frio/que-es-torre-de-refrigeracion-enfriamiento-funcionamiento-seguridad.html>
- [4] Guía Técnica de Energía Solar Térmica. idae.es. [Internet]. Disponible en: <https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-de-energia-solar-termica>

Otros documentos consultados:

- RITE. Reglamento Instalaciones Térmicas en Edificios. energia.gob.es [Internet]. Disponible en: <https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx>
- UVA. Área de Máquinas y Motores Térmicos. Tema V, Refrigeración: “Refrigeración por absorción”.
- CTE. Código Técnico de la Edificación de España. codigotecnico.org. [Internet]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-documentoscte/133-ct-documentos-cte/ahorro-de-energia.html>
- Protocolo de Kioto. Unfccc.int. [Internet]. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura. idae.es. [Internet]. Disponible en: [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5654\\_ST\\_Pliego\\_de\\_Condiciones\\_Tecnicas\\_Baja\\_Temperatura\\_09\\_082ee24a.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_ST_Pliego_de_Condiciones_Tecnicas_Baja_Temperatura_09_082ee24a.pdf)
- EREN. Proyecto: CLIVEGESA. Informe centro de salud Parquesol de Valladolid; 2010.
- Julio San José, Francisco Castro y José Manuel Villafruela. Proyecto: CLIVEGESA. “Informe Instalación de Energía Solar Térmica para climatización mediante Máquina de Absorción del Centro de Salud de Parquesol (Valladolid)”. 2006.



## Anexos

### Anexo 1. Valores de temperatura del verano 2019

FECHA	T. Máxima	T. Mínima
01-05-2019	25.1	8.0
02-05-2019	20.0	6.3
03-05-2019	17.1	5.0
04-05-2019	20.9	3.8
05-05-2019	17.9	5.3
06-05-2019	24.7	3.7
07-05-2019	21.2	10.2
08-05-2019	18.5	9.1
09-05-2019	19.4	6.9
10-05-2019	24.0	13.5
11-05-2019	22.1	8.2
12-05-2019	24.0	5.5
13-05-2019	24.9	7.5
14-05-2019	29.1	6.9
15-05-2019	30.1	10.1
16-05-2019	27.6	8.4
17-05-2019	17.3	6.5
18-05-2019	16.8	3.9
19-05-2019	19.1	5.5
20-05-2019	20.4	4.7
21-05-2019	23.9	8.4
22-05-2019	27.1	8.3
23-05-2019	27.5	12.6
24-05-2019	20.6	10.4
25-05-2019	20.9	7.4
26-05-2019	25.4	7.0
27-05-2019	25.7	9.6
28-05-2019	22.5	8.2
29-05-2019	22.9	6.4
30-05-2019	28.7	9.1
31-05-2019	31.6	12.6
01-06-2019	33.7	13.3
02-06-2019	32.4	15.6
03-06-2019	31.5	16.6
04-06-2019	25.3	12.6
05-06-2019	20.6	8.0
06-06-2019	22.5	8.2
07-06-2019	18.8	7.8
08-06-2019	25.1	6.0
09-06-2019	24.8	8.4
10-06-2019	22.8	7.5
11-06-2019	19.3	8.9
12-06-2019	22.1	6.1
13-06-2019	25.9	6.9
14-06-2019	24.1	8.7
15-06-2019	23.9	9.1
16-06-2019	28.9	9.2
17-06-2019	30.1	12.2
18-06-2019	27.9	15.4
19-06-2019	25.7	14.1
20-06-2019	26.5	13.2

FECHA	T. Máxima	T. Mínima
21-06-2019	24.0	10.8
22-06-2019	31.3	10.7
23-06-2019	30.4	15.9
24-06-2019	27.8	15.7
25-06-2019	30.3	14.5
26-06-2019	34.8	17.3
27-06-2019	37.2	19.0
28-06-2019	39.8	19.6
29-06-2019	38.8	21.5
30-06-2019	37.7	18.3
01-07-2019	32.2	16.9
02-07-2019	33.8	14.5
03-07-2019	33.1	16.3
04-07-2019	31.3	16.9
05-07-2019	32.9	17.3
06-07-2019	32.0	15.4
07-07-2019	32.9	15.1
08-07-2019	30.0	15.7
09-07-2019	27.6	16.6
10-07-2019	31.5	13.0
11-07-2019	36.0	16.5
12-07-2019	38.1	18.2
13-07-2019	33.1	18.4
14-07-2019	29.5	16.6
15-07-2019	30.7	15.3
16-07-2019	33.0	14.7
17-07-2019	32.0	16.8
18-07-2019	32.6	15.0
19-07-2019	35.6	16.0
20-07-2019	35.2	18.7
21-07-2019	36.9	16.8
22-07-2019	38.7	19.3
23-07-2019	36.0	19.8
24-07-2019	35.6	18.5
25-07-2019	34.3	20.5
26-07-2019	28.5	16.6
27-07-2019	24.5	14.1
28-07-2019	28.2	10.8
29-07-2019	28.0	14.8
30-07-2019	25.7	11.3
31-07-2019	29.7	11.6
01-08-2019	32.0	15.0
02-08-2019	33.6	14.6
03-08-2019	35.3	17.2
04-08-2019	34.1	17.1
05-08-2019	34.8	16.4
06-08-2019	32.5	17.1
07-08-2019	28.5	18.0
08-08-2019	32.1	19.4
09-08-2019	26.6	15.4
10-08-2019	27.9	13.7

FECHA	T. Máxima	T. Mínima
11-08-2019	25.1	13.3
12-08-2019	23.6	9.7
13-08-2019	26.8	10.8
14-08-2019	31.9	12.3
15-08-2019	32.6	16.7
16-08-2019	33.9	15.9
17-08-2019	34.7	16.2
18-08-2019	30.2	16.4
19-08-2019	24.6	15.1
20-08-2019	25.3	13.7
21-08-2019	29.9	13.4
22-08-2019	30.6	13.4
23-08-2019	33.8	13.5
24-08-2019	34.8	14.9
25-08-2019	33.0	18.1
26-08-2019	26.7	14.4
27-08-2019	27.4	12.9
28-08-2019	30.7	14.9
29-08-2019	33.6	16.6
30-08-2019	34.7	16.5
31-08-2019	33.7	18.2
01-09-2019	27.6	15.6
02-09-2019	26.0	13.2
03-09-2019	30.1	10.5
04-09-2019	31.2	12.4
05-09-2019	22.3	12.1
06-09-2019	22.0	10.2
07-09-2019	24.7	9.6
08-09-2019	26.7	10.0
09-09-2019	27.1	9.6
10-09-2019	19.6	9.5
11-09-2019	21.7	11.3
12-09-2019	29.3	10.5
13-09-2019	26.9	14.5
14-09-2019	26.7	14.6
15-09-2019	21.5	15.1
16-09-2019	27.0	13.7
17-09-2019	28.8	14.0
18-09-2019	25.5	13.9
19-09-2019	27.2	14.6
20-09-2019	27.5	14.6
21-09-2019	20.0	15.7
22-09-2019	20.6	11.7
23-09-2019	22.3	9.1
24-09-2019	23.3	11.2
25-09-2019	21.7	10.1
26-09-2019	26.6	10.7
27-09-2019	25.8	9.3
28-09-2019	26.4	10.0
29-09-2019	28.2	10.1
30-09-2019	28.2	12.2



Mayo	Temp. media
Día	°C
01/05/2019	14.41
02/05/2019	11.88
03/05/2019	9.72
04/05/2019	10.86
05/05/2019	9.91
06/05/2019	14.05
07/05/2019	14.91
08/05/2019	14.10
09/05/2019	13.11
10/05/2019	17.38
11/05/2019	14.14
12/05/2019	13.83
13/05/2019	15.27
14/05/2019	16.47
15/05/2019	18.46
16/05/2019	15.61
17/05/2019	11.70
18/05/2019	9.71
19/05/2019	11.10
20/05/2019	12.73
21/05/2019	15.19
22/05/2019	16.81
23/05/2019	17.63
24/05/2019	14.07
25/05/2019	13.60
26/05/2019	15.45
27/05/2019	16.25
28/05/2019	13.82
29/05/2019	14.43
30/05/2019	18.76
31/05/2019	20.98

Junio	Temp. media
Día	°C
01/06/2019	22.24
02/06/2019	22.56
03/06/2019	22.58
04/06/2019	18.00
05/06/2019	13.67
06/06/2019	14.48
07/06/2019	12.19
08/06/2019	15.55
09/06/2019	15.54
10/06/2019	14.60
11/06/2019	13.17
12/06/2019	13.38
13/06/2019	15.77
14/06/2019	15.67
15/06/2019	15.71
16/06/2019	18.85
17/06/2019	20.38
18/06/2019	20.37
19/06/2019	18.37
20/06/2019	18.06
21/06/2019	16.92
22/06/2019	20.49
23/06/2019	21.34
24/06/2019	20.08
25/06/2019	21.29
26/06/2019	25.73
27/06/2019	27.22
28/06/2019	28.05
29/06/2019	28.75
30/06/2019	27.28

Julio	Temp. media
Día	°C
01/07/2019	21.83
02/07/2019	23.24
03/07/2019	22.87
04/07/2019	23.13
05/07/2019	24.01
06/07/2019	23.14
07/07/2019	23.25
08/07/2019	20.93
09/07/2019	20.38
10/07/2019	21.49
11/07/2019	24.99
12/07/2019	27.74
13/07/2019	22.53
14/07/2019	22.16
15/07/2019	22.48
16/07/2019	23.16
17/07/2019	22.83
18/07/2019	22.84
19/07/2019	25.28
20/07/2019	25.46
21/07/2019	26.02
22/07/2019	25.83
23/07/2019	25.75
24/07/2019	26.14
25/07/2019	26.35
26/07/2019	21.85
27/07/2019	17.58
28/07/2019	18.21
29/07/2019	19.88
30/07/2019	17.94
31/07/2019	20.14



Agosto	Temp. media
Día	°C
01/08/2019	22.56
02/08/2019	23.49
03/08/2019	25.53
04/08/2019	24.83
05/08/2019	24.30
06/08/2019	23.87
07/08/2019	21.72
08/08/2019	24.80
09/08/2019	20.76
10/08/2019	20.14
11/08/2019	18.06
12/08/2019	16.36
13/08/2019	17.92
14/08/2019	21.63
15/08/2019	23.31
16/08/2019	24.17
17/08/2019	23.98
18/08/2019	21.69
19/08/2019	18.29
20/08/2019	18.87
21/08/2019	20.50
22/08/2019	21.05
23/08/2019	21.93
24/08/2019	23.12
25/08/2019	22.40
26/08/2019	19.04
27/08/2019	18.95
28/08/2019	21.39
29/08/2019	23.59
30/08/2019	23.74
31/08/2019	23.87

Septiembre	Temp. media
Día	°C
01/09/2019	20.26
02/09/2019	18.27
03/09/2019	18.98
04/09/2019	19.66
05/09/2019	16.27
06/09/2019	14.99
07/09/2019	16.31
08/09/2019	17.30
09/09/2019	17.36
10/09/2019	13.76
11/09/2019	16.08
12/09/2019	19.10
13/09/2019	19.15
14/09/2019	19.89
15/09/2019	17.47
16/09/2019	18.94
17/09/2019	19.09
18/09/2019	18.39
19/09/2019	19.49
20/09/2019	19.95
21/09/2019	17.69
22/09/2019	14.81
23/09/2019	14.52
24/09/2019	16.60
25/09/2019	15.06
26/09/2019	16.60
27/09/2019	16.42
28/09/2019	15.54
29/09/2019	17.54
30/09/2019	18.49



## Anexo 2. Estudio de la 2ª propuesta de funcionamiento

A continuación se muestra el estudio de la 2ª propuesta de funcionamiento del capítulo 8.2 del presente documento, con los datos de las temperaturas exteriores recogidas para la ciudad de Valladolid en los meses de verano de 2019.

Con los datos obtenidos de la página web de INFORIEGO, mediante la ayuda de una hoja de cálculo de Excel, se ha hallado una estimación de la temperatura exterior que se debería de poner como valor de consigna en la estrategia de funcionamiento para cada mes de verano en la instalación.

Lo que se busca en el estudio es determinar la temperatura a la cual se debería de arrancar la máquina de absorción YAZAKI y dar cobertura a la refrigeración del edificio únicamente con energía solar.

Anteriormente, se ha calculado una estimación de la cantidad de horas diarias y mensuales que es capaz de funcionar correctamente la máquina de absorción. Por lo que, para hallar la temperatura a poner como consigna, lo que se hace en este estudio es igualar las horas mensuales de funcionamiento de la YAZAKI calculadas, a las horas que se dieron en los meses de verano del año 2019 por encima de un cierto valor de temperatura, el cual será la consigna buscada.

El estudio se hace con los datos de las temperaturas recogidas cada media hora de los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre del año 2019.

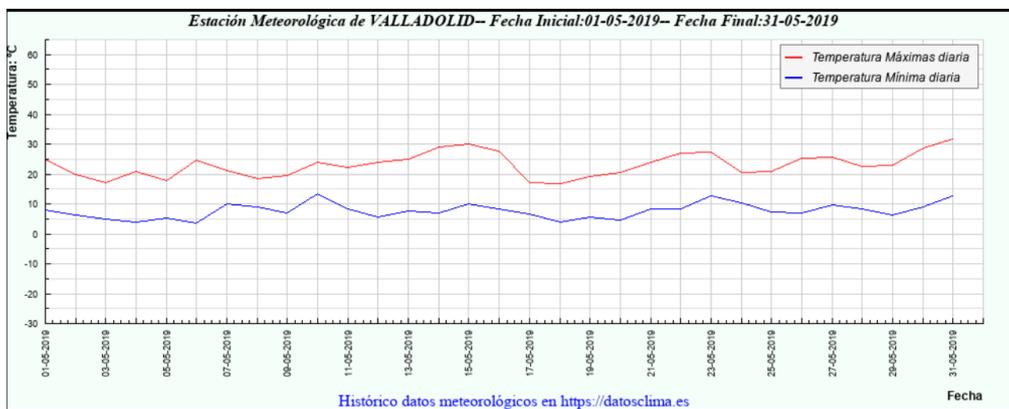
El estudio se muestra a continuación:

## Mayo

Según el estudio solar realizado, en el mes de mayo se capta la energía suficiente para que funcione la YAZAKI durante:

Mes	Días	Horas/día	Horas/mes
May	23	1,63	37,49

Por lo tanto, hay que buscar la temperatura mínima para la cual, por encima de ella, solamente se den el número de horas al mes cercano al de horas que puede dar cobertura la máquina.



En la Figura anterior se ve la evolución de las temperaturas máximas y mínimas en el mes de mayo de 2019.

Según el estudio realizado en el Excel, con los datos de las temperaturas se obtiene lo siguiente:

<b>Horas al mes con temperaturas mayores de: 24°C</b>
39,375 horas

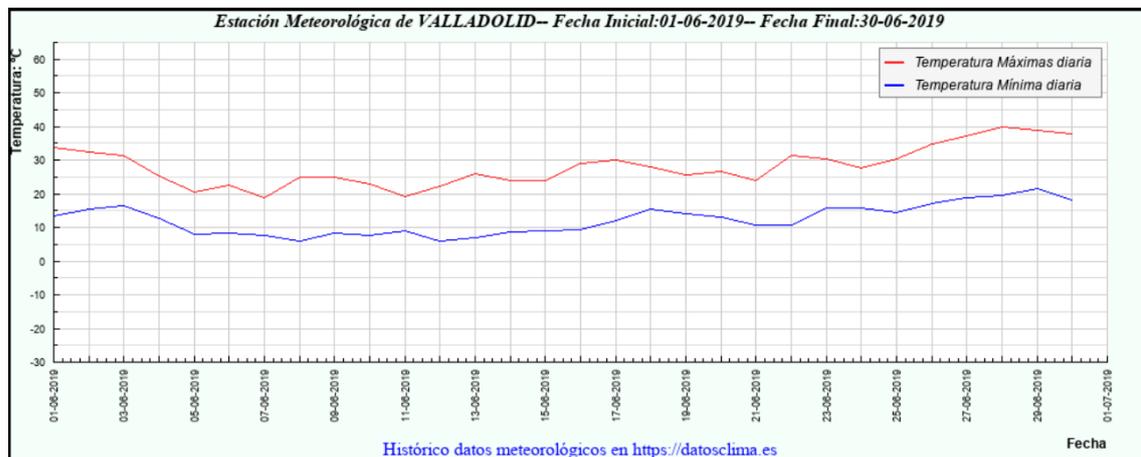
Por lo tanto, se tendrá 39,375 horas al mes en las que la temperatura sobrepasará los 24°C, horas en las que la cobertura de refrigeración será proporcionada por la YAZAKI ya que, según el estudio solar esta es capaz de generar frío durante 37,49 horas al mes. Es decir, el valor de consigna sería de 24°C.

## Junio

Según el estudio solar realizado, en el mes de junio se capta la energía suficiente para que funcione la YAZAKI durante:

Mes	Días	Horas/día	Horas/mes
Jun	22	2,18	47,96

Por lo tanto, hay que buscar la temperatura mínima para la cual, por encima de ella, solamente se den el número de horas al mes cercano al de horas que puede dar cobertura la máquina.



En la Figura anterior se ve la evolución de las temperaturas máximas y mínimas en el mes de junio de 2019.

Según el estudio realizado en el Excel, con los datos de las temperaturas se obtiene lo siguiente:

<b>Horas al mes con temperaturas mayores de: 30,5°C</b>
47,625 horas

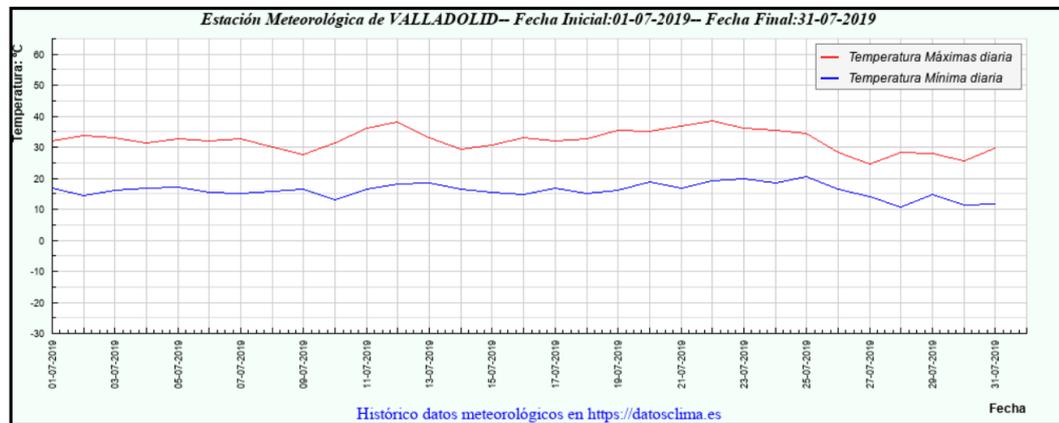
Por lo tanto, se tendrá 47,625 horas al mes en las que la temperatura sobrepasará los 30,5°C, horas en las que la cobertura de refrigeración será proporcionada por la YAZAKI ya que, según el estudio solar esta es capaz de generar frío durante 47,96 horas al mes. Es decir, el valor de consigna sería de 30,5°C.

## Julio

Según el estudio solar realizado, en el mes de julio se capta la energía suficiente para que funcione la YAZAKI durante:

Mes	Días	Horas/día	Horas/mes
Jul	23	3	69

Por lo tanto, hay que buscar la temperatura mínima para la cual, por encima de ella, solamente se den el número de horas al mes cercano al de horas que puede dar cobertura la máquina.



En la Figura anterior se ve la evolución de las temperaturas máximas y mínimas en el mes de julio de 2019.

Según el estudio realizado en el Excel, con los datos de las temperaturas se obtiene lo siguiente:

<b>Horas al mes con temperaturas mayores de: 31,15°C</b>
68,25 horas

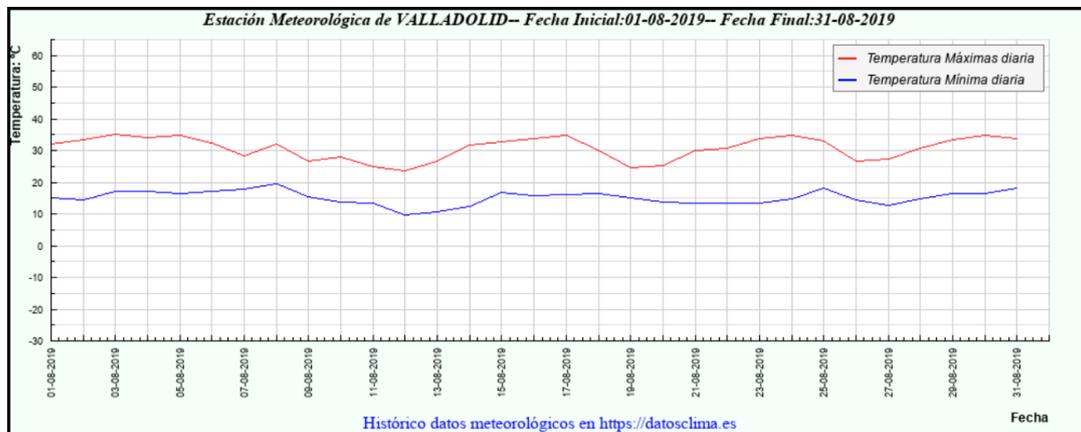
Por lo tanto, se tendrá 68,25 horas al mes en los que la temperatura sobrepasará los 31,15°C, horas en las que la cobertura de refrigeración será proporcionada por la YAZAKI ya que, según el estudio solar esta es capaz de generar frío durante 69 horas al mes. Es decir, el valor de consigna sería de 31,15°C.

Agosto

Según el estudio solar realizado, en el mes de agosto se capta la energía suficiente para que funcione la YAZAKI durante:

Mes	Días	Horas/día	Horas/mes
Ago	23	3,11	71,53

Por lo tanto, hay que buscar la temperatura mínima para la cual, por encima de ella, solamente se den el número de horas al mes cercano al de horas que puede dar cobertura la máquina.



En la Figura anterior se ve la evolución de las temperaturas máximas y mínimas en el mes de agosto de 2019.

Según el estudio realizado en el Excel, con los datos de las temperaturas se obtiene lo siguiente:

<b>Horas al mes con temperaturas mayores de: 30,3°C</b>
71,625 horas

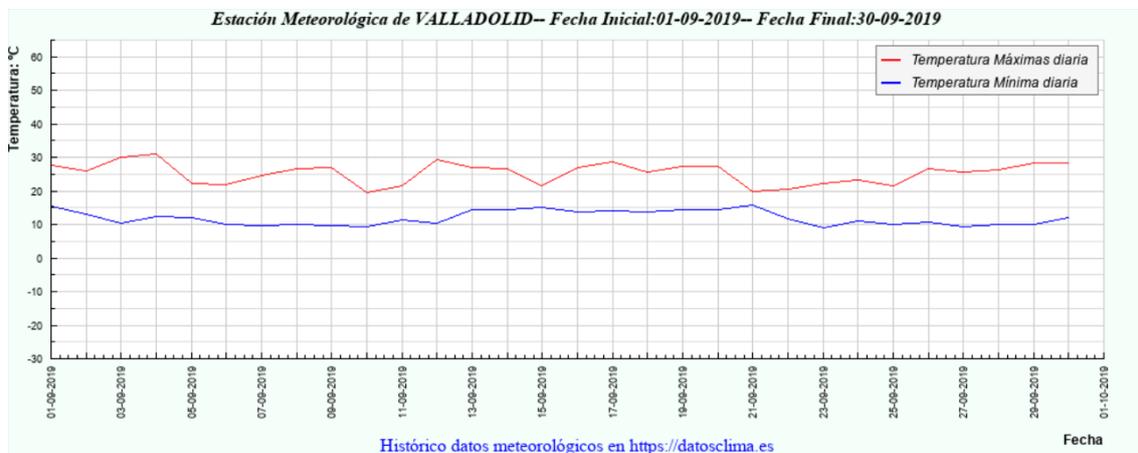
Por lo tanto, se tendrá 71,625 horas al mes en los que la temperatura sobrepasará los 30,3°C, horas en las que la cobertura de refrigeración será proporcionada por la YAZAKI ya que, según el estudio solar esta es capaz de generar frío durante 71,53 horas al mes. Es decir, el valor de consigna sería de 30,3°C.

## Septiembre

Según el estudio solar realizado, en el mes de septiembre se capta la energía suficiente para que funcione la YAZAKI durante:

Mes	Días	Horas/día	Horas/mes
Sep	22	2,7	59,4

Por lo tanto, hay que buscar la temperatura mínima para la cual, por encima de ella, solamente se den el número de horas al mes cercano al de horas que puede dar cobertura la máquina.



En la Figura anterior se ve la evolución de las temperaturas máximas y mínimas en el mes de septiembre de 2019.

Según el estudio realizado en el Excel, con los datos de las temperaturas se obtiene lo siguiente:

<b>Horas al mes con temperaturas mayores de: 25,2°C</b>
60 horas

Por lo tanto, se tendrá 60 horas al mes en los que la temperatura sobrepasará los 25,2°C, horas en las que la cobertura de refrigeración será proporcionada por la YAZAKI ya que, según el estudio solar esta es capaz de generar frío durante 59,4 horas al mes. Es decir, el valor de consigna sería de 25,2°C.



## Anexo 3. Catálogos

1. Catálogo colectores solares. GAMESA SOLAR, modelo 5000ST.
2. Catálogo depósito de absorción. MECALIA, modelo DPI/IBR/ES2.
3. Catálogo máquina de absorción. YAZAKI, modelo WFC SC10.
4. Catálogo torre de refrigeración. BAC, modelo VXI 9-3.

# Captador Solar Plano

## 5000ST

El nuevo captador solar plano 5000 ST obtiene un alto rendimiento gracias a su novedoso sistema de aislamiento transparente TIM en forma de panal de abeja, que reduce sensiblemente las pérdidas térmicas del captador. De esta forma se consigue una notable mejora de la curva de rendimiento, que permite su uso en nuevas aplicaciones con temperaturas de hasta 100°C (climatización, procesos industriales, etc.) logrando un alto rendimiento a un coste muy inferior al de otras tecnologías como la de tubo de vacío.

El captador solar plano 5000 ST se compone de un absorbedor con recubrimiento selectivo, fabricado mediante la tecnología de "sputtering", una de las más avanzadas y eficientes del mercado. Este proceso cuenta con la mejor valoración ecológica del sector.



## CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS



- Sistema de aislamiento transparente TIM, que reduce las pérdidas por el vidrio.
- Captador fabricado mediante tecnología "sputtering".
- 360° de contacto entre banda absorbente y los tubos de cobre.
- Emisión de sólo un 7% de radiación, minimizando las pérdidas térmicas.
- Absorción del 95% de la radiación solar recibida.
- Superficie de captación de 2,1 m<sup>2</sup>.
- Banda absorbente de aluminio, más ligero y ecológico.
- Caja de aluminio anodizado de alta resistencia a la corrosión.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

<b>Dimensiones</b>	<b>2120 x 1050 x 86,2 mm</b>
Área de apertura	2,1 m <sup>2</sup>
Peso en vacío	38 Kg
Capacidad de colector	1,85 l.

<b>Caja del captador</b>	<b>Aluminio anodizado</b>
--------------------------	---------------------------

<b>Cobertura transparente</b>	<b>Vidrio templado</b>
Transmisividad	89,80%
Espesor	4 mm

<b>Aislamiento térmico</b>	<b>Fibra de vidrio con film de aluminio</b>
Parte posterior	35 mm
Marcos laterales	15 mm

<b>Aislamiento Transparente bajo vidrio (TIM)</b>	
Material	Acetato de celulosa
Geometría	Panal de abeja
Espesor	15 mm

<b>Absorbedor selectivo</b>	
Recubrimiento absorbente	NiOx / Ni
Tratamiento de la superficie	Sputtering
Absortividad	95% (+-2)
Emisividad	7% (+-2)
Material de las bandas	Aluminio

<b>Tubos del absorbedor</b>	
Material	Cobre
Número de tubos	7
Diámetro externo/interno	12/10 mm
Unión por embutición entre tubos y banda absorbente	

<b>Tubos colectores</b>	
Material	Cobre
Diámetro Externo	22 mm

# Captador Solar Plano 5000ST

## RECOMENDACIONES DE USO

Número máximo de captadores conectados en paralelo: 6  
Presión máxima de trabajo: 6 bar

### Fluido caloportador

Climas en los que no sea necesario el uso de anticongelante	<b>Agua*</b>	100%
	Caudal recomendado	50 l/h/m <sup>2</sup>
	Caída de presión	10,5 mmca

\* Consultar parámetros de calidad del agua en el manual de instalación

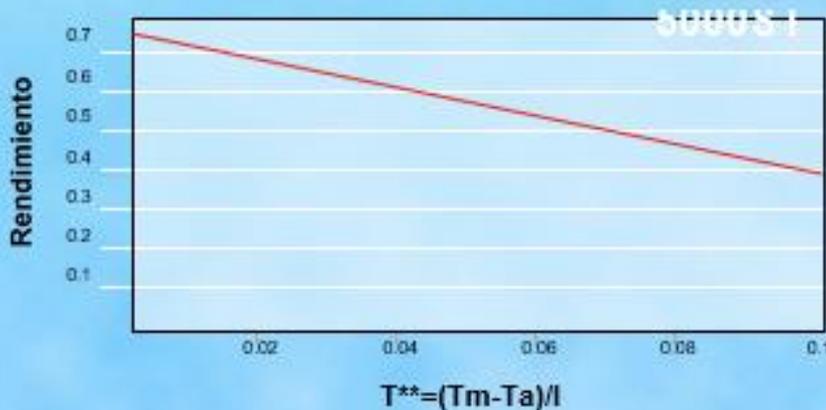
En caso de riesgo de heladas	<b>Agua + Glicol**</b>	70/30%
	Caudal recomendado	60 l/h/m <sup>2</sup>
	Caída de presión	15 mmca

\*\* Consultar la temperatura mínima histórica registrada en la zona.



## CURVA DE RENDIMIENTO DEL CAPTADOR 5000ST

5000ST según INTA: 0,7443-3,508T\*\*  
(curva equivalente en función de Te: 0,7291-3,438T\*)



Tm: Temperatura Media en el colector (°C)  
Ta: Temperatura Ambiente  
I: Irradiación solar instantánea (W/m<sup>2</sup>)  
Te: Temperatura de entrada al colector (°C)



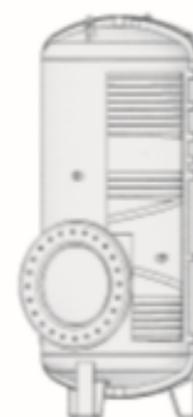
Garantía captador: 8 años.  
Los datos contenidos en esta ficha técnica pueden estar sujetos a cambios sin previo aviso por parte de Gamesa Solar.



## INTERACUMULADOR DOBLE SERPENTÍN ESPIRAL INOX-316 316 STAINLESS STEEL DOUBLE COIL STORAGE TANK

ENERGÍA SOLAR Y CALDERA / SOLAR ENERGY AND BOILER

REFERENCIA/ REFERENCE	MODELO/ MODEL	CAPACIDAD/ CAPACITY (Litros / Litres)	DIMENSIONES/ DIMENSIONS (mm)	P.V.P. / PRICE (€)		
				6 bar	8 bar	10 bar
<b>INSTALACIÓN SUELO SIN BOCA DE REGISTRO/ INSTALLATION ON THE FLOOR WITHOUT MANHOLE</b>						
03733	DPI/I/ES2	200	Ø - 520 H - 1.513	1.307		
02636	DPI/I/ES2			1.343		
03404	DPI/I/ES2			1.400		
03734	DPI/I/ES2	300	Ø - 560 H - 1.886	1.773		
02637	DPI/I/ES2			1.954		
03405	DPI/I/ES2			2.106		
03736	DPI/I/ES2	500	Ø - 670 H - 1.934	2.301		
02638	DPI/I/ES2			2.548		
03406	DPI/I/ES2			2.746		
03737	DPI/I/ES2	750	Ø - 930 H - 1.838	3.716		
02639	DPI/I/ES2			3.775		
03407	DPI/I/ES2			4.198		
<b>OPCIONAL / OPTIONAL</b>		<b>BOCAS DE REGISTRO / MANHOLES</b>				
MODELO / MODEL		DN-150	DN-200	DN-250	DN-400	
REFERENCIA / REFERENCE		02938	00973	00974	06349	
P.V.P./PRICE (€)		367	620	634	898	
<b>INSTALACIÓN SUELO CON BOCA DN-400 CTE: Secc. HE 4 Art. 3.4.2 ACUMULADORES/ INSTALLATION ON THE FLOOR WITH MANHOLE ND-400 CTE: SECT. HE4 ART.3.4.2</b>						
05852	DPI/IBR/ES2	1.000	Ø - 930 H - 2.088	4.847		
05858	DPI/IBR/ES2			5.227		
05864	DPI/IBR/ES2			5.635		
05853	DPI/IBR/ES2	1.500	Ø - 1.280 H - 1.834	7.315		
05859	DPI/IBR/ES2			7.958		
05865	DPI/IBR/ES2			8.409		
05854	DPI/IBR/ES2	2.000	Ø - 1.280 H - 2.334	8.124		
05860	DPI/IBR/ES2			9.210		
05866	DPI/IBR/ES2			9.660		
05855	DPI/IBR/ES2	3.000	Ø - 1.510 H - 2.484	11.965		
05861	DPI/IBR/ES2			14.183		
05867	DPI/IBR/ES2			16.808		
05856	DPI/IBR/ES2	4.000	Ø - 1.910 H - 2.183	15.307		
05862	DPI/IBR/ES2			18.165		
05868	DPI/IBR/ES2			18.821		
05857	DPI/IBR/ES2	5.000	Ø - 1.910 H - 2.683	17.722		
05863	DPI/IBR/ES2			20.486		
05869	DPI/IBR/ES2			21.589		



\* TODOS LOS MODELOS "BR" INCLUYEN LA BOCA DE REGISTRO DN-400 AISLADA/ ALL MODELS "BR" WITH INSULATED MANHOLE ND-400 INCLUDED

## DEPÓSITO DE INERCIA CARBONO SERPENTÍN ESPIRAL CARBON STEEL BUFFER TANK WITH SPIRAL COIL

ENERGÍA SOLAR / SOLAR ENERGY

REFERENCIA/ REFERENCE	MODELO/ MODEL	CAPACIDAD/ CAPACITY (Litros / Litres)	DIMENSIONES/ DIMENSIONS (mm)	P.V.P. / PRICE (€)
				6 bar
<b>INSTALACIÓN EN SUELO / INSTALLATION ON THE FLOOR</b>				
04932	DPAC/DI/ES	500	Ø-670 H-1.921	1.474
04933	DPAC/DI/ES	750	Ø-930 H-1.828	2.112
04934	DPAC/DI/ES	1.000	Ø-930 H-2.078	2.361
04935	DPAC/DI/ES	1.500	Ø-1.280 H-1.841	3.321
04936	DPAC/DI/ES	2.000	Ø-1.280 H-2.341	3.868
04937	DPAC/DI/ES	2.500	Ø-1.510 H-1.971	4.571
04938	DPAC/DI/ES	3.000	Ø-1.510 H-2.471	5.078
05281	DPAC/DI/ES	4.000	Ø-1.910 H-2.190	7.253
<b>OPCIONAL/ OPTIONAL</b>	(06348) BOCA DE REGISTRO DN-400/ MANHOLE DN-400			451



## PLANTAS ENFRIADORAS DE AGUA POR CICLO DE ABSORCIÓN

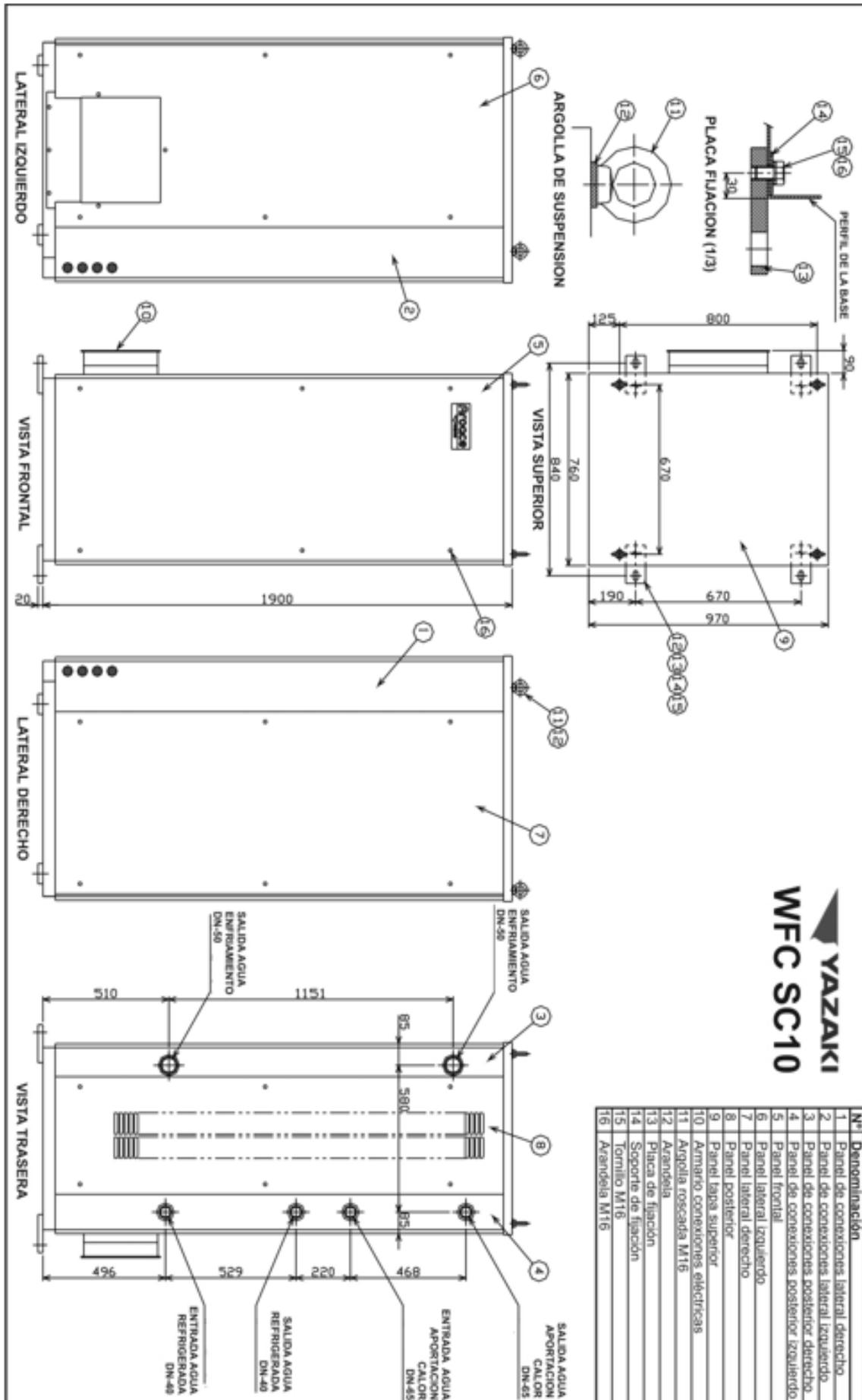
### TABLA ESPECIFICACIONES UNIDADES POR AGUA CALIENTE



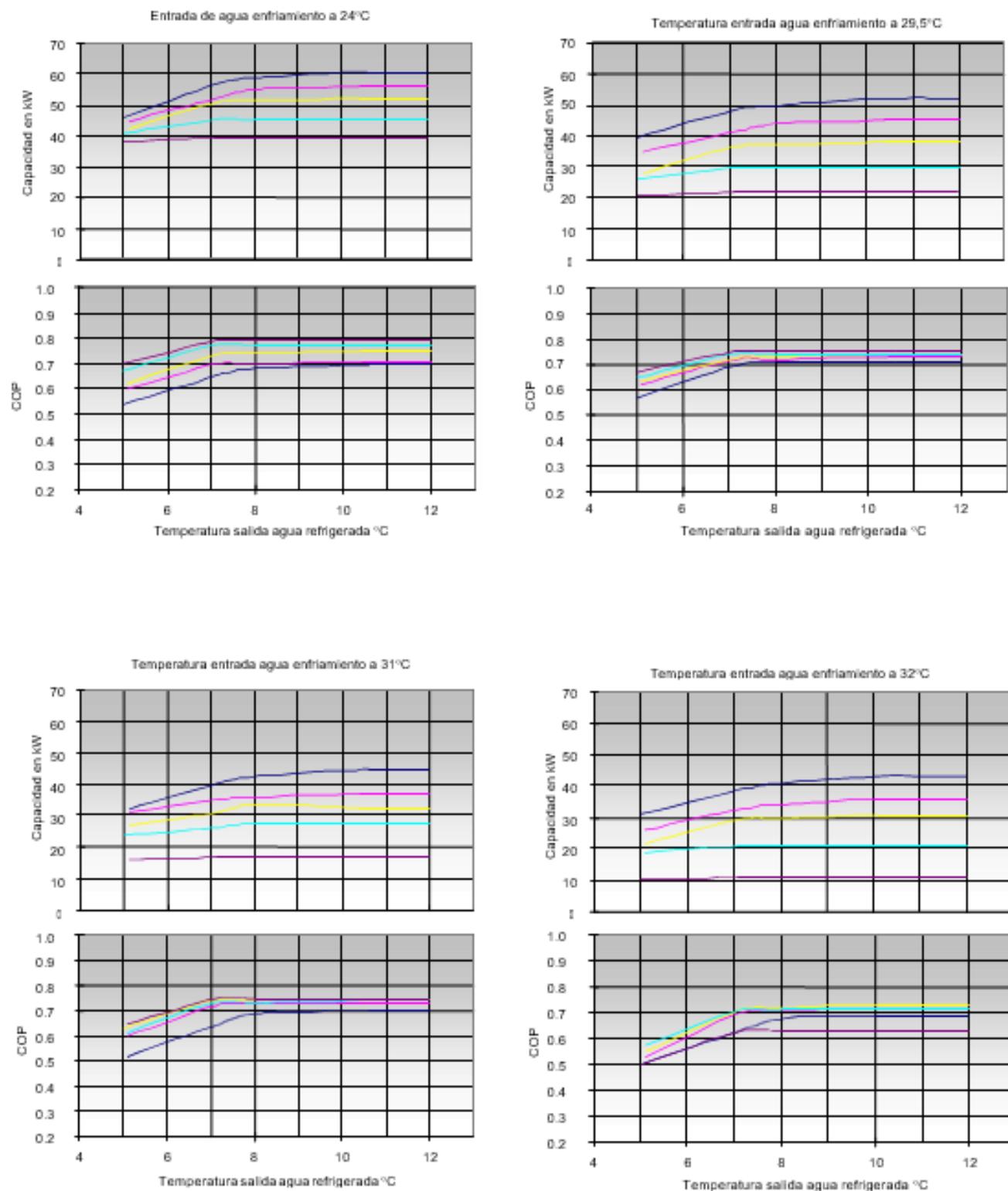
			Unidad de medida	MODELOS				
				WFC SC5	WFC-SC10	WFC-SC20	WFC-SC30	WFC-SC50
<b>Capacidad frigorífica</b>			<b>kW</b>	<b>17,6</b>	<b>35,2</b>	<b>70,3</b>	<b>105,0</b>	<b>176,0</b>
Agua refrigerada	Temperatura agua refrigerada	entrada	°C	12,5				
		salida	°C	7,0				
	Pérdida de carga evaporador		kPa	58	51,0	59,8	60,8	35,9
	Presión estática máxima		kPa	588				
	Caudal de agua		l/s	0,77	1,53	3,06	4,58	7,64
	Volumen de agua contenido		l	8	17	47	73	120
Agua de enfriamiento para disipación calor	Calor a disipar		kW	42,7	85,4	171,0	256,0	428,0
	Temperatura	entrada	°C	31,0				
		salida	°C	35,0				
	Pérdida de carga absorbi/cond.		kPa	41	85,3	45,3	46,4	37,4
	Factor ensuciamiento		kW/h/K/m <sup>2</sup>	0,088				
	Presión estática máxima		kPa	588				
	Caudal de agua		l/s	2,5	5,1	10,2	15,3	25,6
	Volumen de agua contenido		l	37	66	125	194	335
Energía en forma de agua caliente al generador	Potencia calorífica a la entrada		kW	25,1	50,2	100,0	151,0	252,0
	Temperatura	entrada	°C	88,0				
		salida	°C	83,0				
		rango	°C	70 ~ 95				
	Pérdida de carga en generador		kPa	88	90,4	46,4	60,4	86,7
	Presión estática máxima		kPa	588				
	Caudal de agua		l/s	1,2	2,4	4,8	7,2	12,0
Volumen de agua contenido		l	10	21	54	84	170	
Electricidad	Potencia suministro			Mono 220V		380V c.a. - III - 50Hz		
	Consumo		W	48	210	260	310	550
	Intensidad		A	0,23	0,43	0,92	1,25	4,74
Control	Refrigeración			Todo - nada				
Dimensiones	Ancho		mm	594	760	1.060	1.380	1.780
	Fondo		mm	744	970	1.220	1.520	1.960
	Alto (incluidas placas fijación)		mm	1736	1.920	2.030	2.085	2.135
Peso	En vacío		kg	385	500	930	1.450	2.400
	En carga		kg		600	1.155	1.800	3.025
Acústica	Nivel sonoro		dB(A)		48	49	52	54
Sección tubos agua	Agua refrigerada			DN-32	DN-40	DN-50		DN-80
	Agua enfriamiento (torre)			DN-40	DN-50		DN 65	DN-80
	Agua caliente generador			DN-40		DN-50	DN-65	DN-80

**Envoltente y acabado exterior:** Envoltente de chapa galvanizada y pintada en caliente de color metalizado plata, resistente al agua e instalable tanto en el interior como en el exterior.

## MEDIDAS EXTERIORES Y POSICIÓN DE LAS CONEXIONES DEL MODELO WFC SC10



## WFC SC10 – CAPACIDAD DE REFRIGERACIÓN Y COP EN FUNCIÓN DE LAS TEMPERATURAS DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO, DEL AGUA CALIENTE Y DEL AGUA REFRIGERADA



Temperatura de entrada del agua caliente al generador

— 95° C — 88° C — 85° C — 80° C — 75° C



Modelo	Peso (kg)			Dimensiones (mm)			Caudal de aire (m <sup>3</sup> /h)	Motor del ventilador (kW)	Caudal de agua (l/h)	Motor de la bomba (kW)	Volumen de batería (l)
	Peso en funcionamiento (kg)	Peso de expedición (kg)	Sección más pesada batería (kg)	L	W	H					
VXI 9-1	780	670	660	914	1207	2245	2.3	(1x) 1.5	2.2	(1x) 0.25	(1x) 75
VXI 9-2	870	760	480	914	1207	2467	2.2	(1x) 1.5	2.2	(1x) 0.25	(1x) 95
VXI 9-3	980	830	540	914	1207	2683	2.5	(1x) 2.2	2.2	(1x) 0.25	(1x) 115
VXI 18-0	1120	920	920	1829	1207	2035	4.6	(1x) 4.0	4.7	(1x) 0.37	(1x) 98
VXI 18-1	1270	1030	1030	1829	1207	2245	5.0	(1x) 4.0	4.7	(1x) 0.37	(1x) 140
VXI 18-2	1440	1160	700	1829	1207	2467	4.8	(1x) 4.0	4.7	(1x) 0.37	(1x) 182
VXI 18-3	1650	1330	860	1829	1207	2683	5.5	(1x) 5.5	4.7	(1x) 0.37	(1x) 224
VXI 27-1	1760	1320	1320	2737	1207	2343	7.6	(1x) 5.5	7.1	(1x) 0.75	(1x) 205
VXI 27-2	1990	1500	1000	2737	1207	2578	6.8	(1x) 5.5	7.1	(1x) 0.75	(1x) 269
VXI 27-3	2300	1730	1200	2737	1207	2813	7.1	(1x) 7.5	7.1	(1x) 0.75	(1x) 333
VXI 36-2	2300	1800	1200	3658	1207	2578	10.4	(1x) 7.5	9.5	(1x) 0.75	(1x) 356
VXI 36-3	2850	2080	1440	3658	1207	2813	10.9	(1x) 11.0	9.5	(1x) 0.75	(1x) 442



## Anexo 4. Documento de notificación de alta de la torre de refrigeración

DOCUMENTO DE NOTIFICACIÓN DE ALTAS Y BAJAS DE TORRES DE REFRIGERACIÓN  
Y/O CONDENSADORES EVAPORATIVOS

## OBJETO NOTIFICACIÓN

 Alta de funcionamiento Baja de funcionamiento

## DATOS DEL FIRMANTE/REPRESENTANTE (EN SU CASO)

DNI/NIE	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido
Calidad de representación (en caso de ser representante):			

## DATOS DEL TITULAR

DNI/NIE	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido
Provincia	Municipio	Localidad	
Dirección			Código Postal
Correo electrónico	Confirmar correo electrónico		Teléfono

## DATOS DEL INSTALADOR

N.I.F.	Nombre/ Razón Social		
Provincia	Municipio	Localidad	
Dirección			Código Postal
Correo electrónico	Confirmar correo electrónico		Teléfono

## UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS

Provincia	Municipio	Localidad		
Dirección			Código Postal	
Teléfono	Altura (en metros)	Distancia en horizontal a la vía pública (en metros)	Distancia a tomas de aire (en metros)	Distancia a ventanas (en metros)
Descripción de la ubicación				

1.

 TORRE DE REFRIGERACIÓN CONDENSADOR EVAPORATIVO

Tipo	Marca Modelo	Nº de serie	Fecha instalación (dd/mm/aaaa)	Fecha reforma (dd/mm/aaaa)
Régimen de funcionamiento	Horas/día de funcionamiento	Captación del agua	Si la captación es Suministro Propio	Depósito <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Descripción de la ubicación (En caso de que exista Depósito)				
Fecha de cese definitivo de la actividad de la instalación (si procede): (dd/mm/aaaa)				

2.

 TORRE DE REFRIGERACIÓN CONDENSADOR EVAPORATIVO

Tipo	Marca Modelo	Nº de serie	Fecha instalación (dd/mm/aaaa)	Fecha reforma (dd/mm/aaaa)
Régimen de funcionamiento	Horas/día de funcionamiento	Captación del agua	Si la captación es Suministro Propio	Depósito <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Descripción de la ubicación (En caso de que exista Depósito)				
Fecha de cese definitivo de la actividad de la instalación (si procede): (dd/mm/aaaa)				

3.

 TORRE DE REFRIGERACIÓN CONDENSADOR EVAPORATIVO

Tipo	Marca Modelo	Nº de serie	Fecha instalación (dd/mm/aaaa)	Fecha reforma (dd/mm/aaaa)
Régimen de funcionamiento	Horas/día de funcionamiento	Captación del agua	Si la captación es Suministro Propio	Depósito <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Descripción de la ubicación (En caso de que exista Depósito)				
Fecha de cese definitivo de la actividad de la instalación (si procede): (dd/mm/aaaa)				



4*.					<input checked="" type="checkbox"/> TORRE DE REFRIGERACIÓN		<input type="checkbox"/> CONDENSADOR EVAPORATIVO	
Tipo		Marca Modelo		Nº de serie		Fecha instalación (dd/mm/aaaa)		Fecha reforma (dd/mm/aaaa)
Régimen de funcionamiento		Horas/día de funcionamiento		Captación del agua		Si la captación es Suministro Propio		Depósito <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Descripción de la ubicación (En caso de que exista Depósito)								
Fecha de cese definitivo de la actividad de la instalación (si procede):						(dd/mm/aaaa)		

\* En caso de notificar más de cuatro equipos, cumplimentar los formularios necesarios

<sup>(1)</sup> Funcionamiento sin interrupción.

<sup>(2)</sup> Funcionamiento coincidente con los cambios estacionales (primavera-verano).

<sup>(3)</sup> Periódico con paradas de más de una semana.

<sup>(4)</sup> Que no sigue ninguna norma en su funcionamiento.

En cumplimiento del REGLAMENTO (UE) 2016/679 (RGPD) los datos personales contenidos en este formulario y en la documentación adjunta serán tratados con el fin de tramitar su solicitud; el responsable del tratamiento es la Dirección General de Salud Pública ante la que puede ejercer los derechos establecidos en los art. 15 a 22 del RGPD. Puede consultar la información adicional sobre el tratamiento de sus datos accediendo al [Portal de Transparencia](#)

Para cualquier consulta relacionada con la materia del procedimiento puede dirigirse al teléfono de información administrativa 012 (983 327 850)

El abajo firmante DECLARA, bajo su responsabilidad, que son ciertos cuantos datos figuran en la presente notificación.

Firma\*\*:

\*\* Manuscrita sólo si no se tramita electrónicamente

**Enviar**