

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



PROYECTO FINAL DE GRADO

DISEÑO DE UNA INSTALACION SOLAR PARA LA PRODUCCION DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN UN CENTRO EDUCATIVO

AUTOR:

PABLO LORENTE HERRERO

DIRECTOR:

EMILIO NAVARRO PERIS

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERIA MECÁNICA

VALENCIA, FEBRERO 2017



RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Grado se centra en proyectar la instalación mediante captadores solares de un sistema de producción de agua caliente sanitaria para un centro educativo en Paiporta (Valencia).

Esta instalación de energía solar se verá auxiliada por una caldera de condensación de gas natural, que le ayudarán a abastecer la demanda total de A.C.S. del centro escolar. Para ello, en primer lugar deberemos estudiar las necesidades que presenta el centro escolar, para posteriormente conocer su demanda de A.C.S. y así poder proceder a su cálculo y su dimensionamiento.

Para proyectar correctamente toda la instalación, se estudia las características y tipologías de este tipo de obtención de energía y de todos los elementos que deberán formar parte de ella, así como sus ventajas e inconvenientes. Así tras calcular y dimensionar todos los elementos que forman parte del conjunto de la instalación de captadores solares y del sistema auxiliar, se escogerán modelos reales para cada uno de ellos.

Todo ello mediante el uso de diferentes herramientas informáticas necesarias, tanto de cálculo (como el programa Solar de la fundación ATECYR o el programa CHEQ-4 entre otros), como de programas de representación gráfica para realizar los planos, detalles y esquemas que requiere este proyecto.

Además se acompañará de un presupuesto real de la instalación utilizando precios actuales de una base de datos oficial como es la del Instituto Valenciano de la Edificación en su última versión.

De esta forma conseguiremos abastecer la mayor parte de la demanda de A.C.S. de este centro escolar de una manera más eficiente y con el uso de energías renovables. Siguiendo en todo momento, la normativa vigente que afecta al territorio en cuestión.

PALABRAS CLAVE: Captadores Solares, Energía Solar, Eficiencia Energética, Energías renovables, Instalación de ACS.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 INTRODUCCIÓN DEL TEMA DEL TRABAJO FIN DE GRADO	5
1.2 OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO	6
1.3 MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN	7
2. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN	8
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN DE ACS	9
2.2 TIPOLOGÍA DE INSTALACIONES SOLARES	11
2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN	15
2.3.1 Sistema de captación.....	15
2.3.2 Sistema de acumulación.....	16
2.3.3 Sistema de intercambio.....	17
2.3.4 Sistema de energía de apoyo	17
2.3.5 Sistema hidráulico	19
2.3.6 Sistema de expansión	20
2.4 REQUISITOS BÁSICOS DE LA INSTALACIÓN	21
2.4.1 Protección contra heladas.....	21
2.4.2 Protección contra sobrecalentamiento.....	21
2.4.3 Prevención Legionelosis	21
2.4.4 Resistencia a presión	23
2.4.5 Prevención de flujo inverso.....	23
2.4.6 Fluido de trabajo.....	23
2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN.....	25
3. DIMENSIONADO Y CÁLCULO	26
3.1 DATOS DE PARTIDA	27
3.1.1 Emplazamiento	27
3.1.2 Descripción del edificio.....	27
3.1.3 Datos climatográficos	27
3.2 DEMANDA DE ACS	29
3.3 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE ACS.....	33
3.4 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN.....	34
3.4.1 Orientación e inclinación de los captadores	34
3.4.2 Pérdidas por sombras.....	35



3.4.3 Selección del captador.....	39
3.4.4 Dimensionado mediante simulación en el programa solar de la fundación Atecyr, basado el método f-chart.....	40
3.4.5 Conexionado, distancia y montaje de los captadores.....	50
3.4.6 Protección contra sobrecalentamientos	51
3.5 FLUIDO DE TRABAJO.....	52
3.6 CÁLCULO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN	58
3.7 DIMENSIONADO DEL INTERCAMBIADOR PRIMARIO-SECUNDARIO.....	60
3.8 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE APOYO	63
3.8.1 Cálculo de la caldera de apoyo	63
3.8.2 Cálculo del intercambiador del circuito de apoyo.....	65
3.9 DIMENSIONADO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO	67
3.9.1 Cálculo del caudal por el sistema de tuberías	67
3.9.2 Cálculo de tuberías y pérdidas de carga	70
3.9.3 Dimensionado de las bombas.....	80
3.9.4 Dimensionado de los vasos de expansión	89
3.9.5 Aislamiento	93
3.9.6 Otros elementos.....	96
3.10 SISTEMA DE CONTROL.....	97
3.11 COMPROBACIÓN CUMPLIMIENTO CTE DB MEDIANTE EL CHEQ 4	98
4. PRESUPUESTO.....	106
5. CONCLUSIONES.....	118
6. BIBLIOGRAFÍA	120
7. INDICE DE FIGURAS.....	122
8. INDICE DE TABLAS.....	126

ANEXOS

-ANEXO I : PLANOS

-ANEXO II : CERTIFICADO CONFORMIDAD CHEQ4

-ANEXO III : CERTIFICACIÓN DEL CAPTADOR ESCOGIDO



1. INTRODUCCIÓN



1.1 INTRODUCCIÓN DEL TEMA DEL TRABAJO FIN DE GRADO

El presente proyecto pretende demostrar mediante un caso práctico la metodología utilizada para la implantación de un sistema de energía solar térmica.

En el caso de este proyecto, la instalación se lleva a cabo en un centro escolar ubicado en el municipio de Paiporta, lo que provocará ciertas casuísticas ligadas al tipo de demanda que requiere un centro de estas características.

1.2 OBJETO Y ALCANCE DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto es el superar el porcentaje mínimo de agua caliente sanitaria (en adelante ACS) suministrada mediante captadores solares, conforme dicta el Código Técnico de la edificación (en adelante CTE [1]) en su documento básico dedicado al ahorro energético (en adelante DB-HE [2]).

Tras explicar brevemente la mayoría de las tipologías de instalación solar actuales y describir los elementos que las componen, se comenzará con el cálculo propio de la instalación.

El proyecto abarcará desde el cálculo de la demanda energética hasta que el ACS llegue a todos los puntos de suministro en cuestión.

Se comenzará calculando la demanda para proseguir luego con la instalación foto térmica y por último se dimensionará todo el circuito hidráulico necesario para el suministro del ACS



1.3 MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La motivación para llevar a cabo este proyecto es debida a la concienciación cada vez mayor de la sociedad de la necesidad del desarrollo e implementación de sistemas de energías renovables como es la foto térmica.

Se decide acometer la instalación con este tipo de energía renovable y no con otra debido a que el CTE dicta que debe ser así, y por tanto es esta la energía renovable que se debe utilizar obligatoriamente a fecha de realización de este proyecto.

Existen otras energías renovables y cada día se mejoran los rendimientos de todas las energías renovables, lo que nos lleva a pensar que deben ser y probablemente sean el futuro de la mayoría de la demanda energética.

Se justifica por tanto este proyecto por la obligatoriedad del CTE de instalar un sistema de captadores solar para el apoyo de la demanda energética en los porcentajes que durante el proyecto se calcularán.



2. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

Una instalación típica de energía solar foto térmica, persigue el captar la radiación solar para después mediante una serie de intercambios, poder utilizarla para calentar Agua fría de red y distribuirla como ACS hacia los puntos de consumo.

La instalación cuenta con una serie de elementos como los captadores que son el elemento clave de la instalación y otros necesarios como depósitos valvulería, bombas y en general todo lo concerniente a circuitos hidráulicos.

Según la zona en la que se encuentre la instalación se obtendrán unos rendimientos superiores a otras, por lo que es muy importante conocer las características climatográficas de la zona.

La instalación solar de A.C.S. se destinará a usos sanitarios (baños, cocinas, vestuarios...), por tanto, dicha instalación deberá cumplir una serie de requisitos para que pueda ser apta para consumo humano, controlando incluso la aparición de posibles enfermedades y con especial cuidado, la legionela.



Ilustración 1. Imagen de captadores planos instalados, 2017, www.energiasrenovablesinfo.com

En la instalación se obtendrá energía térmica por medio de los captadores, estos captadores serán colocados de la manera más eficiente atendiendo a su ángulo de inclinación y orientación, así como a las posibles sombras).

En el interior de los captadores se obtiene la energía térmica gracias a la transmisión de calor, especialmente por radiación y, en menor medida, por convección.

La energía obtenida en los captadores se transportará a los intercambiadores, los cuales transmitirán esta energía al circuito secundario, donde se almacenará para su posterior uso.

La instalación se puede dividir en tres circuitos diferentes: el circuito primario, el circuito secundario y el circuito terciario o circuito de consumo.

Respecto al circuito primario, la función principal que desempeña es captar la energía térmica en los captadores solares y transmitirla al circuito secundario a través del intercambiador de calor.

El circuito secundario acumulará la energía térmica que se le ha transferido desde el primario y a su vez transmitirá esa energía térmica al circuito terciario. Por su parte, el circuito terciario o circuito de consumo, abarca la red de tuberías que distribuyen el agua caliente sanitaria a cada punto de consumo que tenga el edificio.

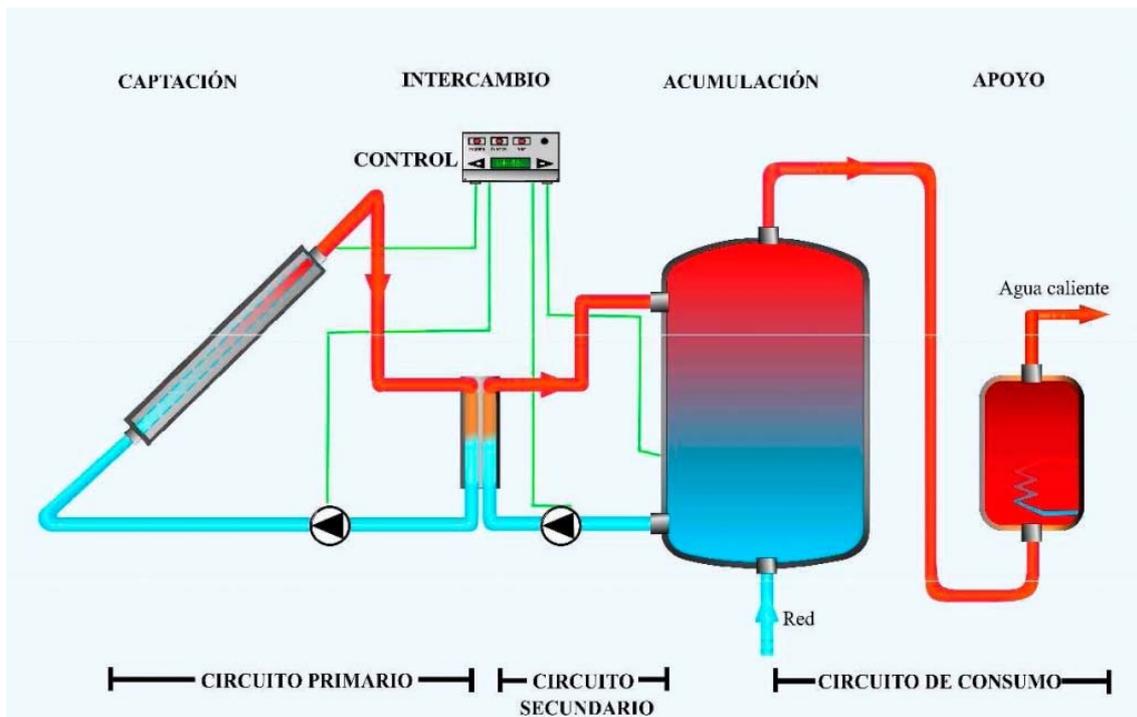


Ilustración 2. Circuitos de la instalación solar térmica para la obtención de ACS, 2017, www.energiasrenovablesinfo.com

2.2 TIPOLOGÍAS DE INSTALACIONES SOLARES

Podemos clasificar las instalaciones solares para la producción de A.C.S. atendiendo al tipo de generación de agua caliente o bien en función del tipo de circulación del fluido. En primer lugar nos referimos a los tipos de instalaciones según como se genera el agua caliente sanitaria:

INSTALACIONES DE CIRCUITO ABIERTO:

La transferencia térmica es directa.

En este tipo de instalación, el agua que posteriormente será consumida por los usuarios pasa directamente por los captadores. Por tanto, es un sistema que resulta más barato y resulta más eficiente energéticamente (por ser un intercambio directo).

Sin embargo, esta instalación presenta un gran número de inconvenientes como por ejemplo el empleo de materiales que nos aseguren que no se contaminará el agua de consumo, la posibilidad de congelación del agua en determinadas zonas geográficas, la posible vaporización del agua o el aumento del riesgo de corrosión del agua entre otros.

Actualmente el CTE prohíbe la instalación de este tipo de instalación por los problemas anteriormente citados

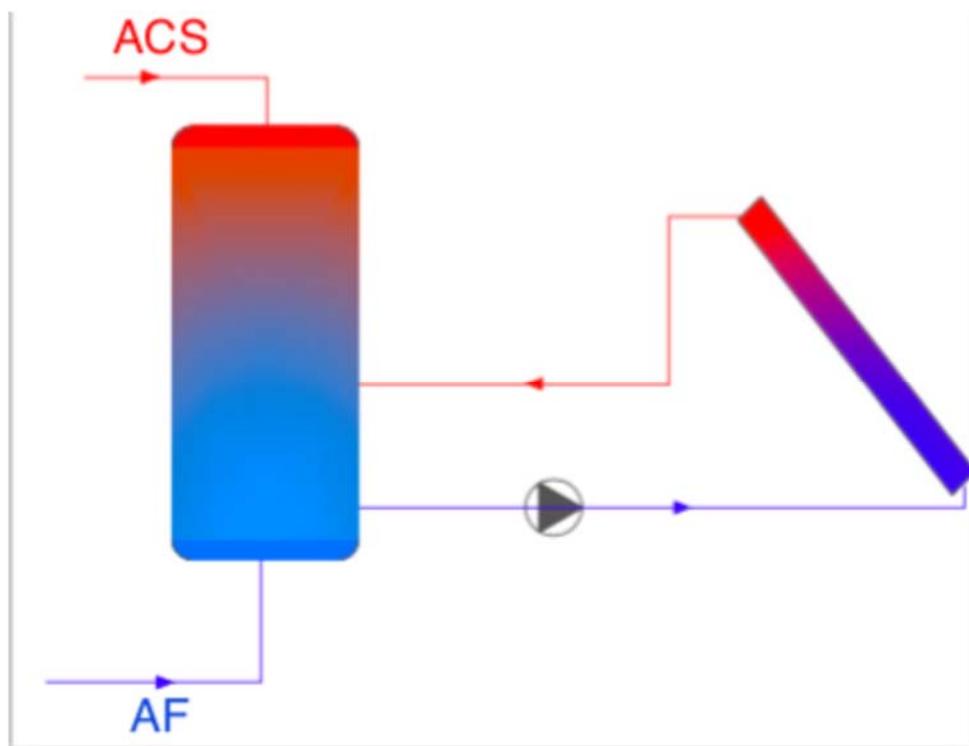


Ilustración 3. Instalación de circuito abierto, 2017, www.nergiza.com

INSTALACIONES DE CIRCUITO CERRADO:

La transferencia térmica es indirecta en este caso, ya que el agua que se consume no pasa por los colectores solares, sino que utilizamos un líquido (el fluido caloportador) que será el que absorba la energía de la radiación solar al recorrer el interior de los captadores solares a través de conductos.

Este líquido una vez ya caliente llega al intercambiador, y es en el interior del intercambiador donde se produce el intercambio de calor entre el circuito primario y el circuito secundario. En algunas ocasiones, en vez de usar un intercambiador externo se opta por un intercambiador dentro del propio acumulador, estos intercambiadores a menudo son de tipo serpentín.

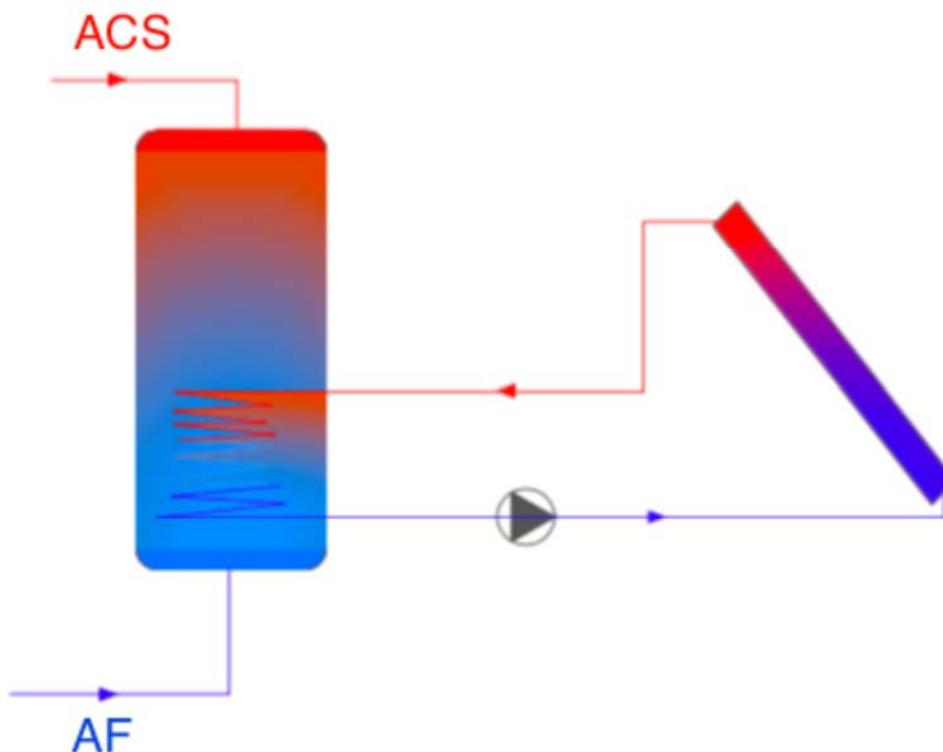


Ilustración 4. Instalación de circuito cerrado, 2017, www.nergiza.com

En segundo lugar, nos referimos al tipo de instalaciones en función del tipo de circulación del fluido. Siendo las siguientes:

INSTALACIONES DE CIRCULACIÓN NATURAL (TERMOSIFÓN)

Es un sistema termosifónico. Se coloca el depósito en un nivel superior a los colectores para que se pueda producir la convección debido a la diferencia de altura.

Para que el agua pueda desplazarse con normalidad esta diferencia de altura deberá ser de al menos 30cm.

Este sistema resulta más económico y simple en cuanto a su instalación. Además, conseguiremos reducir el consumo energético del edificio (no consume energía eléctrica).

En cuanto a los contras, cabe destacar que estéticamente resulta peor, ya que el depósito tiene que estar encima de los paneles (en la cubierta). Además, el rendimiento es un poco más reducido en este tipo de sistemas.

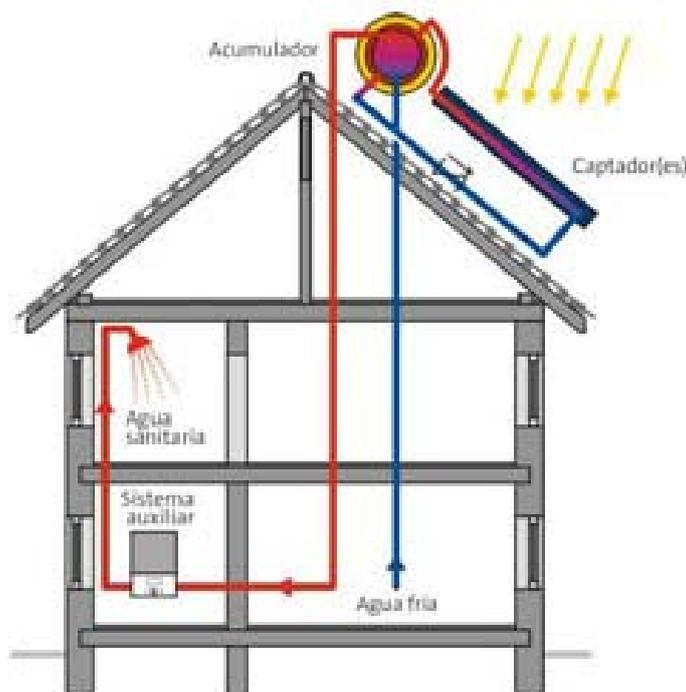


Ilustración 5. Esquema instalación de circulación natural, 2017, www.terra.org

INSTALACIONES DE CIRCULACIÓN FORZADA (CON ELECTROCIRCULADOR)

Es un sistema con electrocirculador. Cabe destacar como inconveniente que en este sistema es necesario disponer de energía eléctrica y es necesario controlar la circulación de los fluidos. Al estar colocado el intercambiador a menor altura que el colector es necesario que esté presente el electrocirculador.

Estéticamente resulta mejor en comparación con los sistemas de circulación natural y su rendimiento también es mayor ya que el fluido que gran parte de la instalación se encuentra dentro del edificio, lo que reduce las pérdidas por fuga de calor al ambiente.

Además, con este sistema le ahorramos peso a la cubierta del edificio, ya que podemos situar el acumulador en el interior de este. Otro factor muy importante a favor de este sistema es que produce una mayor cantidad ACS de la que producen los sistemas de circulación natural.

Sin embargo, la instalación resulta más costosa a nivel económico y también gastará más tras su instalación al necesitar energía eléctrica para su funcionamiento.

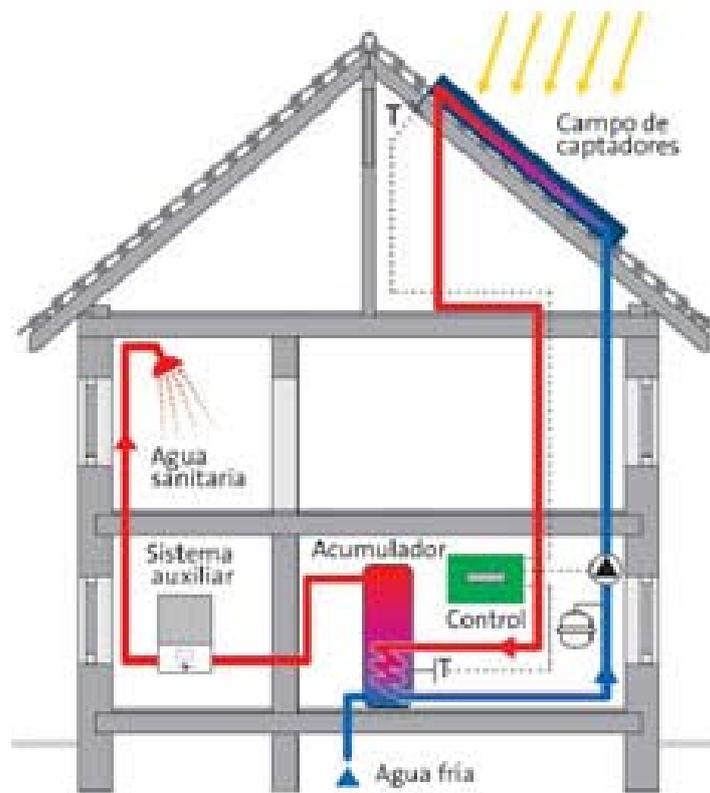


Ilustración 6. Esquema instalación de circulación forzada, 2017, www.terra.org

2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

Los componentes de una instalación solar térmica básicos para producir A.C.S. son los siguientes:

2.3.1 Sistema de captación

El sistema de captación está constituido por los colectores solares, a menudo se les denomina también como captadores solares o sencillamente placas solares, aunque este último término no es muy apropiado, ya que se podrían confundir fácilmente con las placas utilizadas para la obtención de energía fotovoltaica.

Como hemos explicado anteriormente, los colectores serán los encargados de absorber la radiación solar y transferir el calor adquirido a un fluido caloportador.

Hay más de un tipo de colectores, los más comunes en la gran mayoría de las instalaciones son los colectores planos, aunque cabe mencionar que también podemos encontrar en el mercado, los llamados colectores solares de vacío.

El colector solar plano se compone de una estructura contenedora, en el interior de la cual se instalan los tubos por los que pasará el fluido caloportador, estos se colocan de tal manera que la radiación incidida sobre ellos sea la mayor posible.

El captador contará también con sistemas de aislamiento para evitar pérdidas de energía térmica hacia el exterior.

La estructura contenedora del colector rodeará todo ese aislamiento y los tubos por donde circula el fluido caloportador y será la que sustente la tapa frontal del captador que será de vidrio templado.

El captador deberá ser totalmente estanco, para evitar más pérdidas de calor de las calculadas e irremediables.

La estructura será por norma general metálica, y cumplirá los requisitos exigidos en cuanto a propiedades físicas y mecánicas para asegurar una buena durabilidad de la instalación ante agentes externos, meteorología, etc.

El vidrio templado debe estar preparado para resistir impactos y a las variaciones de temperatura entre el interior y el exterior.

Para poder calcular de manera óptima la instalación hay que tener en cuenta y estudiar la inclinación que tendrán las placas respecto a la base dónde irán sujetas, al igual que habrá que estudiar la orientación que tendrán, ya que para cada instalación será diferente en función de su ubicación, altura, etc.

Podremos calcular la instalación colocando los captadores solares de diferentes formas, a saber: en serie, en paralelo o en posición mixta.

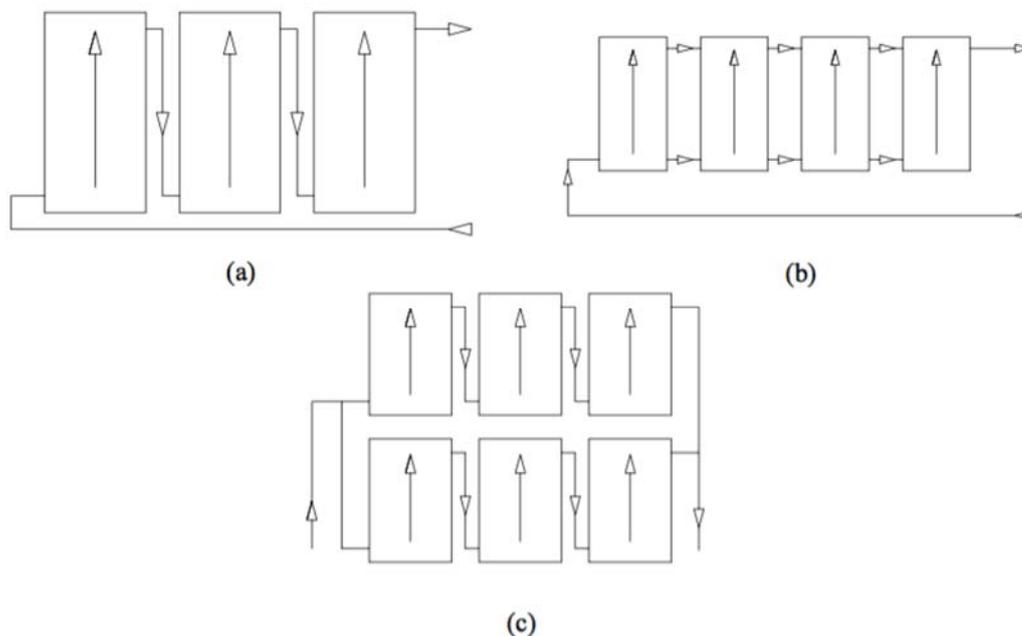


Ilustración 7 Tipo de conexión de los captadores solares. A) En serie; B) En paralelo; C) Mixto; 2017, CTE

2.3.2 Sistema de acumulación

El acumulador es ya parte del circuito secundario.

En fluido que contiene el acumulador es agua potable.

Este acumulador almacenará el agua caliente para que pueda hacerse uso de ella en cualquier momento de la jornada, sin embargo, por lo general, no se distribuirá desde él el agua, si no que desde el acumulador se distribuirá el agua a un segundo depósito donde toda el agua se mantendrá a la temperatura de consumo gracias al sistema de apoyo del que hablaremos posteriormente.

En cuanto al número de acumuladores dependerá del tamaño de la instalación y del volumen de agua que haya que tener dispuesta para el servicio, por norma general se intenta instalar un único acumulador ya que es la opción más eficiente, no obstante, si la arquitectura del edificio no lo permite, o el volumen es muy grande, se podrá instalar más de uno.

Una de las características más importantes del acumulador es la esbeltez del mismo, debido a que el acumulador estará conectado a tuberías superiores por las que saldrá el agua caliente, e inferiores por las que entrará el agua fría.

Cuanto más esbelto sea el depósito, mejor estratificación se conseguirá, favoreciendo la diferencia de temperaturas entre la parte superior y la inferior, lo que aumentará el rendimiento de la instalación.

2.3.3 Sistema de intercambio

Como se ha explicado anteriormente, en nuestra instalación dispondremos de un intercambiador de calor. Este será el que se encargue de transferir la energía del fluido caloportador al agua de consumo.

La energía transferida del fluido caloportador al agua se realiza manteniéndose separados, es decir, dentro del intercambiador de calor se transferirá la energía térmica sin que los fluidos entren en contacto en ningún momento.

Este intercambiador de resulta el nexo entre el circuito secundario del circuito primario.

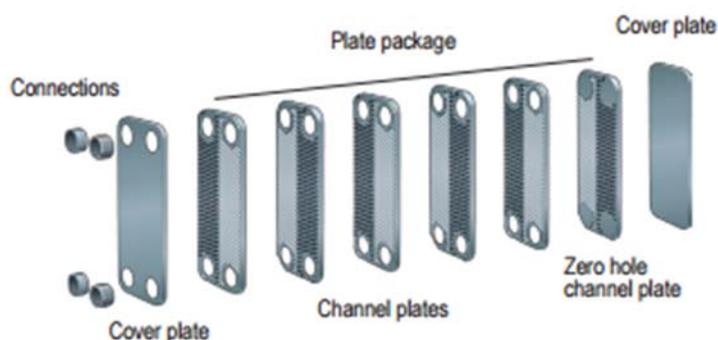


Ilustración 8. Imagen del despiece de un intercambiador de calor, 2017, www.swep.com



Ilustración 9. . Imagen de un intercambiador de calor, 2017, Catálogo Swep

2.3.4 Sistema de energía de apoyo

En prácticamente todas las instalaciones de ACS son aporte solar, es necesaria la instalación de un sistema de energía de apoyo que pueda producir el resto de demanda del edificio que no llega a abastecer el sistema de captadores.

Este sistema de apoyo estará conectado al depósito que se instala tras el acumulador, este depósito suele contar un intercambiador interior de tipo serpentín para transferir la energía producida en el sistema de apoyo, al ACS, aunque en ocasiones se coloca un intercambiador externo de placas.

En algunas instalaciones de poca demanda, el sistema de apoyo se instala directamente en serie con la salida de agua del acumulador, y así calienta el agua de salida hasta la temperatura de consumo, el problema de este tipo de sistema es que en una instalación de gran consumo se producirían una cantidad enorme de encendidos y apagados, lo que no es eficiente y a su vez perjudica al equipo.

El sistema de apoyo, habitualmente es una caldera de gas natural o propano, aunque se podría tratar también de una caldera de efecto Joule, pero es menos eficiente.

Actualmente se suelen instalar calderas de condensación, ya que el calor de los gases de escape colabora en el calentamiento del ACS.

La caldera funcionará cuando lo requiera la demanda, ya que cuenta con un sistema de control. Se tendrá en cuenta la temperatura del agua de consumo que se genere y almacene para que cumpla con la norma.

En las siguientes figuras se puede ver un dibujo en sección de una caldera de condensación de la marca Wolf Ibérica.

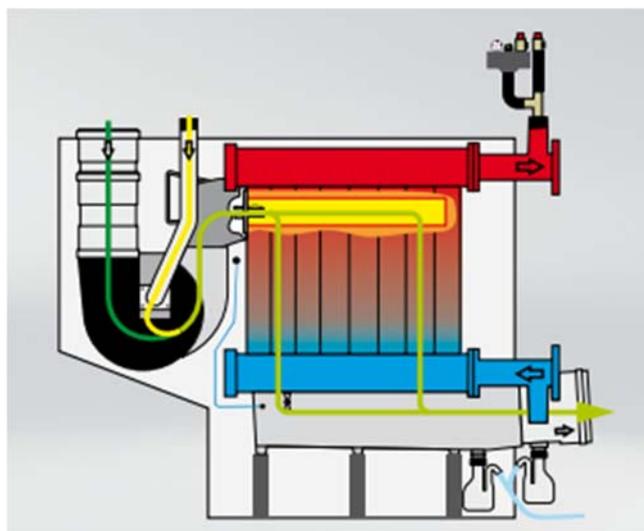


Ilustración 10. Sección vertical de una caldera de condensación, 2017, Catálogo Wolf Ibérica



Ilustración 11. Caldera de condensación, 2017, Catálogo Wolf Ibérica

2.3.5 Sistema hidráulico

Esta parte de la instalación está formada por la combinación que existe entre bombas, tuberías y accesorios. Este grupo se encargará de mover el fluido a través de los distintos elementos de nuestra instalación.

Los accesorios de todo el sistema hidráulico de la instalación, permitirán operaciones de mantenimiento y a su vez protegerán la misma mediante válvulas de seguridad, purgadores, etc.

Las bombas son un punto indispensable en nuestra instalación.

Las bombas serán las que permitan que los fluidos puedan recircular venciendo todas las pérdidas de carga.

A continuación, se muestra un plano de una posible sala de máquinas y una de las instalaciones típicas de bombas.

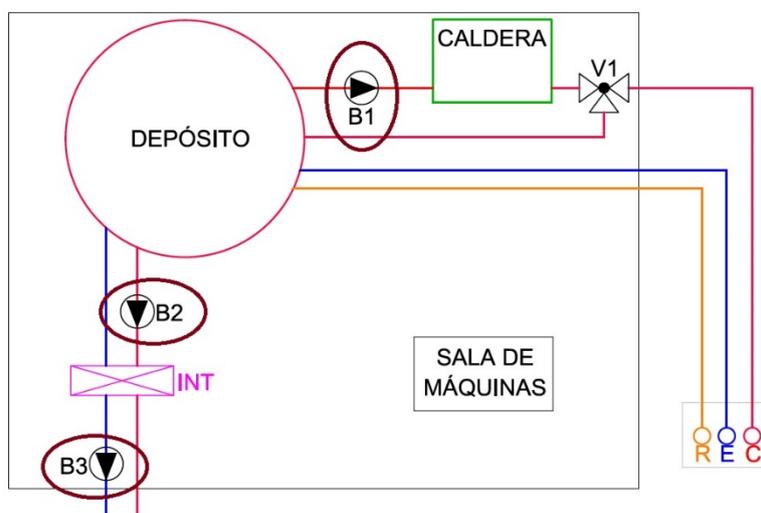


Ilustración 12. Ubicación típica de bombas en una instalación de ACS, 2017, fuente propia



2.3.6 Sistema de expansión

El sistema de expansión esta constituido por la instalación de vasos de expansión

Los vasos de expansión son necesarios en cualquier instalación con fluidos en circuito cerrado.

Estos vasos de expansión son necesarios ya que los fluidos se expanden o contraen en función de las temperaturas que se alcanzan en el interior de las tuberías de la instalación.

Los vasos de expansión absorben el fluido expansionado o aportan fluido cuando este se ha comprimido, compensando siempre las presiones y volúmenes de la instalación, actuando como sistema de seguridad.

Además, si la instalación sufriera algún tipo de interrupción, sería gracias a estos vasos que la instalación podría volver a su funcionamiento normal.

2.4 REQUISITOS BÁSICOS DE LA INSTALACIÓN

2.4.1 Protección contra heladas

En períodos muy fríos o cuando no tengamos sol y la temperatura baje considerablemente hay que tener en cuenta las prescripciones del fabricante para evitar las heladas. Debemos seleccionar todos los elementos atendiendo entre otros factores a esta posibilidad de heladas.

También podemos apoyarnos en las recomendaciones que da el Instituto para la diversificación y ahorro de energía (en adelante IDAE [3]).

Algunos de los factores que nos marca este Instituto son los siguientes:

- Utilizar fluidos anticongelantes.
- Para evitar la congelación, recircular el agua por los circuitos (aprovechando la energía térmica recaudada).
- Diseñar la instalación de modo que pueda recuperarse el fluido mediante un drenaje automático.

2.4.2 Protección contra sobrecalentamientos

En determinados momentos del año puede producirse que la demanda de ACS sea inferior o incluso nula, y por tanto habría un excedente de energía.

Debido a este excedente, los elementos que forman parte de la instalación solar podrían alcanzar temperaturas superiores a las recomendadas por sus fabricantes, lo que conllevaría una degradación prematura e incluso la rotura de algún componente.

Algunos de los métodos recomendados por el IDAE para evitar riesgos por sobrecalentamientos son:

- Cubrir algunos de los captadores solares para disminuir el aporte de radiación solar a la instalación.
- Vaciar parte del fluido caloportante que circula por la instalación (aunque es menos recomendable por un posible daño que pueden sufrir los captadores al calentarse demasiado, por lo que se dejaría para casos extremadamente necesarios).
- Podremos también utilizar la energía en forma de calor que nos sobra para otras aplicaciones, aunque para ello el edificio debería tener otros requerimientos energéticos a los que pudiera adaptarse nuestra energía térmica.

2.4.3 Prevención de la legionelosis

La legionelosis es una bacteria que produce en el ser humano fiebres y problemas intestinales.

Las instalaciones de ACS se incluyen en las de mayor riesgo cuando disponen de acumulación y recirculación, y son de menor riesgo cuando no disponen de circuito de



retorno.

Para evitar la aparición y reproducción de esta bacteria, acudimos a los criterios de diseño que se describen en el artículo 7 del REAL DECRETO 865/2003 y se citan a continuación:

- Se debe garantizar la estanqueidad de las instalaciones, evitando los estancamientos y previendo los suficientes puntos de purga que permitan vaciar totalmente las instalaciones.
- En el aporte de agua al sistema se dispondrán filtros según la norma UNE-EN 13.443-1, para partículas comprendidas entre 80 y 150 μm
- Todos los equipos serán fácilmente accesibles.
- Se utilizarán materiales capaces de resistir las desinfecciones (por temperatura, cloro u otros elementos), evitando utilizar aquellos que favorezcan la creación de la biocapa.
- La temperatura del agua fría se mantendrá por debajo de los 20 °C, si lo permiten las condiciones climáticas, por lo que las tuberías dispondrán del correspondiente aislamiento térmico y se separaran de los focos y tuberías calientes.
- Cuando se utilicen depósitos de agua fría los mismos dispondrán de una cubierta impermeable que ajuste perfectamente y permita el acceso al interior. Si se encuentran en el exterior se aislarán térmicamente.
- El agua de los acumuladores de ACS anteriores al consumo tendrá una temperatura homogénea, se evitará su enfriamiento en zonas interiores.
- Se dispondrán sistemas de válvulas de retención según la norma UNE-EN 1.717, que eviten las mezclas de agua de diferentes circuitos, calidades o usos.
- La temperatura del ACS se mantendrá por encima de 50 °C en el punto más alejado del circuito, o en la tubería de retorno. La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70 °C. Cuando se utilice un sistema de aprovechamiento térmico, que disponga de acumulación y en el cual no se pueda garantizar de forma continua una temperatura de 60 °C, se instalará otro acumulador final, antes de la distribución a consumo, en el que se garantice dicha temperatura. Según UNE 100.030 la última versión de esta norma es de 2005, y en ella se fijan los requisitos para estas instalaciones, la mayor parte de los cuales corresponden a los definidos en el RD 865/2003 [5], a continuación se indican los aspectos complementarios respecto al RD:
 - o El uso de aparatos que producen aerosoles se llevará a cabo de manera que se reduzca al mínimo el riesgo de exposición para las personas.



- Para el sellado de uniones debe evitarse el empleo de materiales que favorezcan el desarrollo de bacterias y hongos (cueros, materiales celulósicos y ciertos tipos de gomas, masillas y plásticos).
- Evitar zonas de estancamiento del agua, como tuberías de desviación, equipos y aparatos de reserva, tramos de tuberías de fondo ciego, etc. En particular los equipos y aparatos de reserva deberán aislarse mediante válvulas de corte de cierre hermético y deberán estar equipados con válvulas de drenaje en los puntos más bajos.
- Durante el montaje se evitará la entrada de materiales extraños en los circuitos de distribución. En cualquier caso, los circuitos deberán someterse a una limpieza a fondo antes de su puesta en servicio.
- Los depósitos de ACS deberán estar fuertemente aislados; estarán dotados de boca de registro para la limpieza y de vaciado en el punto más bajo.
- Para acumulaciones de gran volumen se recomiendan intercambiadores exteriores de placas.

2.4.4 Resistencia a presión

Citando al CTE en su DB-HE “Los circuitos deberán someterse a una prueba de presión de 1,5 veces el valor de la presión máxima de servicio durante al menos una hora. Se vigilará que no se produzca ningún daño o fuga a los elementos e interconexiones. Al finalizar la presión hidráulica no debería caer más de un 10%, respecto a la medida al inicio de la prueba”.

Para garantizar la seguridad de la instalación, se dotará a la instalación de un sistema de válvulas de seguridad de presión taradas a una presión ligeramente inferior a la máxima que soportaría el sistema hidráulico.

2.4.5 Prevención del flujo inverso

Para garantizar el correcto funcionamiento de la instalación se instalarán válvulas anti-retorno a la salida de cada una de las bombas.

Se evitarán así recirculaciones a contracorriente que podrían dañar los equipos y producir un mal funcionamiento de la instalación.

2.4.6 Fluido de trabajo

El fluido de trabajo en el circuito primario será una mezcla de agua con propilenglicol a fin de bajar el punto de congelación del fluido. Existen otros glicoles utilizados anteriormente como puede ser el etilenglicol.

Nos decantaremos por el propilenglicol por ser este inocuo para el ser humano en un supuesto caso de fuga, mientras que el etilenglicol podría producir intoxicaciones etílicas.

Además el circuito tendrá que contar con otras características que se enumerarán a



continuación y que se citan del CTE en su DB-HE:

- El Ph del fluido a 20°C deberá estar comprendido entre 5 y 9.
- La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor, se medirá el de la conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 S/cm.
- El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l, expresados como contenido en carbonato cálcico.
- El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

En los circuitos secundario y terciario o de consumo, el fluido será agua de red potable de cuyas características de salubridad se hará responsable la empresa suministradora de agua en la zona.



2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

La instalación que se va a llevar a cabo contará con las siguientes características técnicas en cumplimiento con el CTE.

- Los captadores de la instalación se conectarán en paralelo para aumentar la eficiencia del circuito, reduciéndose las pérdidas de carga.
- La instalación contará con un sistema de apoyo mediante caldera de condensación de gas natural que garantizará el correcto suministro de ACS a todo el centro escolar y mantendrá el ACS cerca de los puntos de consumo mediante recirculación.
- Toda la instalación estará controlada mediante un sistema de control que será el encargado de mantener las temperaturas adecuadas y de realizar medidas correctoras frente ante posibles sobrecalentamientos, heladas, etc.
- El fluido caloportador será agua mezclada con propilenglicol. De esta manera se reducirá el riesgo de congelación del fluido y se evitarán intoxicaciones ante una posible fuga del líquido caloportador hacia el circuito terciario ya que el propilenglicol es inocuo para el ser humano.
- Se instalará un intercambiador de placas entre el circuito primario y el secundario.
- Todo el sistema funcionará mediante circulación forzada, garantizando así la entrega de ACS a todos los puntos de la instalación.
- La instalación se realizará de manera centralizada en una sala de máquinas que se encontrará en la cubierta del edificio. La propia sala estará dotada con aislamiento para reducir las pérdidas de energía térmica.
- La separación entre los colectores solares será suficiente para poder realizar un mantenimiento periódico y en el caso de necesitarse poder realizar las operaciones necesarias para actuar ante sobrecalentamientos o heladas.



3. DIMENSIONADO Y CÁLCULO

3.1 DATOS DE PARTIDA

3.1.1 Emplazamiento

El centro escolar está situado en la localidad de Paiporta (Valencia) , 46200. Se encuentra emplazado en la Calle Pare Jordi Maria nº12, rodeado por las Calles Ausias March, Josep Iturbi y Doctor Fleming. En el plano Nº6 del ANEXO I pueden verse imágenes aéreas de diferentes momentos de tiempo del solar extraídas de Google Maps y de la Sede Electrónica del Catastro.

3.1.2 Descripción del edificio

Se trata de un edificio de dos plantas de altura excepto en la zona del gimnasio que se elevará hasta una tercera altura sobre rasante. La cubierta del edificio es plana y no transitable con acabado de grava. En ella se instalará el campo de captadores solares. En cuanto a la demanda de ACS, el edificio cuenta con vestuarios, varios núcleos de aseos y baños y una cocina de tipo industrial. El centro escolar cuenta con numerosas aulas, salas multi-usos y demás estancias que no intervendrán en el cálculo del presente proyecto, salvo para calcular la ocupación del centro.

3.1.3 Datos climatográficos

Sabiendo que el centro se encuentra en la localidad de Paiporta, podemos acudir al CTE para ubicarlo dentro de una zona climática. En la Ilustración Nº13 podemos ver la ubicación de Paiporta en una vista satélite, y en la Ilustración Nº14 podemos ver en qué zona climática se encuentra. Observando las dos imágenes, enmarcamos la localidad de Paiporta dentro de la zona climática IV.



Ilustración 13. Localización Paiporta, 2016, Google Maps

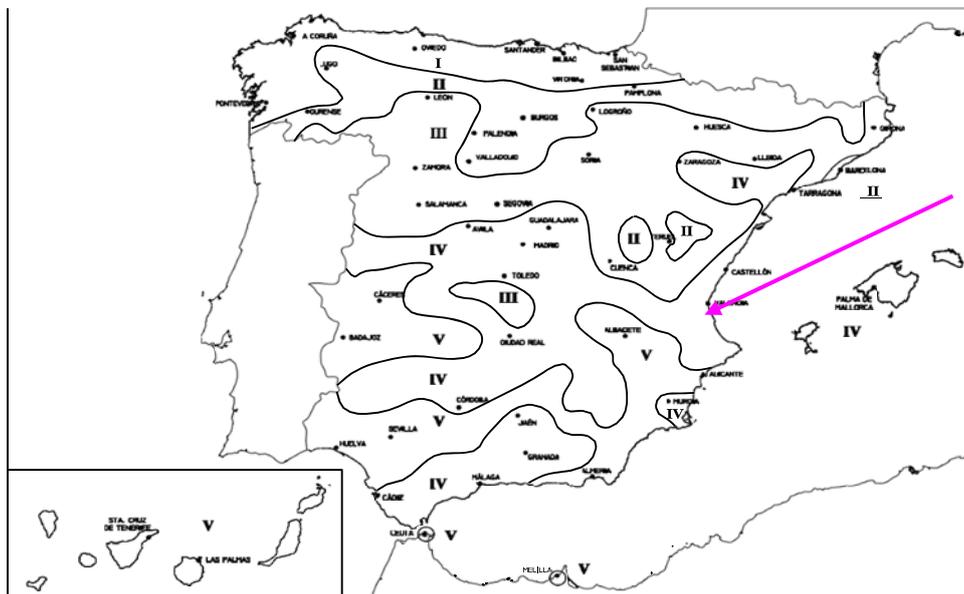


Ilustración 14. Mapa zonas climatológicas, 2016, CTE DB-HE

3.2 DEMANDA DE ACS

Para el cálculo de la demanda es muy importante tener en cuenta que se trata de un centro escolar de educación infantil y primaria, lo que condicionará de manera significativa la demanda de ACS. Esto es debido a que en los meses de julio y agosto no existirá demanda, y los meses de junio y septiembre tendrán una demanda más reducida ya que sólo se imparten clases por la mañana, y que no todo el mes es lectivo.

El centro cuenta con una capacidad para 225 escolares, y dispone de un comedor para 150 comensales.

Cuenta además con 30 personas entre personal docente y demás puestos de trabajo requeridos para el correcto desarrollo de las actividades que se llevarán a cabo en sus instalaciones.

El centro dispone de vestuarios y duchas para los alumnos que decidan utilizarlos, pero como es de esperar no todos los alumnos hacen uso de ellos a diario, por lo que debemos tener en cuenta ese factor para el cálculo de la demanda de ACS.

Siguiendo el mismo criterio, tampoco todos los alumnos se quedan a comer.

Para realizar un cálculo preciso de la demanda de ACS se recaba información en el propio centro educativo sobre los hábitos de consumo de ACS diarios.

Resumimos la información en la siguiente tabla:

Hábitos de consumo en el centro	
Nº de personas que se duchan en el centro	60
Nº de personas que comen en el centro	195
Nº de personas que no comen y no se duchan en el centro	150

Tabla 1. Hábitos de consumo diarios del centro, 2016, Fuente propia

En la tabla Nº2, (extraída del DB-HE en su sección 4) podemos ver las demandas diarias en función de la actividad. Se han rodeado los consumos correspondientes a los usos del ACS en las instalaciones del centro educativo.



Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C⁽¹⁾

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

Tabla 2. Demanda de referencia a 60 °C, 2016, CTE DB-HE Tabla 4.1

A partir de la información recopilada en el centro y de los datos obtenido de la tabla del CTE calculamos la demanda diaria.

Consumos Diarios ACS			
Nº Unidades	Criterio de demanda	Consumo (Litros/día · unidad)	Consumo (Litros/día)
60	Escuelas con ducha	21	1260
195	Escuelas sin ducha	4	780
150	Restaurantes	8	1200
		Consumo Total diario	3240

Tabla 3. Consumos Diarios de ACS, 2016, Fuente propia

Una vez se tienen los consumos diarios es sencillo calcular los consumos mensuales, para este proyecto, en un principio, se calcularon los días lectivos por mes para elaborar un consumo detallado mensual. Se puede observar el cálculo en la tabla N°4.



Se comprobó más adelante que resultaba engorroso a la hora de calcular, sobre todo cuando se calculaba mediante simulaciones computerizadas, ya que los programas de cálculo prefieren la introducción de datos mediante tanto por cien de demanda por mes.

Teniendo en cuenta además que el CTE nos obliga a cubrir un tanto por cien de la demanda anual y no mensual mediante colectores solares, se decide realizar la tabla Nº 5.

Se trata de una tabla simplificada con los consumos mensuales en tanto por cien, tomando como 100% el máximo de los consumos.

Consumos Mensuales ACS		
Mes	Dias Lectivos	Consumo Mensual (L)
Enero	17	55080
Febrero	19	61560
Marzo	17	55080
Abril	15	48600
Mayo	20	64800
Junio	13	42120
Julio	0	0
Agosto	0	0
Septiembre	18	58320
Octubre	18	58320
Noviembre	20	64800
Diciembre	13	42120

Tabla 4, Consumos mensuales de ACS, 2016, Fuente propia

Consumos Mensuales ACS Simplificados	
Mes	% de demanda
Enero	100
Febrero	100
Marzo	100
Abril	100
Mayo	100
Junio	50
Julio	0
Agosto	0
Septiembre	50
Octubre	100
Noviembre	100
Diciembre	100

Tabla 5. Consumos mensuales de ACS Simplificados, 2016, Fuente propia

Se calcula a continuación la demanda energética diaria y mensual teniendo en cuenta el calor específico del agua, la densidad y el incremento de temperatura para obtener la temperatura de ACS de 60 °C.



La fórmula que relaciona todos estos parámetros es:

$$Di = Mi * \rho * Cp * (Tc - Tf)$$

Donde:

Di Demanda Energética diaria

Mi Demanda ACS diaria

ρ Densidad del fluido (kg/l)

En el caso del agua 1Kg/l

Cp Calor específico del fluido (KJ/Kg)

En el caso del agua 4.18 KJ/Kg

Tc Temperatura final del fluido (K)

En nuestro caso 333 K

Tf Temperatura inicial del fluido (K)

Calculamos directamente con el programa Excel del paquete Microsoft Office de la compañía Microsoft. Resumimos los resultados sobre la tabla N°6.

Demanda Energética a 60 °C				
Mes	Temperatura agua de red (°C)	Diferencial de temperatura (°C)	Demanda energetica diaria (MJ)	Demanda energetica mensual (MJ)
Enero	8	52	704	11972
Febrero	9	51	691	13123
Marzo	11	49	664	11281
Abril	13	47	637	9548
Mayo	14	46	623	12460
Junio	15	45	609	7923
Julio	16	44	596	0
Agosto	15	45	609	0
Septiembre	14	46	623	11214
Octubre	13	47	637	11458
Noviembre	11	49	664	13272
Diciembre	8	52	704	9155

Tabla 6. Demanda Energética a 60 °C, 2016, Fuente propia

Se suman los consumos energéticos mensuales para hallar el consumo energético anual, que resultará de 111406,36 MJ.



3.3 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE ACS

Para el cálculo de la contribución solar se debe conocer primero la zona climática en la que se encuentra el centro, en nuestro caso, como ya hemos visto anteriormente, se localiza en la zona climática IV.

Calculamos la contribución solar a partir de la tabla 2.1 del DB-HE en su sección 4. Teniendo en cuenta nuestro consumo diario calculado de 3240 litros al día

Tabla 2.1. Contribución solar mínima anual para ACS en %.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

Tabla 7. Contribución solar mínima anual para ACS %, 2016, CTE DB-HE Tabla 2.1

Para cumplir con el CTE debemos cubrir un 50% de nuestra demanda energética anual con los colectores solares.

Partiendo de la demanda anual de 111406,36 MJ. Deberemos captar mediante los colectores solares un total de 55703,18 MJ.

3.4 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN.

3.4.1 Orientación e inclinación de los captadores

Para la orientación de los captadores solares, seguiremos las recomendaciones del CTE, en su DB-HE nos recomienda que la inclinación de los captadores sea igual a la latitud geográfica, siempre y cuando tengamos una demanda constante. En nuestro caso no tenemos una demanda constante si no que es preferente en invierno, por lo que tal y como dice el DB-HE deberemos sumarle 10° a la latitud para obtener la inclinación óptima.

Las coordenadas de la localidad de Paiporta son:

* Latitud: **39.4271073**

* Longitud: **-0.4118602**

Por lo que la inclinación óptima para nuestros captadores solares es de $39,42^\circ + 10^\circ = 49,42^\circ$.

Los colectores solares se van a instalar en una cubierta plana sin problemas de integración arquitectónica, por lo que no tenemos limitación en el ángulo de inclinación, sin embargo, por facilidad de montaje se tomara un ángulo de inclinación de 45° .

Más adelante se calcularán las perdidas por sombras, si fueran mayores a lo permitido, tendríamos que tomar el ángulo óptimo, aunque esto dificultara la instalación.

Respecto a la orientación de los captadores, el DB-HE nos indica que la orientación de mayor rendimiento es el sur geográfico.

La terraza sobre la que se van a instalar los captadores está orientada al sur, por lo que no hay que realizar ninguna modificación ni adaptación para poder cumplir con la orientación de mayor rendimiento.

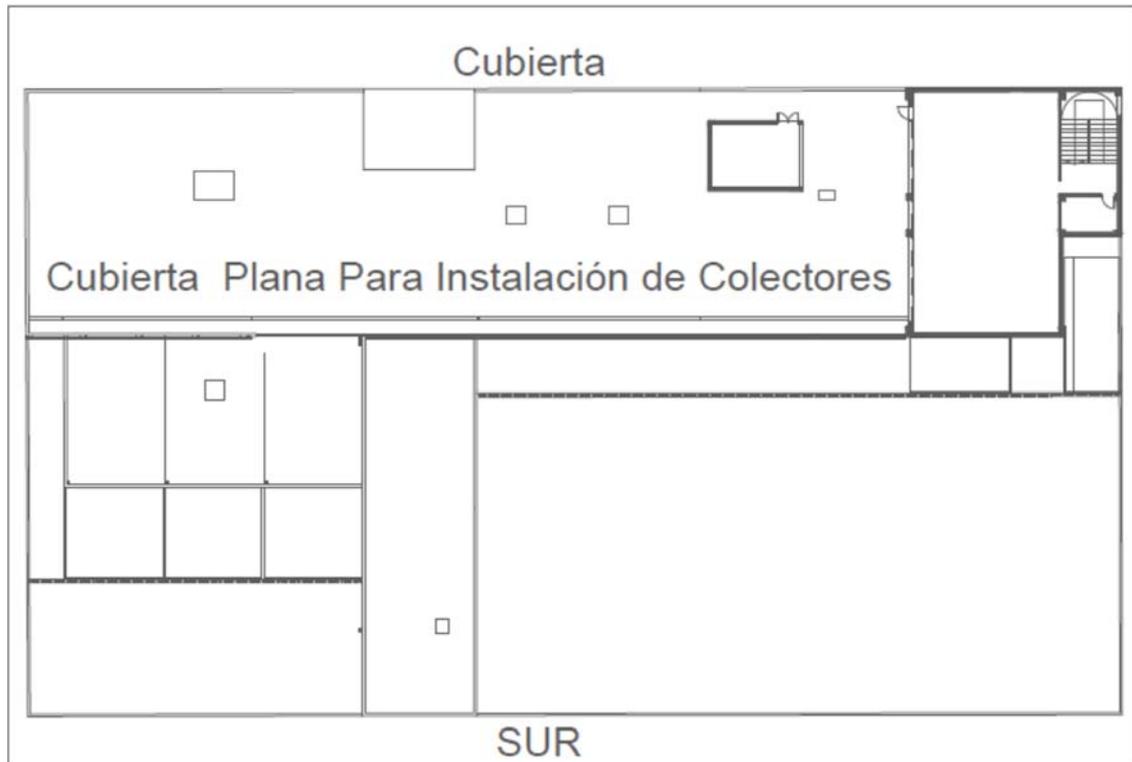


Ilustración 15, Esquema de orientación de centro escolar, 2016, Fuente propia

3.4.2 Pérdidas por sombras.

Debido a que la orientación es la idónea y la inclinación es muy cercana a la perfecta, las pérdidas por sombras se auguran pequeñas, sin embargo, debemos calcular las sombras producidas por los edificios colindantes.

Para facilitar la inserción de puntos nos ayudamos del programa solar de la fundación Atecyr.

A continuación, en la ilustración N°16 se enumeran los edificios que se van a tener en cuenta para el cálculo de sombras. Se han numerado los edificios potenciales generadores de sombras, de esta manera se referencian más fácilmente en la tabla N°8.

Se adjunta también un pequeño esquema de elaboración propia en la Ilustración N° 17, en el que se observan los parámetros necesarios para el cálculo de sombras.

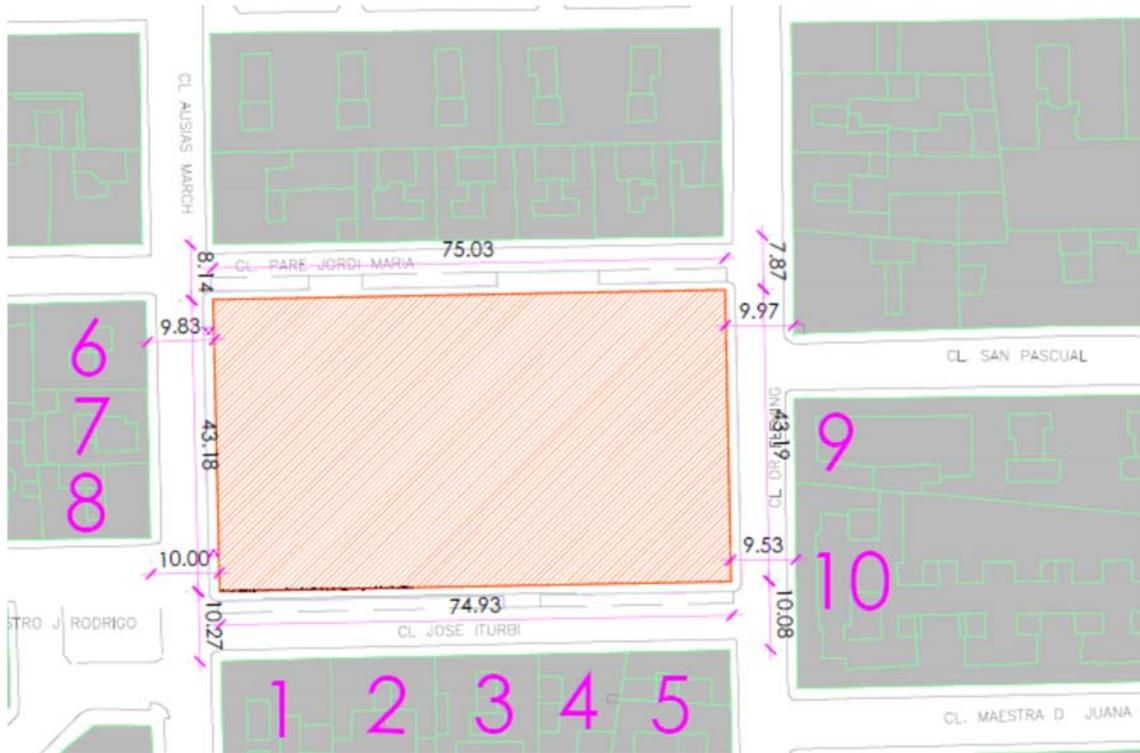


Ilustración 16. Edificios colindantes generadores de sombras, 2016, Catastro + edición propia

Edificio proyector de sombras

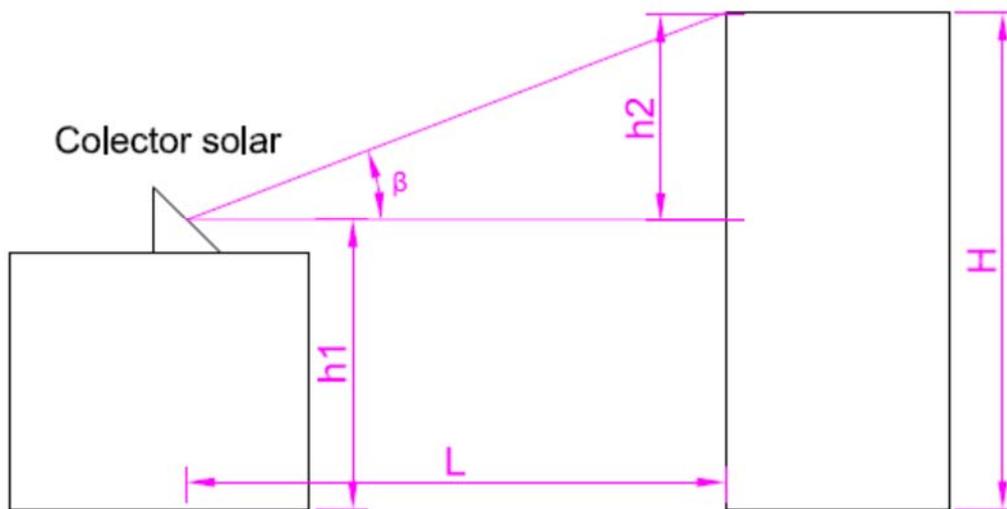


Ilustración 17. Esquema para el cálculo del ángulo de elevación, 2016, Fuente propia

ÁNGULO DE ELEVACIÓN DE EDIFICIOS COLINDANTES					
Nº	L (m)	H (m)	h1 (m)	h2 (m)	Elevación (º)
1	43,78	14	8,93	5,07	6,61
2	43,78	10,5	8,93	1,57	2,05
3	43,78	14	8,93	5,07	6,61
4	43,78	10,5	8,93	1,57	2,05
5	43,78	14	8,93	5,07	6,61
6	36,68	14	8,93	5,07	7,87
7	36,68	14	8,93	5,07	7,87
8	36,68	14	8,93	5,07	7,87
9	58,22	14	8,93	5,07	4,98
10	58,22	17,5	8,93	8,57	8,37

Tabla 8. Ángulo de elevación de los edificios colindantes, 2016, Fuente propia

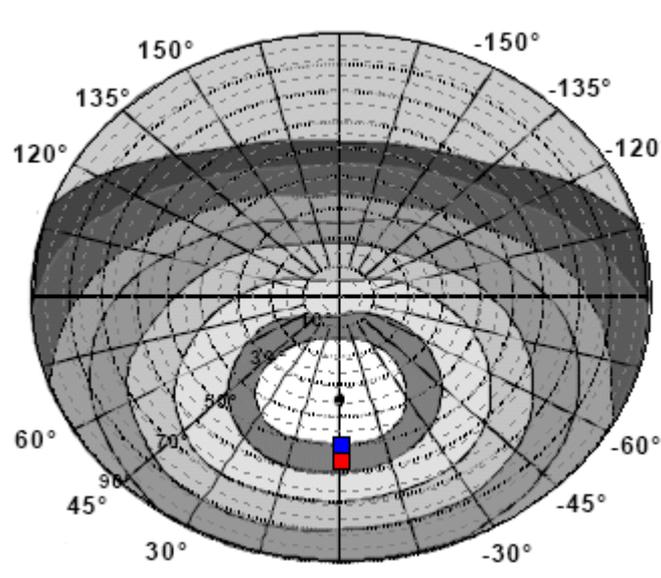


Ilustración 18. Cálculo de pérdidas por orientación, 2016, Programa Solar fundación Atecyr.

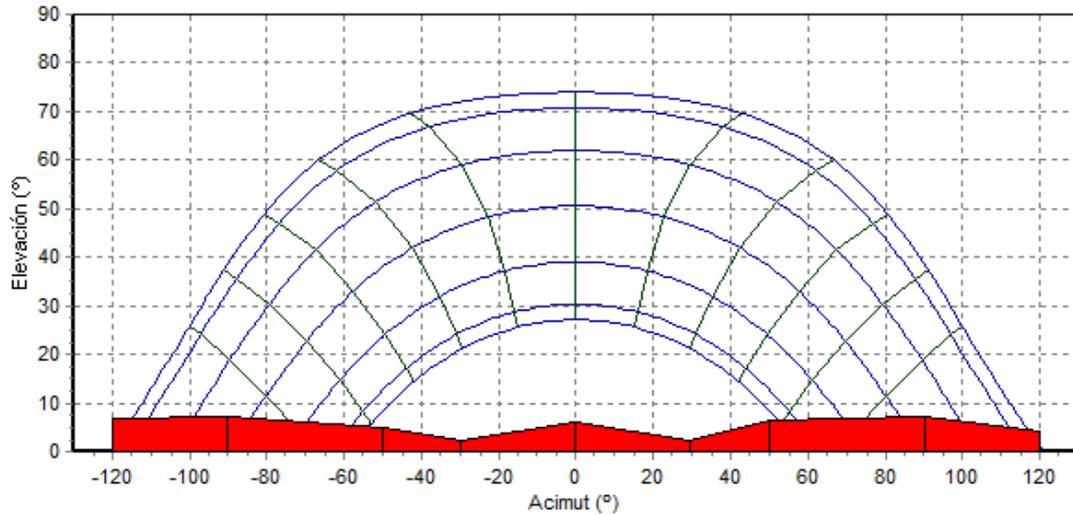


Ilustración 19. Cálculo de pérdidas por sombras, 2016, Programa Solar fundación Atecyr

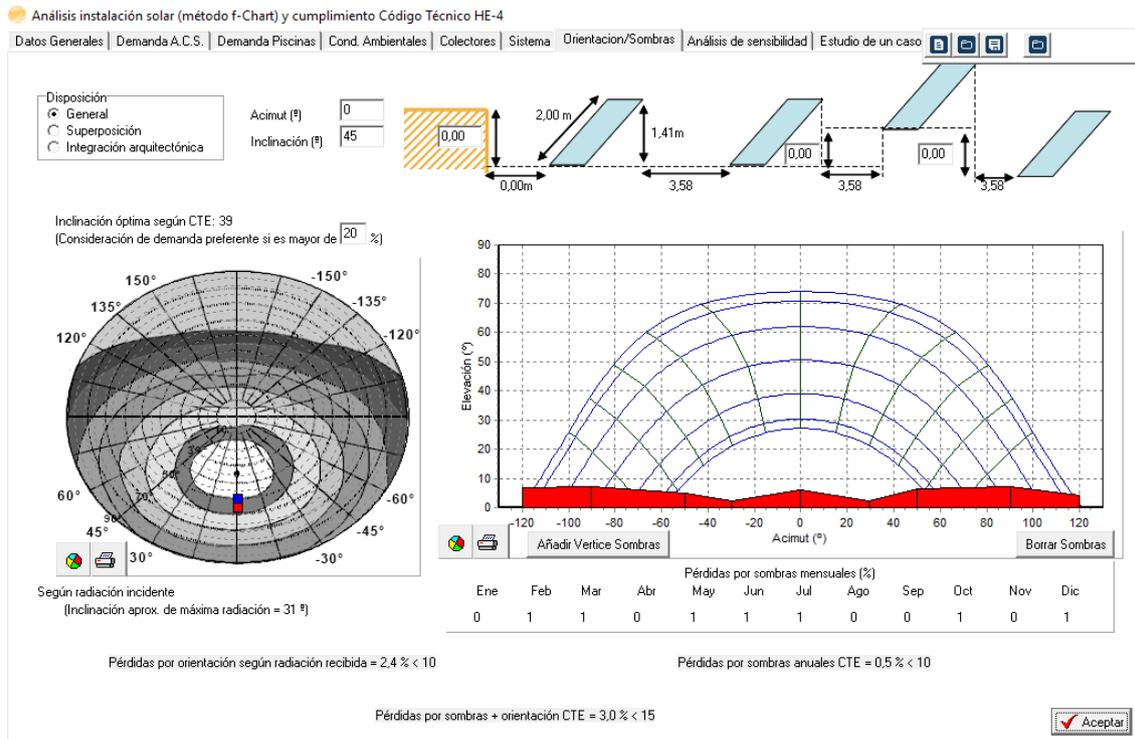


Ilustración 20. Cálculo de pérdidas por orientación y sombras mediante software, 2016, Programa solar fundación Atecyr

Se calcula un valor final de pérdidas por sombras de un 0,5% y un valor por pérdidas por orientación del 2.4%.

En total obtenemos unas pérdidas del 3% , lo que está muy alejado del máximo que fija el DB-HE, que en nuestro caso sería del 15% como se puede observar en la tabla N°9.

Además, cumplimos los dos requisitos independientes de que no superemos el 10% de pérdidas ni por sombras ni por orientación e inclinación.

Tabla 2.3 Pérdidas límite

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición de captadores	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica de captadores	40 %	20 %	50 %

Tabla 9. Máximas pérdidas permitidas, 2016, DB-HE

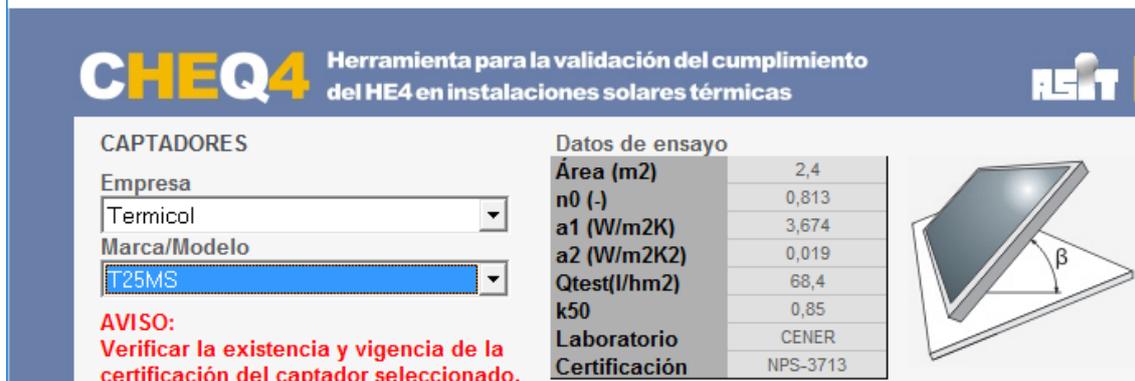
3.4.3 Selección del captador

Para la selección del captador se acude a la base de datos del cheq4, ya que si no se encuentra en la base de datos es porque el captador no está certificado y por tanto no cumpliría con el CTE.

Dentro de la base del cheq4 buscamos un captador con gran superficie de captación, para reducir el número de captadores el máximo posible y con un rendimiento alto.

Después de navegar por toda la base, que, por desgracia, a día de hoy se presenta con una interfaz de usuario bastante lenta, nos decantamos por el modelo de captador T25MS de la compañía Termicol, se trata de un captador de alto rendimiento cuyas características extraídas del CHEQ 4 presentamos a continuación.

CHEQ4 CEIP Paiporta.vas



CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

CAPTADORES

Empresa: Termicol

Marca/Modelo: T25MS

AVISO: Verificar la existencia y vigencia de la certificación del captador seleccionado.

Datos de ensayo

Área (m2)	2,4
n0 (-)	0,813
a1 (W/m2K)	3,674
a2 (W/m2K2)	0,019
Qtest(I/hm2)	68,4
k50	0,85
Laboratorio	CENER
Certificación	NPS-3713

(Diagrama de un captador solar con el ángulo de inclinación β)

Ilustración 21. Características del captador elegido, 2016, CHEQ 4

Tal y como nos requería el programa, verificamos que este captador existe y continua con certificación vigente, se adjunta la certificación en el ANEXO III del presente proyecto.

3.4.4 Dimensionado mediante simulación en el programa Solar de la fundación Atecyr, basado en el método f-Chart

Para el dimensionado del sistema de captadores se opta por hacer uso del programa Solar de la fundación Atecyr que, gracias a un acuerdo con la universidad politécnica de Valencia, es de descarga gratuita, únicamente debemos registrarnos como usuarios.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Programa de descarga gratuita en la web propiedad de la Fundación de Atecyr de acuerdo con el contrato firmado con la Universidad Politècnica de Valencia en la web:

www.calculaconatecyr.com



Asociación Técnica Española
de Climatización y Refrigeración

Autores:

Jose Manuel Pinazo Ojer

Victor Soto Francés

Emilio Sarabia Escriba

Dept. Termodinámica Aplicada

Mayo 2016



Ilustración 22. Portada principal programas Atecyr, 2016, Programa Solar fundación Atecyr

El programa calcula en segundo plano basándose en el método f-Chart.

El método de curvas f-Chart nos permite calcular la cobertura del sistema solar, es decir, nos permite conocer su contribución al aporte del calor total que resulta necesario para cubrir las cargas térmicas del edificio, además del rendimiento medio para un largo periodo de tiempo. Es un método aceptado para realizar cálculos para largas estimaciones, no siendo de buena aplicación para periodos cortos como semanas o días. La aplicación de la herramienta informática consiste en identificar variables adimensionales de la instalación de calentamiento solar y utilizar una simulación del funcionamiento de dicho sistema, para así poder dimensionar las correlaciones entre las variables y el rendimiento medio del sistema para un periodo largo de tiempo.

Para realizar los cálculos se emplean datos mensuales medios meteorológicos.

La ecuación empleada para realizar este método es la siguiente:

$$f = 1,029 D_1 - 0,065 D_2 - 0,245 D_1^2 + 0,0018 D_2^2 + 0,0215 D_1^3$$

Para realizar los cálculos se siguen los siguientes pasos en este orden:

- 1- Se valoran las cargas caloríficas necesarias para el calentamiento de agua destinada a la producción de agua caliente sanitaria (ACS) para abastecer al centro escolar.
- 2- Posteriormente se valora la radiación solar incidente de la superficie de los captadores que serán instalados en la cubierta del edificio.
- 3- Se calculan los parámetros D_1 y D_2 .

- 4- A continuación, determinamos la gráfica de la función f .
- 5- Se valora la cobertura solar tanto mensual como anual.
- 6- Formación de tablas.

Mediante la ecuación que puede verse a continuación podemos calcular las cargas caloríficas que determinarán la cantidad de calor mensual que será necesaria para calentar el agua:

$$Q_a = C_e C N (t_{ac} - t_r)$$

Siendo:

Q_a = Carga calorífica mensual de calentamiento de ACS (J/mes)

C_e = Calor específico (siendo para agua de 4.187 J/kg °C)

C = Consumo diario en litros de ACS

N = Número de días del mes

t_{ac} = Temperatura del agua caliente de acumulación (°C)

t_r = Temperatura del agua de red (°C)

El parámetro D_1 empleado en la primera fórmula de este apartado, expresa la relación que existe entre la energía que absorbe la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento a lo largo de un periodo de un mes. Como vemos a continuación:

$$D_1 = \text{Energía absorbida por el captador } (E_a) / \text{Carga calorífica mensual}$$

Teniendo en cuenta que la energía absorbida por el captador se calcula con la siguiente fórmula:

$$E_a = S_c F'_r (T\alpha) R_1 N$$

Siendo:

S_c = Superficie del captador en m²

R_1 = Radiación diaria mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área en kJ/m²

N = Número de días del mes

$F'_r (T\alpha)$ = Factor adimensional, el cual se calcula con la expresión que sigue:

$$F'_r (T\alpha) = F_r (T\alpha)_n [(T\alpha) / (T\alpha)_n] (F'_r / F_r)$$

Siendo:

$F_r (T\alpha)_n$ = Ordenada en el origen de la curva característica del captador (Factor de eficiencia óptica del captador).

$(T\alpha) / (T\alpha)_n$ = Modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante o bien 0,96 (superficie transparente sencilla) o en su defecto 0,94 (superficie transparente doble). En nuestro caso se ha tomado la constante 0,94.

F'_r / F_r = Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se toma el valor recomendado de 0,95.

En la primera fórmula del apartado también encontramos el parámetro D_2 , el cual nos indica la relación que existe entre las pérdidas de energía del captador (para una temperatura en concreto) y la carga calorífica de calentamiento durante el periodo de un mes. Vemos la relación a continuación:

$$D_2 = \text{Energía perdida por el captador } (E_p) / \text{Carga calorífica mensual}$$

Teniendo en cuenta que la energía perdida por el captador se calcula con la siguiente fórmula:

$$E_p = S_c F'_r U_L (100 - t_a) \Delta t K_1 K_2$$

Siendo:

S_c = Superficie del captador en m^2

$$F'_r U_L = F_r U_L (F'_r / F_r)$$

Siendo:

$F_r U_L$ = Pendiente de la curva característica del captador (coeficiente)

t_a = Temperatura media mensual del ambiente

Δt = Periodo de tiempo en segundos

K_1 = Factor de corrección por almacenamiento. Lo extraemos de la siguiente fórmula:

$$K_1 = [\text{kg de acumulación} / (75 S_c)]^{-0,25}$$

$$37,5 < (\text{kg acumulación}) / (m^2 \text{ captador}) < 300$$

K_2 = Factor de corrección para el agua caliente sanitaria, que nos relaciona la temperatura de ACS mínima, la del agua de red y la media del ambiente en periodo mensual. Lo extraemos de la siguiente ecuación:

$$K_2 = 11,6 + 1,18 t_{ac} + 3,86 t_r - 2,32 t_a / (100 - t_a)$$

Siendo:

t_{ac} = Temperatura de ACS mínima

t_r = Temperatura del agua de la red

t_a = Temperatura media del ambiente en periodo mensual

A continuación, tras haber calculado los parámetros D_1 y D_2 , los introducimos en la primera ecuación del presente apartado.

Obtenemos la fracción de la carga calorífica aportada por el sistema de energía solar en periodo mensual. Así la energía captada útil de cada mes (Q_u) tiene el siguiente valor:

$$Q_u = f Q_a$$

Siendo:

Q_a = Carga calorífica de ACS mensual

De esta forma, utilizando el mismo proceso operacional que hemos realizado para un mes, obtendremos los meses restantes del año.

Determinaremos la cobertura anual del sistema aplicando la relación existente entre la suma de las coberturas de cada periodo mensual y la suma de las cargas caloríficas

(necesidades de calor mensuales). Como podemos ver a continuación:

$$Cobertura\ anual\ solar = \sum_{u=1}^{u=12} Q_u\ necesaria / \sum_{a=1}^{a=12} Q_a\ necesaria$$

El programa comienza por pedirnos la introducción de datos de nuestro proyecto, en este proyecto casi toda la información es administrativa excepto dos campos.

El campo de provincia y el de municipio si que intervendrán en el cálculo de la demanda energética, ya que el programa obtendrá así la zona climática en la que se encuentra el edificio.

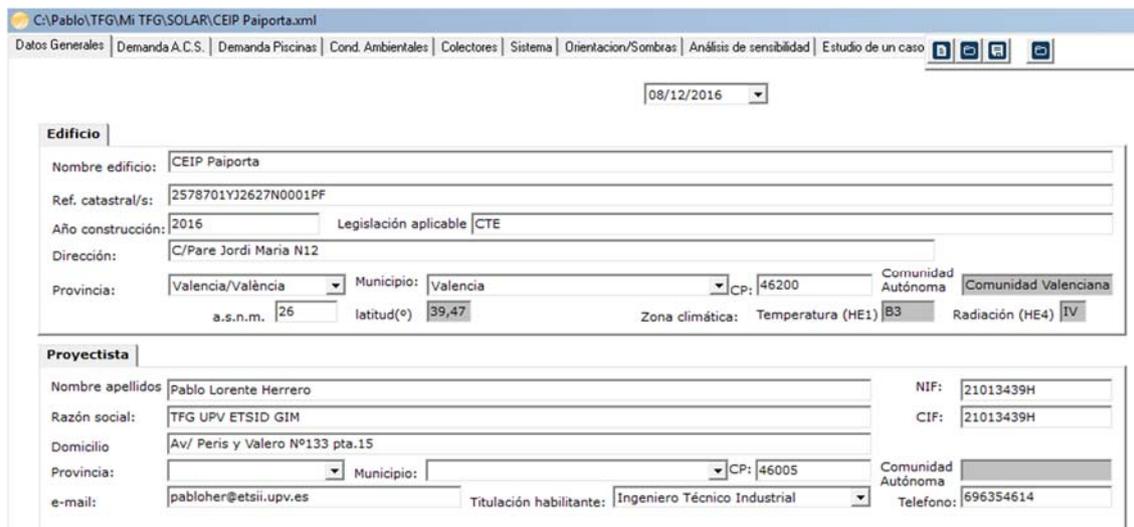


Ilustración 23. Introducción de datos inicial, 2016, programa solar fundación Atecyr

El programa también calcula la demanda energética, y como se observa en la ilustración NªX el sistema que utiliza es análogo al que nosotros empleamos para hacerlo a mano en el apartado 3.2 de la memoria del presente proyecto.



● Análisis instalación solar (método f-Chart) y cumplimiento Código Técnico HE-4

Datos Generales | Demanda A.C.S. | Demanda Piscinas | Cond. Ambientales | Colectores | Sistema | Orientacion/Sombras | Análisis de sensibilidad | Estudio de un caso

○ Criterio de demanda para ACS a 60°C (litros/día persona)

- Vivienda Unifamiliar (28 por persona).....
- Edificios Viviendas Multifamiliares (28 por persona).....
- Hospitales y clínicas (55 por persona).....
- Ambulatorio y Centro de salud (41 por persona).....
- Hotel**** (63 por persona).....
- Hotel**** (55 por persona).....
- Hotel**** (41 por persona).....
- Hotel/Hostal** (34 por persona).....
- Camping (21 por persona).....
- Hostel/pensión* (28 por persona).....
- Residencia (ancianos, estudiantes, etc) (41 por persona)
- Centro penitenciario (28 por persona).....
- Albergue (24 por persona).....
- Vestuarios/Duchas colectivas (21 por persona).....
- Escuelas sin ducha (4 por persona)..... 195 personas
- Escuelas con ducha (21 por persona)..... 60 personas
- Cuarteles (28 por persona).....
- Fábricas y talleres (21 por persona).....
- Oficinas (2 por persona).....
- Gimnasios (21 por persona).....
- Restaurantes (8 por persona)..... 150 personas
- Cafeterías (1 por persona).....
- Otro (1 por persona).....

% de ocupación

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb.	Octubre	Noviemb.	Diciemb.
100	100	100	100	100	50	0	0	50	100	100	100

○ Especificar consumo mensual (ACS a 60°C)

Consumo de ACS (litros/día)											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3240	3240	3240	3240	3240	1620	0	0	1620	3240	3240	3240

○ Sin consumo ACS

Consumo energía para ACS (kWh/mes)											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
5845	5174	5611	5317	5261	2432	0	0	2376	5144	5317	5728

✓ Aceptar

Ilustración 24. Cálculo de la demanda, 2016, programa solar fundación Atecyr

Prosiguiendo con el propio orden del programa, este nos preguntará acerca del consumo de ACS para la piscina climatizada, en este caso nuestro centro no cuenta con piscina climatizada en sus instalaciones, y así lo indicaremos en el programa.

● Análisis instalación solar (método f-Chart) y cumplimiento Código Técnico HE-4

Datos Generales | Demanda A.C.S. | Demanda Piscinas | Cond. Ambientales | Colectores | Sistema | Orientacion/Sombras | Análisis de sensibilidad | Estudio de un caso

○ Climatización de piscinas cubiertas (Pliego condiciones técnicas IDAE)

○ Climatización de piscinas cubiertas (detallado)

No existe piscina cubierta

Consumo energía para calentamiento agua piscina (kWh/mes)

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

✓ Aceptar

Ilustración 25. Demanda piscina cubierta, 2016, programa solar fundación Atecyr

A continuación el programa nos muestra las irradiaciones, temperaturas ambientales y del agua de la ubicación de nuestro edificio, el programa obtiene estos datos de

diversas fuentes que carga desde su base de datos, como son el propio CTE para el agua, y las temperaturas ambientales, y el atlas 2015 para la irradiación.

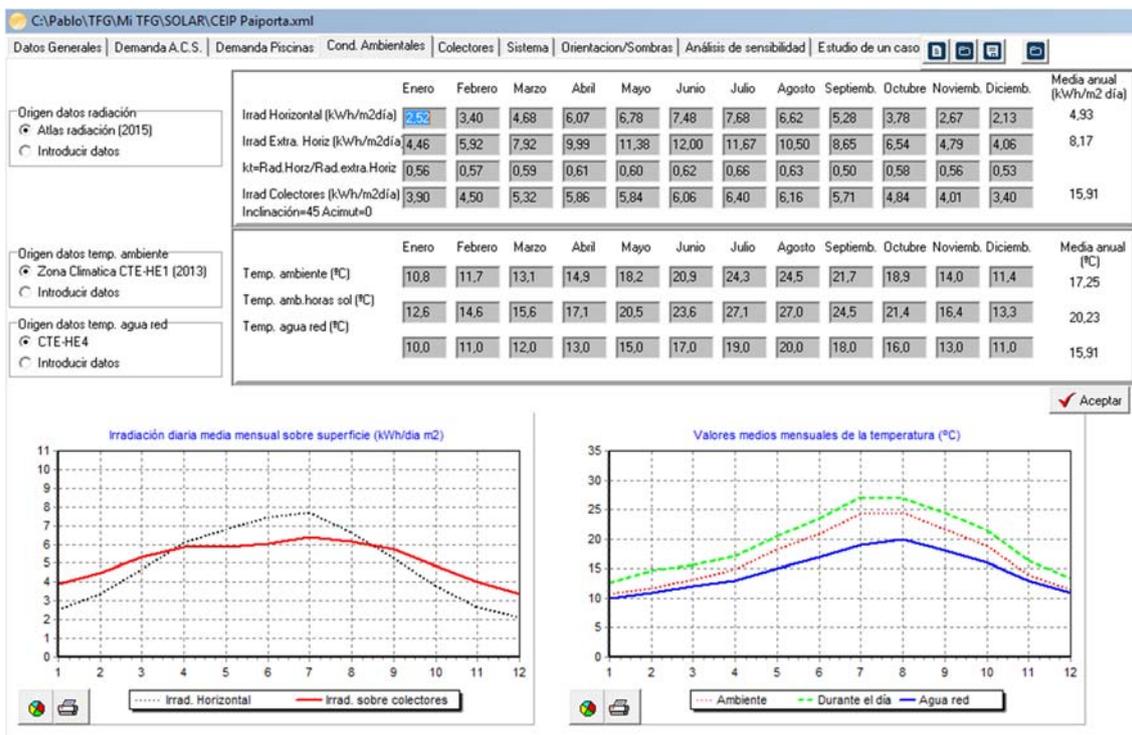


Ilustración 26. Condiciones climáticas de la zona, 2016, Programa Solar fundación Atecyr

El siguiente paso es introducir en el programa el captador que hemos elegido para nuestra instalación, como el programa no tiene en el abase de datos nuestro captador tendremos que introducirlo nosotros.

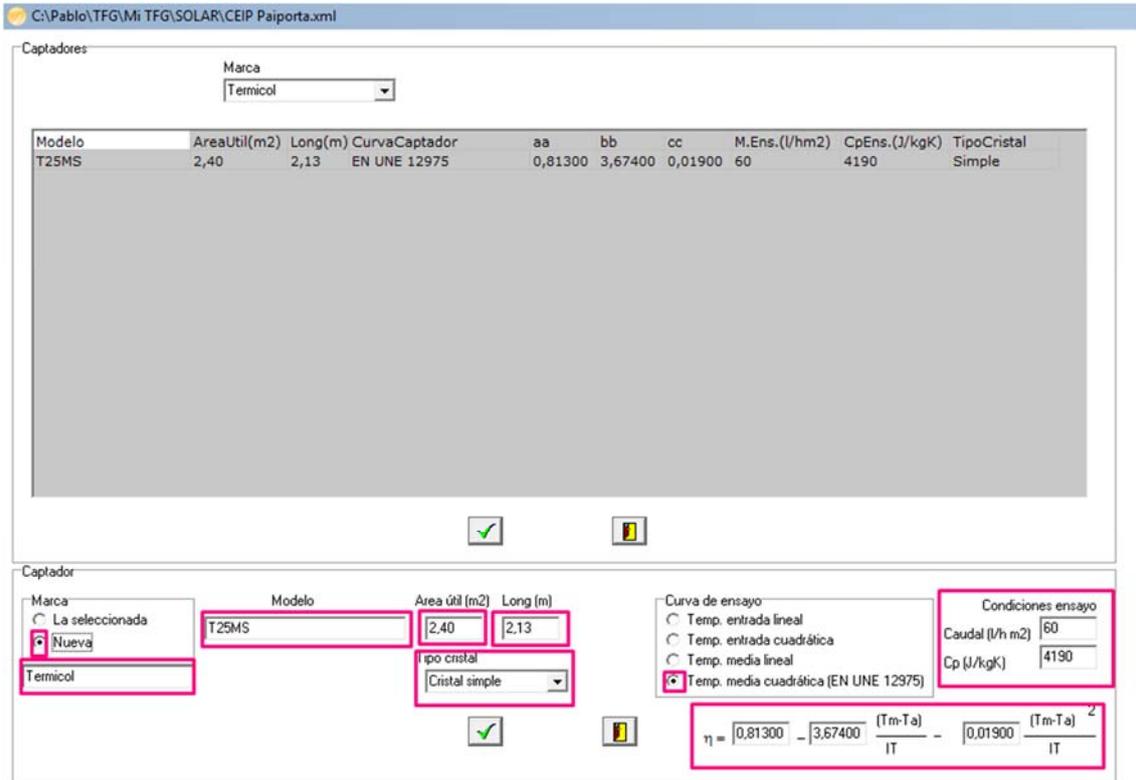


Ilustración 27. Introducción captador seleccionado, 2016, Programa Solar fundación Atecyr

Como se puede ver el programa de Atecyr calcula el rendimiento del captador mientras que el cheq4 coge el propio del fabricante, para poder obtener el rendimiento necesitamos los coeficientes aa bb y cc que buscamos en el datasheet de colector.



Tratamiento: ultraselectivo (Absortividad: >95%, Emisividad <5%).
Perfiles de aluminio anodizado.
Aislamiento: Lana de vidrio.
Salidas: Racores de compresión.
Vidrio: Templado con bajo contenido en hierro.



Características Técnicas

Modelos	Modelos Verticales		Modelos Horizontales	
	T20MS	T25MS	T20MSH	T25MSH
Longitud (mm)	2130	2130	970	1200
Anchura (mm)	970	1200	2130	2130
Long. Absorb. (mm)	2088	2057	950	1180
Espesor (mm)	83	83	83	83
Área bruta (m ²)	2,1	2,5	2,1	2,5
Área de apertura (m ²)	1,9	2,4	1,9	2,4
Peso en vacío (kg)	32	39	34	38
Capacidad (litros)	1,29	1,27	1,25	1,42
Aislamiento y protección				
Marco	Aluminio anodizado			
Cubierta	Vidrio Solar Templado			
Aislamiento	Lana de Vidrio 40 mm			

Características Energéticas

Ajustes de Segundo Orden Tm				
η	0,812	0,813	0,812	0,812
K_1 (W/Km ²)	3,812	3,674	3,812	3,812
K_2 (W/K ² m ²)	0,021	0,019	0,021	0,021
Potencia pico (Wp)	1518	1911	1518	1518

Modelos y Precios

Modelo	Descripción	Disposición	Superficie Útil (m ²)	P.V.P €
T20MS	Captador ultraselectivo Plano Estándar - Absorbedor de meandro	Vertical	1,9	660
T25MS	Captador ultraselectivo Plano de Gran Tamaño - Absorbedor de meandro		2,4	760
T20MSH	Captador ultraselectivo Plano Estándar - Absorbedor de meandro		1,9	660

Ilustración 28. Características captador solar, 2016, Datsheet Captadores Termicol

Una vez introducido el captador en la base de datos, el programa calcula el rendimiento para nuestras temperaturas y nos lo muestra.

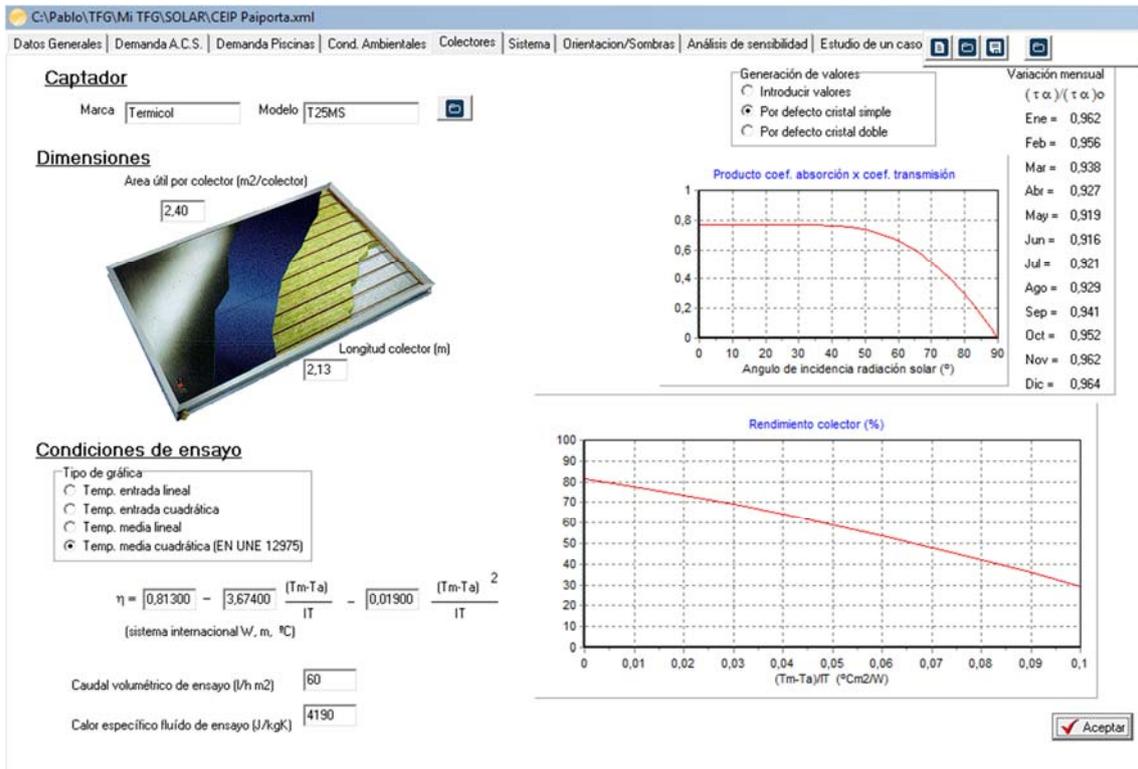


Ilustración 29. Rendimiento para nuestras temperaturas, 2016, Programa solar fundación Atecyr

En el siguiente paso el programa nos pide los datos necesarios para realizar el cálculo de sombras, este paso está detallado en el apartado 3.4.2 de la memoria del presente proyecto.

Una vez calculadas las pérdidas nos pedirá algunos datos más de nuestra instalación para poder calcular la fracción solar.

Algunos de los datos mostrados a continuación se han calculado en apartados posteriores a este, mostraremos el cálculo de ellos en cada uno de los apartados correspondientes.

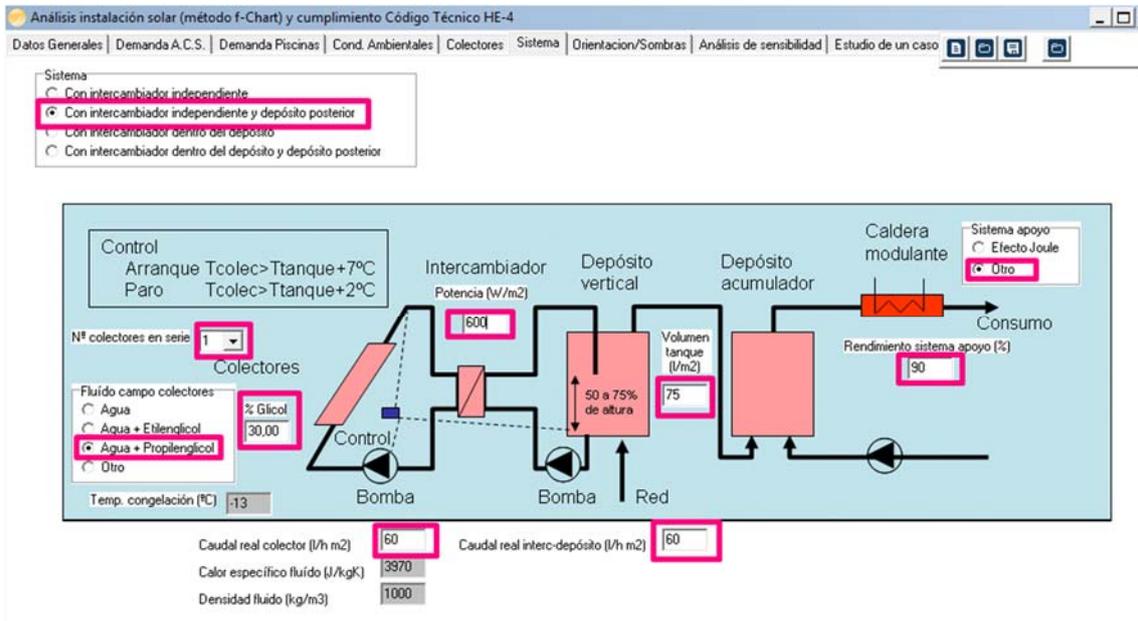


Ilustración 30. Sistema de instalación seleccionado, 2016, Programa Solar fundación Atecyr.

Una vez tenemos toda la instalación definida, el programa aplica el método f-chart para calcular la fracción solar, y a partir de ahí itera para ofrecernos en forma de gráfica los resultados de fracción solar, en nuestro caso preferimos que nos lo muestre en función de los colectores seleccionados.

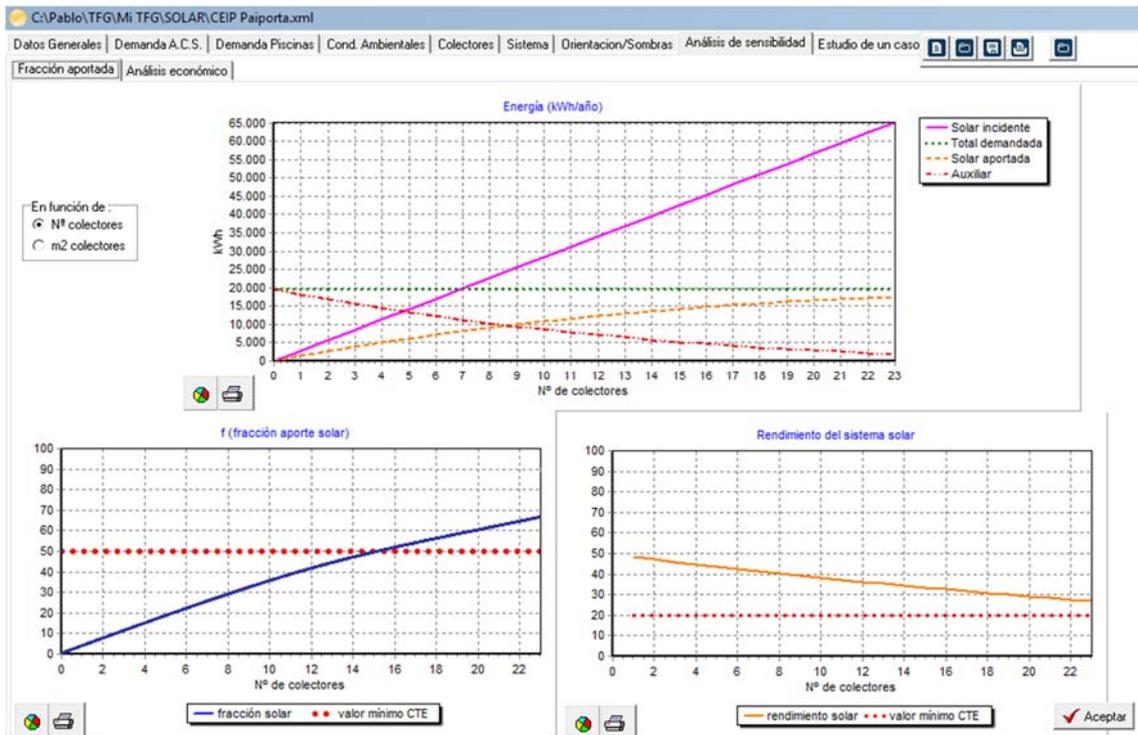


Ilustración 31. Gráficas en función del Nº de colectores, 2016, Programa Solar fundación Atecyr

Para concluir con esta sección observamos las gráficas que nos arroja el programa, y las interpretamos.

Todas las gráficas están en función del número de colectores.

Para cumplir con el CTE en cuanto a la demanda energética aportada por lo colectores debemos superar el 50% de la energía total requerida durante el año.

Estudiando la gráfica con concluimos que debemos instalar al menos 15 colectores Para cumplir con los requerimientos del CTE.

3.4.5 Conexionado distancia y montaje de los captadores.

Los colectores solares se pueden conexas en serie o en paralelo, o es posible conectar varios en serie y, a su vez estos en paralelo con otros grupos.

La conexión en serie nos permite aumentar la temperatura del fluido para llegar al intercambiador más caliente, mientras que en paralelo llegaremos como máximo a la temperatura de salida de un solo captador.

En nuestra instalación nos decantamos por conexas todos los colectores en paralelo, ya que esto supone menos pérdidas de carga y se aumenta la eficiencia del circuito.

La conexión en paralelo también favorece el seccionamiento de la instalación en los meses en que pudiera haber menor demanda y se tuviera que desconectar alguno de los captadores de la instalación.

Tenemos en cuenta que contamos con un sistema de apoyo para la producción de ACS, por lo que no sería un problema que en ciertos momentos la temperatura de salida de los captadores fuera más baja de lo que sería si lo conectáramos en serie.

Respecto a la distancia entre colectores, en nuestro caso, se van a instalar todo los uno al lado de otro, y no se van a colocar uno detrás de otro, por lo que no es necesario tener en cuenta la distancia para evitar producciones de sombras.

La cubierta en la que se van a instalar ya está preparada para instalaciones, por lo que no cuenta con antepecho que nos pudiera producir sombras.

Se dejará un hueco libre entre captadores de 0,75 metros, a fin de poder llevar a cabo labores de mantenimiento.

Podemos observar con detalle el interconexionado y distancias en el Plano Nº1 del Anexo I del presente proyecto.

3.4.6 Protección contra sobrecalentamientos

Debido a que el colegio tiene meses de menor consumo energético, llegando incluso a parar por completo su consumo en julio y agosto, nos vemos en la necesidad de actuar con unas medidas de protección contra el sobrecalentamiento que se producirá en esos meses.

El DB-HE nos ofrece cuatro opciones posibles para evitar estos sobrecalentamientos, la primera de ellas es el incluir equipos específicos para la disipación del calor o de recircular el circuito primero por la noche para refrigerarlo. Este método nos parece apto para épocas de sobrecalentamiento puntual, pero teniendo en cuenta que el



colegio va a estar 2 meses parado y otros dos a media capacidad no nos parece el método más aconsejable.

Otro de los métodos recomendado por el DB-HE es el de dedicar este excedente de energía a otros usos con la finalidad de evitar el sobrecalentamiento, sin embargo, teniendo en cuenta que el colegio se encuentra cerrado en verano, no hay ningún consumo energético al que podamos destinar nuestro excedente de energía.

El tercer método que se nos propone es el de vaciar parcialmente el sistema de captadores y, en este caso, tendríamos que rellenar el circuito con un fluido de las mismas características.

El último método que se nos propone, y el elegido en nuestro caso, es el de tapar parcialmente el campo de captadores dejando en marcha la recirculación por dentro de los captadores, de manera que si hubiera un exceso de energía se iría disipando.

Nos hemos decantado por esta opción porque la operación se realiza más fácilmente que el vaciado del fluido, además debemos tener en cuenta que las operaciones que especifiquemos se realizarán cuatro veces al año, ya que la diferencia de consumos de mayo a junio y de septiembre a octubre es demasiado grande como para no acometer medidas, y en los meses de Julio y agosto deberemos de tapar completamente los captadores.

3.5 FLUIDO DE TRABAJO

El fluido de trabajo es el fluido que se encuentra en el circuito primario, es decir, el fluido que atraviesa las placas y conduce el calor hasta el acumulador.

Como método de protección anti heladas, el IDAE indica que el fluido debe poder funcionar sin congelarse a una temperatura de 5 °C menos de la mínima histórica en el lugar de implantación del sistema de captadores.

En el caso de este proyecto no existe un registro de la mínima histórica en la localidad de Paiporta por no poseer esta localidad una estación meteorológica.

Debemos referirnos por tanto a una de las estaciones más cercanas a la localidad, encontrándose las dos más cercanas una en Manises y la otra en Valencia. Se comprueba cuál de las dos estaciones es la más cercana, resultando ser la de Valencia. Se toma por la tanto la mínima histórica en Valencia, que resulta ser de -7.5 °C en el invierno de 1956.

Una de las opciones para cumplir con lo estipulado por el IDAE, es hacer uso de un fluido que tenga un punto de congelación inferior a -12,5 °C.

Los fluidos comúnmente utilizados para los captadores parten de una base de agua, y se les adita una parte de etilenglicol o propilenglicol para reducir su punto de congelación.

En nuestro caso optaremos por utilizar el propilenglicol ya que es un compuesto completamente inocuo, y en el caso que en algún momento pudieran producirse fugas hacia el circuito de consumo, no produciría ningún daño.

El etilenglicol se utiliza habitualmente en la automoción como anticongelante para los radiadores de los coches, pero es tóxico para el organismo, sobretodo en cantidades elevadas, por lo que se descarta.

Ayudándonos de nuevo del programa Solar de la fundación Atecyr buscamos que mezcla de agua + propilenglicol necesitamos para cumplir con el requerimiento de punto de congelación.

Como se puede observar en la ilustración N.º32, de los resultados obtenidos con el programa se opta por una mezcla de agua con propilenglicol.

Para obtener un fluido con un punto de congelación inferior a -12,5 °C, se hace necesario utilizar un 30% de propilenglicol en la mezcla. Se obtendrá así un fluido cuya temperatura de congelación será de -13 °C que cumpliría con los requisitos del IDAE.

Esta adición de propilenglicol, hace disminuir muchísimo el rendimiento de la instalación, se ha realizado un pequeño cálculo ayudándose del programa CHEQ4, se puede ver en las ilustraciones N.º33, N.º34, N.º35 Y N.º36 como variando únicamente el parámetro del glicol, el aporte de energía solar cae en 2201 kWh, lo que en términos de rendimiento implica una caída del rendimiento de la instalación del 11%.

Debido a esta gran reducción de la eficiencia, se opta por un sistema alternativo anti heladas, se utilizará un fluido con un 10% de propilenglicol, lo que nos ofrecerá una temperatura de congelación de -4 °C, que será suficiente para prácticamente todo el año, y se implementará mediante el sistema de control la opción de que cuando la temperatura baje de estos parámetros, se ponga en marcha la bomba del circuito primario para ceder calor desde el depósito acumulador hacia el fluido de los colectores.

Si esta medida no fuera suficiente se realizaría automáticamente un vaciado del sistema de captadores.

● Análisis instalación solar (método f-Chart) y cumplimiento Código Té

Datos Generales | Demanda A.C.S. | Demanda Piscinas | Cond. Ambientales

Sistema

- Con intercambiador independiente
- Con intercambiador independiente y depósito posterior
- Con intercambiador dentro del depósito
- Con intercambiador dentro del depósito y depósito posterior

Control

Arranque $T_{colec} > T_{tanque} + 7^{\circ}\text{C}$
 Paro $T_{colec} > T_{tanque} + 2^{\circ}\text{C}$

Nº colectores en serie 1

Colectores

Fluido campo colectores

- Agua
- Agua + Etilenglicol
- Agua + Propilenglicol
- Otro

% Glicol 30,00

Temp. congelación (°C) -13

Control

Bomba

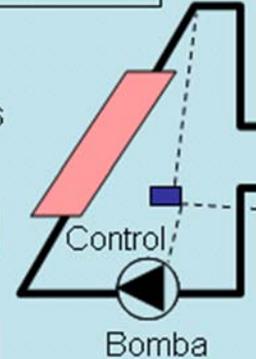


Ilustración 32. Cálculo del % de glicol en el fluido de trabajo, 2016, Programa Solar fundación Atecyr

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Logos: ASIT, España, IDAE

CAPTADORES

Empresa:

Marca/Modelo:

AVISO:
Verificar la existencia y vigencia de la certificación del captador seleccionado.

Datos de ensayo

Área (m2)	2,4
n0 (-)	0,813
a1 (W/m2K)	3,674
a2 (W/m2K2)	0,019
Qtest(l/hm2)	68,4
k50	0,85
Laboratorio	CENER
Certificación	NPS-3713

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

CAMPO DE CAPTADORES

Núm. captadores: Captadores en serie: Pérdidas sombras (%):

Orientación (°): Inclinación (°): Área total captadores (m2): 36,00

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO

Caudal prim.(l/h): Anticongelante (%): Long. circuito (m):

Diám. tubería (mm): Esp. aislante (mm): Aislante:

SISTEMA DE APOYO

Tipo de sistema:

Tipo de combustible:

Ilustración 33. Prueba contribución solar con 10% de glicol, 2017, Software CHEQ 4

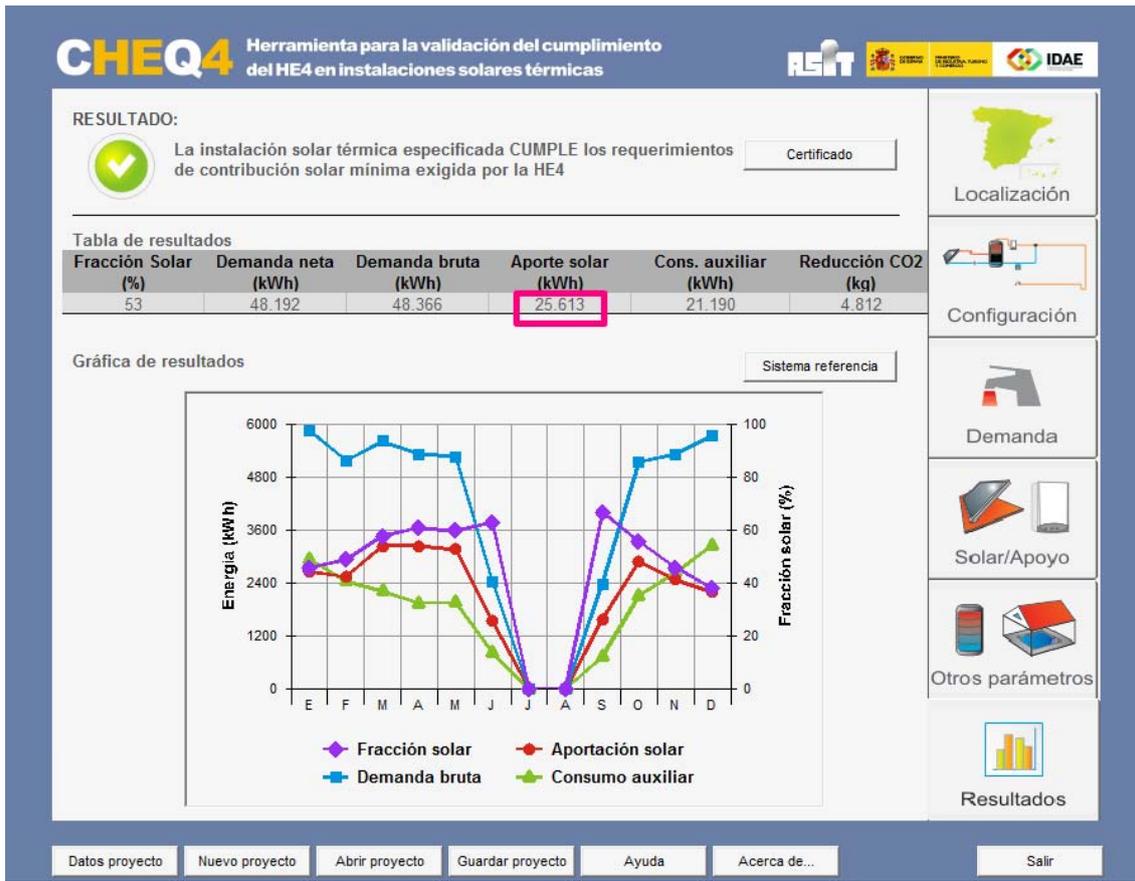


Ilustración 34. Resultado de prueba contribución solar con 10% glicol, 2017, Software CHEQ 4

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Logos: ASIT, IDAE

CAPTADORES

Empresa: Termicol
 Marca/Modelo: T25MS

Datos de ensayo

Área (m2)	2,4
n0 (-)	0,813
a1 (W/m2K)	3,674
a2 (W/m2K2)	0,019
Qtest(l/hm2)	68,4
k50	0,85
Laboratorio	CENER
Certificación	NPS-3713

AVISO:
 Verificar la existencia y vigencia de la certificación del captador seleccionado.

CAMPO DE CAPTADORES

Núm. captadores: 15 Captadores en serie: 1 Pérdidas sombras (%): 0,3
 Orientación (°): 0 Inclinación (°): 45 Área total captadores (m2): 36,00

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO

Caudal prim.(l/h): 2.462 Anticongelante (%): 30 Long. circuito (m): 10
 Diám. tubería (mm): 25 Esp. aislante (mm): 50 Aislante: lana de vidrio

SISTEMA DE APOYO

Tipo de sistema: Caldera de condensación
 Tipo de combustible: Gas natural

Localización

Configuración

Demanda

Solar/Apoyo

Otros parámetros

Resultados

Datos proyecto Nuevo proyecto Abrir proyecto Guardar proyecto Ayuda Acerca de... Salir

Ilustración 35. Prueba contribución solar con 30% de glicol, 2017, Software CHEQ 4

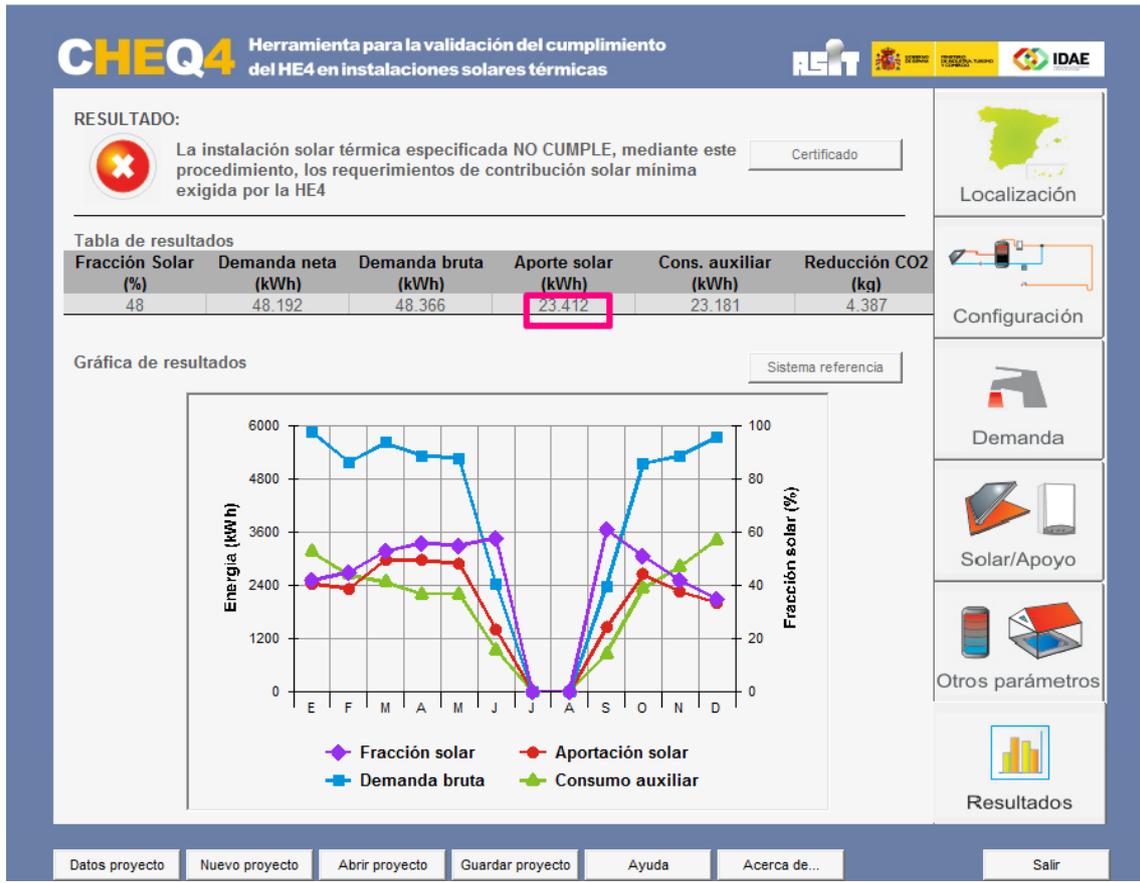


Ilustración 36. Resultado de prueba contribución solar con 30% glicol, 2017, Software CHEQ 4

3.6 CÁLCULO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN

Para el dimensionado del sistema de acumulación se debe tener en cuenta que, aunque nosotros calculemos una demanda diaria de ACS, esta no tiene por qué producirse de forma distribuida durante las 24 horas del día. Contrariamente, lo más normal es que haya momentos de demanda muy grande y durante el resto del día sean bajos, por ejemplo, al terminar las clases de educación física o deportes extraescolares se producirán picos de consumo, mientras que durante el horario lectivo normal no habrá prácticamente consumo.

Por lo tanto, debemos elegir un acumulador capaz de acumular prácticamente toda nuestra demanda diaria, puesto que tenemos una demanda diaria de 3240 litros, buscaremos un acumulador de unos 3000 L.

Comprobamos que el acumulador está dentro de los límites que nos marca el CTE, que nos indica que el depósito debe cumplir la siguiente relación:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

Donde:

V=Volumen del depósito

A=Área total de captación

Como nuestra instalación consta de 15 colectores de 2.4 m² cada uno, tenemos una superficie total de captación de 36 m²

$$\text{Calculamos } \frac{V}{A} = \frac{3000}{36} = 83,33 \quad \rightarrow \quad 50 < 83,33 < 180$$

Se ha comprobado que un depósito de 3000 litros cumpliría con los requisitos del CTE.

Al tratarse de un depósito de más de 750 litros, deberá contar con una ventana de inspección, tal como nos indica el CTE.

Se buscará un depósito de gran esbeltez para favorecer la estratificación, consiguiendo así que la parte superior del depósito este más caliente que la de abajo, ya que es por arriba por donde saldrán las tuberías destinadas a la distribución de ACS, mientras que por abajo entrará el retorno de agua.

Se buscará que el depósito sea de acero inoxidable, para cumplir con la normativa alimenticia.

Se optará por un acumulador de la marca Lapesa, que cumple con todas las necesidades anteriormente descritas, el modelo seleccionado será el MXV3000RV, del cual mostramos sus características a continuación.

Depósitos de acero inoxidable, de 1500 a 6000 litros lapesa

Para acumulación

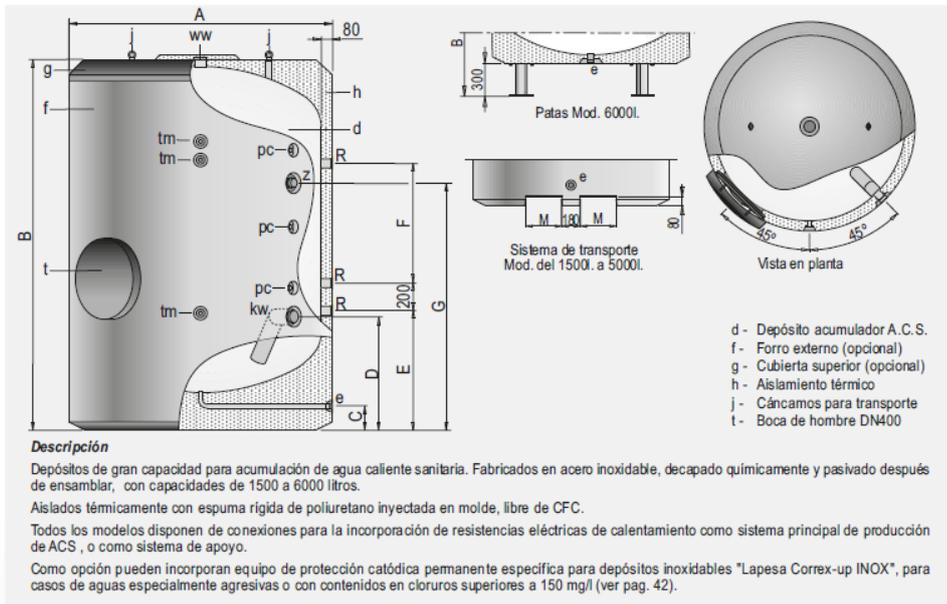


Ilustración 37. Esquema dimensional del depósito seleccionado, 2016, Catalogo Lapesa

Características técnicas /Conexiones /Dimensiones		MXV1500	MXV2000	MXV2500	MXV3000	MXV3500	MXV4000	MXV5000	MXV6000
		RB							
Capacidad de A.C.S	L	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000
Temperatura máx. en continuo depósito de A.C.S	°C	90	90	90	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S. (*)	bar	8	8	8	8	8	8	8	8
Peso en vacío aprox.	Kg	265	305	450	485	520	600	670	730
Cota A: diámetro exterior	mm	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910	1910
Cota B: longitud total	mm	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710	3210
Cota C:	mm	175	175	175	175	175	175	175	-
Cota D:	mm	670	670	800	800	800	865	865	946
Cota E:	mm	685	685	805	805	805	875	875	958
Cota F:	mm	330	780	300	590	875	465	870	1290
Cota G:	mm	1115	1560	1250	1530	1745	1450	1805	2194
Cota M:	mm	210	210	285	285	285	350	350	-
kw: entrada agua fría	*GAS/M	2	2	2	2	3	3	3	3
e: desagüe	*GAS/M	1	1	1	1	1	1	1	2
ww: salida agua caliente	*GAS/M	2	2	3	3	3	3	3	3
z: recirculación	*GAS/M	1-1/2	1-1/2	2	2	2	2	2	2
R: conexión resistencia	*GAS/H	2	2	2	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	*GAS/H	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
pc: conexión protección catódica	*GAS/H	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
nº de conexiones de protección catódica	und.	2	2	2	3	3	3	3	3

Ilustración 38. Características acumulador seleccionado, 2016, Catalogo Lapesa

3.7 CÁLCULO DEL INTERCAMBIADOR PRIMARIO-SECUNDARIO

A fin de que el agua caliente sanitaria nunca entre en contacto con el fluido utilizado en los captadores, se debe intercalar entre ambos un intercambiador, que se encargue de transmitir el calor del fluido del circuito primario al circuito secundario.

Para el cálculo del intercambiador el CTE nos indica que la potencia del intercambiador debe cumplir la siguiente relación:

$$P \geq 500 \times A$$

Donde P es la potencia y A el área de captadores, por lo que en nuestro caso la potencia de nuestro intercambiador debe ser de al menos 18000W, es decir, 18 kW.

Para facilitar la búsqueda de intercambiadores comerciales buscaremos intercambiadores de 20 kW, lo que nos dará una proporción de 555,55 W/m², que sigue cumpliendo con los requerimientos del CTE.

Para el cálculo del intercambiador correcto acudiremos al software SSP G7 de la compañía SWEP, que tendrá en cuenta el fluido de trabajo a la hora de calcular el intercambiador necesario, y nos dará una serie de opciones de entre los intercambiadores de su base de datos.

Se trabajará con un salto de temperatura de 5 °C.

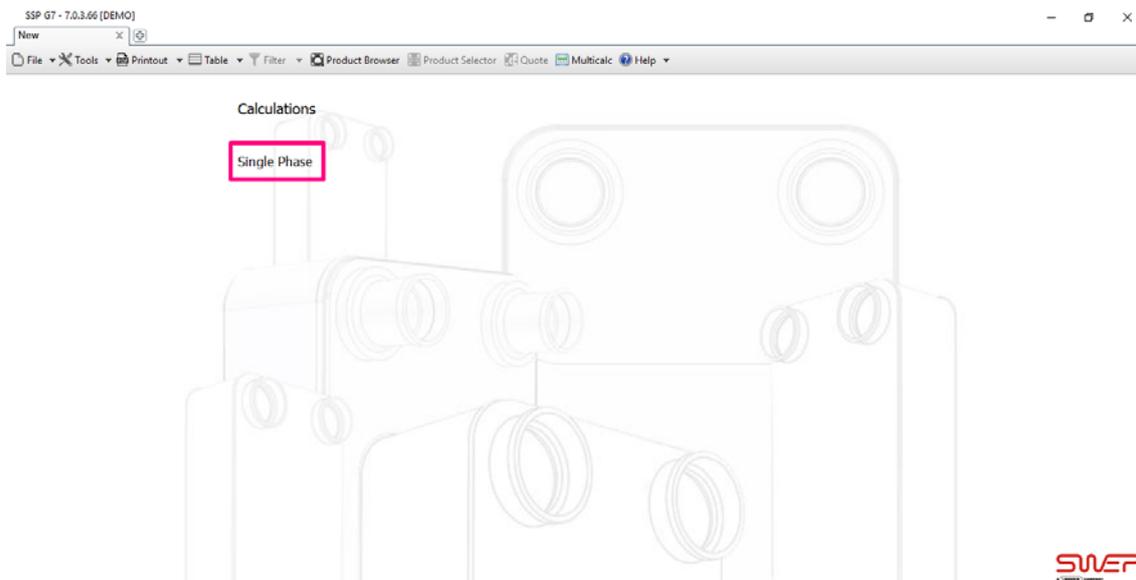


Ilustración 39. Página Inicial, 2016, Software SSP G7 compañía SWEP

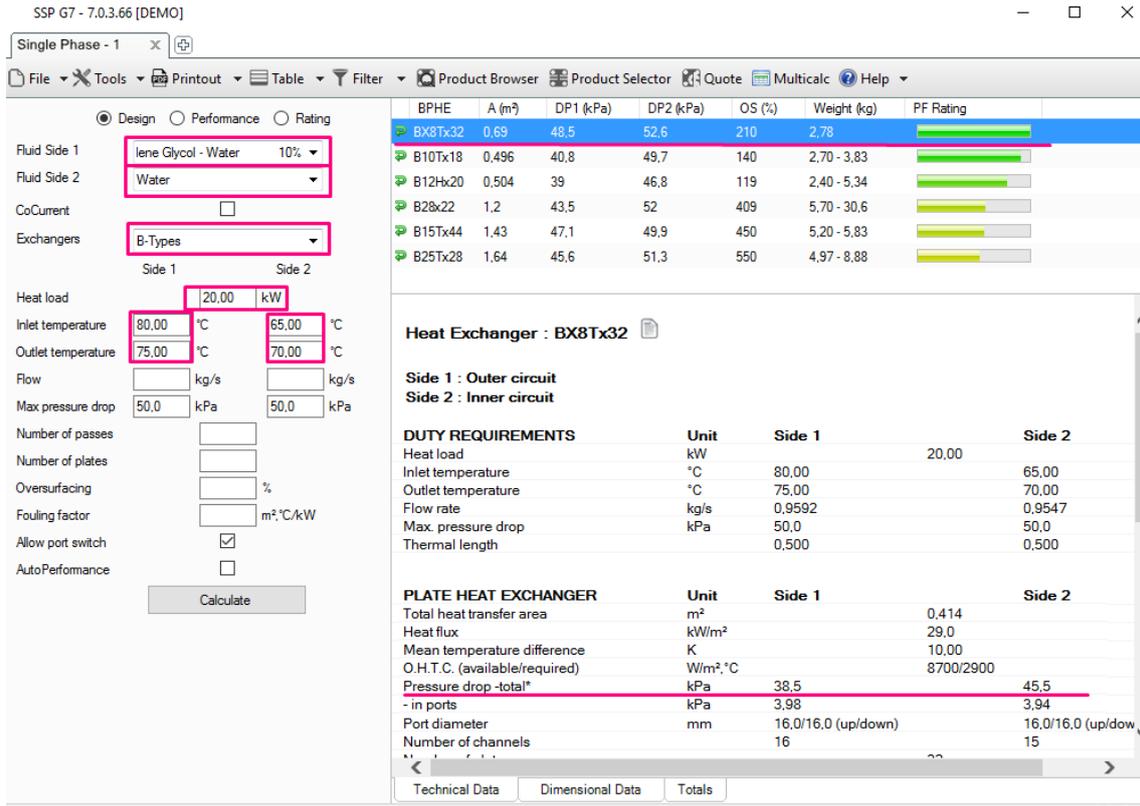


Ilustración 40. Introducción de datos y selección del captador, 2016, Software SSP G7 compañía SWEP

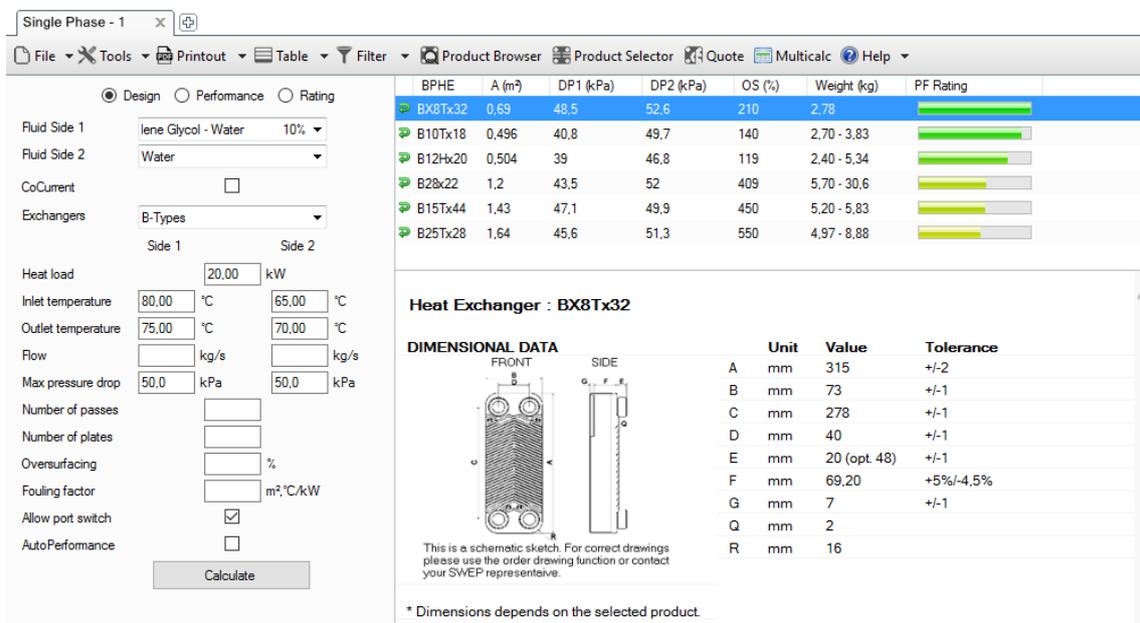


Ilustración 41. Características dimensionales intercambiador seleccionado, 2016, Software SSP G7 compañía SWEP

Con la ayuda del programa SWEP se acaba seleccionando el intercambiador BX8Tx32 de la propia compañía SWEP, se trata de un intercambiador de placas planas de alta eficiencia, cuya construcción aparece a continuación.

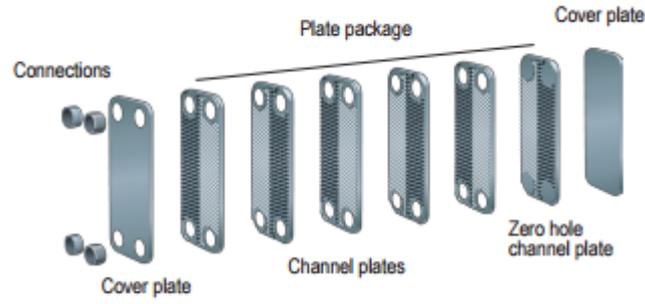


Ilustración 42. Construcción del intercambiador seleccionado, 2016, Catalogo intercambiadores SWEP

3.8 DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE APOYO

Para el correcto funcionamiento de la instalación en todo momento se hace necesaria la incorporación de un sistema de apoyo.

Este sistema de apoyo cumple varias funciones, la primera por supuesto es la de suministrar de agua a la instalación en los momentos en que, por climatología, o cualquier fallo en la instalación los colectores solares no pudieran abastecer de ACS al colegio.

En el funcionamiento normal de la instalación la función principal del sistema de apoyo es la de elevar la temperatura del ACS, desde la temperatura a la que salga del acumulador hasta la temperatura de consumo, quedando la instalación con una apariencia parecida a la de la ilustración N°43

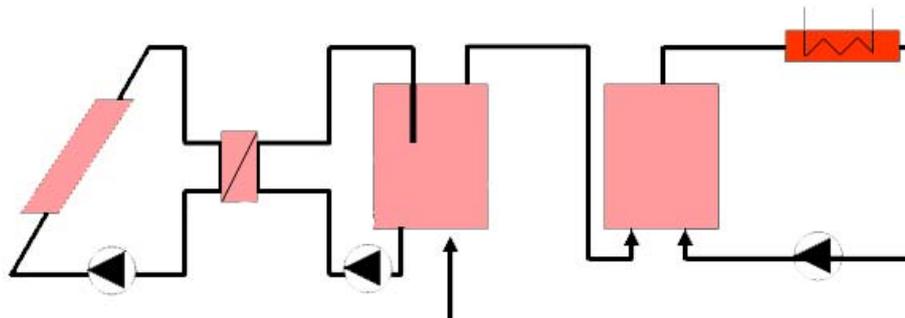


Ilustración 43. Esquema conexonado elementos de la instalación, 2017, Fuente propia, basado en ilustración programa Solar fundación Atecyr.

3.8.1 **Cálculo de la caldera de apoyo**

La caldera, será el elemento principal del sistema de apoyo, ya que será la encargada de asegurar la demanda de ACS.

Esta caldera de apoyo cumple además con una segunda función, esta función queda definida en el CTE, en su apartado de protección contra legionelosis, es posible utilizar esta misma caldera para realizar un ciclo por todas las cañerías con agua a 70 °C con el objetivo de prevenir la legionelosis, por ello al dimensionar nuestra caldera lo haremos para 70 °C.

De manera programada con la empresa mantenedora se establecerá una periodicidad para realizar este ciclo a 70°C por todas las tuberías de la instalación.

Para el cálculo de la potencia de la caldera requerida, el código técnico establece que la caldera debe ser capaz de calentar toda el agua del depósito de interacumulación por sí misma en el plazo máximo de una hora desde la temperatura mínima de la red.

La temperatura mínima de red establecida en el CTE para Valencia es de 10°C, por proximidad se tomará esta temperatura, ya que el CTE no especifica una temperatura de red para la localidad de Paiporta.

Aplicando la misma fórmula que se aplicó para la demanda energética, calculamos la



potencia de la caldera.

$$P = V \times \rho \times C_p \times (t_c - t_f)$$

Donde:

P = Potencia

V = Volumen del depósito

ρ = Densidad del fluido

C_p = Calor específico del fluido

t_c = temperatura final del fluido

t_f = temperatura fría del agua de red

$$P = V \times \rho \times C_p \times (t_c - t_f) = 3000l \times 1 \frac{kg}{l} \times 4.18 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C} \times (70 - 10) \frac{^\circ C}{3600s}$$

$$\underline{P = 209 kW}$$

Se buscará que la caldera que suministre la potencia sea de condensación.

Las calderas de condensación incrementan el rendimiento del sistema al recircular los gases de escape hacia un intercambiador. El intercambiador es el encargado de transferir la energía calorífica que aún portan los gases hacia el fluido, de esta manera se incrementa el rendimiento del sistema.

Se seleccionará una caldera de la marca Wolfiberica, en concreto el modelo MGK-2-250. Este modelo tiene una potencia de 233 kW, lo que cumple holgadamente con nuestro sistema.

En la Ilustración N°44 se muestran las características técnicas de la caldera seleccionada.

Características técnicas MGK-2-130-300

Tipo	MGK-2	130	170	210	250	300
Potencia calorífica nominal a 80/60 °C	kW	118	157	196	233	275
Potencia calorífica nominal a 50/30 °C	kW	126	167	208	250	294
Carga térmica nominal	kW	120	160	200	240	280
Potencia calorífica mínima (con modul.) a 80/60°C	kW	23	27	34	39	45
Potencia calorífica mínima (con modul.) a 50/30°C	kW	24	30	37	44	49
Carga térmica mínima (con modulación)	kW	23	28	35	41	46
Intervalo de modulación de carga	%	19-100	17-100	17-100	17-100	17-100
Rendimiento η 80/60 con $Q_{m\acute{a}x}$	%	98,1	98,0	98,1	97,2	98,0
η 50/30 con $Q_{m\acute{a}x}$	%	104,1	104,2	104,3	103,9	105,2
η TR30 con 30%	%	107,8	106,5	106,2	105,5	106,8
Altura total	mm	1300	1300	1300	1300	1300
Anchura total	mm	995	1355	1355	1355	1355
Profundidad total	mm	640	640	640	640	640
Diámetro salida de gases	mm	160	160	160	160	200
Toma de aire de combustión	mm	160	160	160	160	160
Impulsión de calefacción	R	1 1/2"	2"	2"	2"	2"
Retorno de calefacción	R	1 1/2"	2"	2"	2"	2"
Conexión de gas	R	1"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
Conducción de sistemas de salida de gases	Tipo	B23, B33 C33, C43 C53, C63 C83				
Categoría de gas		II _{2H3P}				
Consumo de gas:						
Gas natural H ($H_1 = 9,5 \text{ kWh/m}^3 = 34,2 \text{ MJ/m}^3$)	m ³ /h	13,1	16,8	21	25,2	29,4
Gas licuado P ($H_1 = 12,8 \text{ kWh/kg} = 46,1 \text{ MJ/kg}$)	kg/h	9,7	12,5	15,6	18,7	21,8
Presión de conexión de gas:						
Gas natural H	mbar	20	20	20	20	20
Gas licuado P	mbar	37	37	37	37	37

Ilustración 44. Características caldera de condensación seleccionada, 2016, Catálogo wolfiberica

3.8.2 Cálculo del interacumulador del circuito de apoyo.

Con la intención de mejorar el ahorro energético se instalará un interacumulador intermedio entre el acumulador de la energía solar la demanda de ACS.

Se instala este acumulador ya que es mucho más sencillo mantener a 60°C un acumulador pequeño que el grande de 3000 litros.

El interacumulador que se va a instalar será de 1/4 del volumen de nuestro acumulador principal, es decir que se trata de un interacumulador de 750 litros, a diferencia de nuestro acumulador principal, este segundo acumulador contará con un intercambiador interno, de tipo serpentín por el que circulará el agua de la caldera de apoyo para mantener este depósito a la temperatura requerida.

Utilizamos el intercambiador interno en vez del externo que usamos en el intercambio primario-secundario debido a que en este caso ambos fluido son agua potable de red, por lo que una fuga no sería tan problemática como en el otro caso, bastaría con buscar la fuga, repararla y rellenar el circuito cerrado en el que trabaja la caldera.

Acudiendo a interacumuladores comerciales, seleccionamos un interacumulador de 750 litros de la marca Termicol. Como se puede observar en la ilustración N°45 se trata de un interacumulador con serpentín fijo.

ACUMULADORES PARA ACS SERPENTÍN FIJO



Acumuladores verticales con serpentín simple fijo para Agua Caliente Sanitaria de acero al carbono y tratamiento interior vitrificado con 5 años de garantía. Serpentín en acero vitrificado de gran superficie de intercambio.

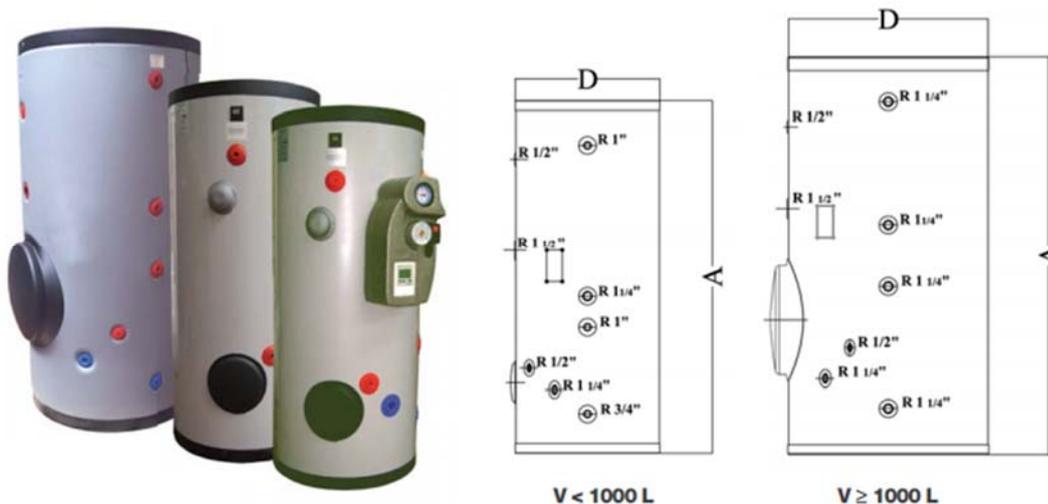


Ilustración 45. Interacumulador de serpentín fijo seleccionado, 2017, Catálogo Termicol

Características	150 L	200 L	300 L	500 L	800 L	1000 L	1500 L	2000 L
Sup. de serp. (m²)	0,67	0,84	1,13	1,88	2,4	2,98	4,57	6,2
Potencia (kW) - Caudal (l/h) ti=10°C, ts=45°C	19-469	24-588	32-791	53-1316	67-1680	83-2086	128-3199	174-4340
Peso (kg)	100	110	128	190	280	335	510	560
Diámetro (D mm)	580	580	580	735	940	1000	1200	1350
Altura (A mm)	1009	1364	1864	1810	2010	2010	1685	2055

Interacumuladores vitrificados con serpentín fijo

Modelo	Capacidad (litros)	Protección Exterior	Referencia	P.V.P €
ATE150S	150	Poliuretano rígido y acero galvanizado	ACUE0150-11	730
ATE200S	200	Poliuretano rígido y acero galvanizado	ACUE0200-11	820
ATE300S	300	Poliuretano rígido y acero galvanizado	ACUE0300-11	925
ATE500S	500	Poliuretano rígido y acero galvanizado	ACUE0500-11	1.325
ATE800S	750	Poliuretano flexible	ACUE0800-11	2.200
ATE1000S	1.000	Poliuretano flexible	ACUE1000-11	2.900
ATE1500S	1.500	Poliuretano flexible	ACUE1500-11	4.865
ATE2000S	2.000	Poliuretano flexible	ACUE2000-11	5.285

Ilustración 46. Características interacumulador seleccionado, 2017, Catálogo Termicol

3.9 DIMENSIONADO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

3.9.1 Cálculo del caudal por el sistema de tuberías

En este apartado se pretende calcular el caudal máximo que deberá de llevar cada una de las tuberías de la instalación.

Se acudirá al documento HS-4 del CTE para conocer los consumos por tipo y punto de la instalación.

Para facilitar la interpretación de los cálculos, se han nombrado todas las tuberías en los planos con la misma nomenclatura que en estas tablas, se puede consultar en los planos N°1, N°2 y N°3 del Anexo I del presente proyecto.

Se calcularán los caudales de las tuberías de reparto, con un coeficiente de simultaneidad de 0,8.

Se trata de un coeficiente de simultaneidad muy conservador. Esto se debe a que se prevé que la mayoría de los consumos sean simultáneos, debido a la finalización de las clases o de actividades deportivas. No se puede por tanto reducir el coeficiente de simultaneidad ya que se podría dar lugar a la escasez en el suministro de ACS.

Los caudales que se han marcado en naranja son los caudales que se han visto afectado por el coeficiente de simultaneidad.



ESTUDIO HIDRÁULICO PLANTA BAJA				
TRAMO	Tipo de punto de consumo	L (m)	Q (dm ³ /s)	Q(dm ³ /s) Aplicando factor simultaneidad 0,8
RB 1	Lavabo	1	0,065	0,07
RB 2	-	9,7	0,065	0,07
RB 3	Lavabo	1	0,065	0,07
RB 4	-	9,7	0,065	0,07
RB 5	Lavabo	1	0,065	0,07
RB 6	-	9,7	0,065	0,07
RB 7	-	20,6	0,195	0,16
RB 8	-	24	1,360	1,09
RB 9	-	2,7	0,200	0,20
RB 10	Fregadero no doméstico	1	0,200	0,20
RB 11	Fregadero no doméstico	1,8	0,200	0,20
RB 12	Fregadero no doméstico	1,8	0,200	0,20
RB 13	-	5	0,465	0,47
RB 14	Lavabo	3,6	0,065	0,07
RB 15	Fregadero no doméstico	0,7	0,200	0,20
RB 16	Fregadero no doméstico	0,7	0,200	0,20
RB 17	-	37,8	1,980	1,58
RB 19	-	3	0,165	0,17
RB 20	Ducha	3	0,100	0,10
RB 21	Lavabo	1,4	0,065	0,07
RB 22	Lavabo	1,2	0,065	0,07
RB 23	Lavabo	1,2	0,065	0,07
RB 24	-	4,5	0,130	0,13
RB 25	-	4,5	0,130	0,13
RB 26	Lavabo	0,9	0,065	0,07
RB 27	Lavabo	0,9	0,065	0,07
RB 28	Lavabo	0,9	0,065	0,07
RB 29	Lavabo	0,9	0,065	0,07
RB 30	Ducha	3,5	0,100	0,10
NB	-	59,8	1,980	1,58

Tabla 10. Cálculo hidráulico del circuito de ACS en la planta baja, 2016, Fuente propia



ESTUDIO HIDRÁULICO PLANTA PRIMERA				
TRAMO	Tipo de punto de consumo	L (m)	Q (dm ³ /s)	Q(dm ³ /s) Aplicando factor simultaneidad 0,8
RP 1	-	1,1	1,983	1,5864
RP 2	-	3,1	1,353	1,0824
RP 3	-	2,45	0,63	0,504
RP 4	-	2,45	0,63	0,504
RP 5	Lavabo	1,25	0,065	0,065
RP 6	Lavabo	1,25	0,065	0,065
RP 7	Lavabo	1,25	0,065	0,065
RP 8	Lavabo	1,25	0,065	0,065
RP 9	Ducha	1,3	0,2	0,2
RP 10	Ducha	1,3	0,2	0,2
RP 11	Ducha	1,3	0,2	0,2
RP 12	Ducha	1,3	0,2	0,2
RP 13	Ducha	1,3	0,2	0,2
RP 14	Ducha	1,3	0,2	0,2
RP 15	Ducha	1,3	0,2	0,2
RP 16	Ducha	1,3	0,2	0,2
RP 17	Ducha	1,3	0,2	0,2
RP 18	Ducha	1,3	0,2	0,2
RP 19	-	7,55	0,23	0,184
RP 20	Lavabo	0,4	0,065	0,065
RP 21	Lavabo	0,4	0,065	0,065
RP 22	Lavabo	2,2	0,065	0,065
RP 23	Ducha	0,55	0,1	0,1
RP 24	-	37,3	0,455	0,364
RP 25	-	8	0,13	0,13
RP 26	Lavabo	2,25	0,065	0,065
RP 27	Lavabo	2,25	0,065	0,065
RP 28	-	9,37	0,325	0,26
RP 29	-	2,8	0,195	0,195
RP 30	Lavabo	0,5	0,065	0,065
RP 31	Lavabo	0,5	0,065	0,065
RP 32	Lavabo	0,5	0,065	0,065
RP 33	Lavabo	0,8	0,065	0,065
RP 34	Lavabo	0,8	0,065	0,065
RP 35	-	4,9	0,5	0,4
RP 36	-	4,9	0,5	0,4
RP 37	-	4,4	0,685	0,548
RP 38	-	1,5	0,723	0,5784
NP	-	49,83	1,983	1,5864

Tabla 11. Cálculo hidráulico del circuito de ACS en la planta primera, 2016, Fuente propia

ESTUDIO HIDRÁULICO SALA DE MÁQUINAS POST DEPÓSITO

TRAMO	Tipo de punto de consumo	L (m)	Q (dm ³ /s)
RC 1	-	1	3,1664
RC 2	-	1	3,1664
RC 3	-	0,5	3,1664
RC 4	-	6,5	3,1664
RA	PREVENCIÓN LEGIONELA	4,3	0,8
NC	RECIRCULACIÓN	8,6	3,1664

Tabla 12. Cálculo hidráulico post-acumulador en la sala de máquinas, 2016, Fuente propia

3.9.2 Cálculo de tuberías y pérdidas de carga.

Se procede a continuación al cálculo de diámetro interior de las tuberías y al cálculo de las pérdidas de carga.

Para el cálculo de tuberías utilizaremos la fórmula siguiente:

$$D = \sqrt{\frac{4000 \times Q}{\pi \times V}}$$

Donde:

D = Diámetro interior mínimo de la tubería en mm.

Q = Caudal que porta la tubería en litros/segundo.

V = Velocidad del fluido en metros/segundo.

Una vez hallamos el diámetro mínimo de tubería, buscamos el diámetro comercial estrictamente igual o el siguiente superior al calculado.

Una vez se ha elegido, se recalcula para comprobar que la velocidad sigue dentro de los parámetros de diseño.

Para esta instalación se hará uso de tubo reticulado, comúnmente conocido como PEX o multicapa.

En cuanto a la velocidad de diseño, para este tipo de tubo se pueden utilizar velocidades de entre 0,5 y 3,5 m/s. Cuanto mayor es la velocidad mayor es el ruido que se produce, y debido a que se va a realizar la instalación en un centro educativo donde los alumnos requieren de concentración, se toma una velocidad de diseño de 0,6 m/s.



Si en algún caso fuera necesario reducir la sección de tubo, aumentando la velocidad, y por tanto, el ruido y las pérdidas de carga, se reduciría en las zonas de paso, fuera de las aulas.

En cuanto a las pérdidas de carga se tomará el valor que indique el fabricante para cada una de sus tuberías, los fabricantes suelen dar este parámetro en función de la longitud, por lo que tendremos que multiplicar por la longitud de cada una de las tuberías.

Con la finalidad de tener en cuenta los codos, tes, válvulas, y en definitiva, todos los demás elementos de la instalación que producen pérdidas de carga, se hallará una longitud equivalente de tubería, que será mayor que la real, de esta manera, al multiplicar el coeficiente de pérdidas que da el fabricante, por la longitud equivalente, hallaremos las pérdidas reales de la instalación.

En aras de reducir las pérdidas de carga, algunas de las tuberías principales mantendrán un diámetro constante en vez de ir reduciendo su diámetro a medida que portan menos caudal, ya que las reducciones incrementan las pérdidas de carga.

Se calculará siempre de manera que el fluido no pueda superar las velocidades máximas de diseño.

Para el cálculo de las pérdidas de carga se tomarán como referencia las del catálogo de tuberías PEX de Industrial Blansol, en su serie 5.

Se utilizarán por tanto las tuberías de este fabricante para la instalación, o, en el caso de que se utilizarán las de otro fabricante, se comprobaría que todas comparten los mismos coeficientes de pérdidas de carga que las que se toman como referencia.



φ	e	INT	VELOCIDAD		CAUDAL		PERDIDA CARGA		
			m/s	L/h	l/s	mmca/m	Pa/m	mbar/m	
12	1,8	8,4	0,4	79,8	0,02	39,49	394,95	3,95	
16	1,8	12,4	0,4	173,9	0,05	23,45	234,46	2,34	
20	1,9	16,2	0,4	296,8	0,08	16,47	164,71	1,65	
25	2,3	20,4	0,4	470,7	0,13	12,18	121,81	1,22	
32	2,9	26,2	0,4	776,3	0,22	8,80	88,04	0,88	
40	3,7	32,6	0,4	1.202,0	0,33	6,64	66,44	0,66	
50	4,6	40,8	0,4	1.882,7	0,52	4,99	49,87	0,50	
63	5,8	51,4	0,4	2.988,0	0,83	3,72	37,19	0,37	
75	6,8	61,4	0,4	4.263,7	1,18	2,97	29,71	0,30	
90	8,2	73,6	0,4	6.126,4	1,70	2,37	23,66	0,24	
12	1,8	8,4	0,6	119,7	0,03	78,32	783,17	7,83	
16	1,8	12,4	0,6	260,8	0,07	46,86	468,58	4,69	
20	1,9	16,2	0,6	445,2	0,12	33,08	330,77	3,31	
25	2,3	20,4	0,6	706,0	0,20	24,56	245,58	2,46	
32	2,9	26,2	0,6	1.164,5	0,32	17,82	178,18	1,78	
40	3,7	32,6	0,6	1.802,9	0,50	13,49	134,91	1,35	
50	4,6	40,8	0,6	2.824,0	0,78	10,16	101,57	1,02	
63	5,8	51,4	0,6	4.482,0	1,24	7,60	75,98	0,76	
75	6,8	61,4	0,6	6.395,6	1,78	6,08	60,83	0,61	
90	8,2	73,6	0,6	9.189,7	2,55	4,85	48,54	0,49	
12	1,8	8,4	0,8	159,6	0,04	128,23	1.282,29	12,82	
16	1,8	12,4	0,8	347,8	0,10	77,09	770,95	7,71	
20	1,9	16,2	0,8	593,6	0,16	54,59	545,85	5,46	
25	2,3	20,4	0,8	941,3	0,26	40,62	406,24	4,06	
32	2,9	26,2	0,8	1.552,7	0,43	29,55	295,49	2,95	
40	3,7	32,6	0,8	2.403,9	0,67	22,42	224,17	2,24	
50	4,6	40,8	0,8	3.765,3	1,05	16,91	169,11	1,69	
63	5,8	51,4	0,8	5.976,0	1,66	12,67	126,73	1,27	
75	6,8	61,4	0,8	8.527,4	2,37	10,16	101,61	1,02	
90	8,2	73,6	0,8	12.252,9	3,40	8,12	81,19	0,81	



12	1,8	8,4	1,0	199,5	0,06	188,75	1.887,48	18,87
16	1,8	12,4	1,0	434,7	0,12	113,87	1.138,68	11,39
20	1,9	16,2	1,0	742,0	0,21	80,79	807,93	8,08
25	2,3	20,4	1,0	1.176,7	0,33	60,23	602,32	6,02
32	2,9	26,2	1,0	1.940,9	0,54	43,89	438,86	4,39
40	3,7	32,6	1,0	3.004,9	0,83	33,34	333,42	3,33
50	4,6	40,8	1,0	4.706,7	1,31	25,19	251,87	2,52
63	5,8	51,4	1,0	7.470,0	2,07	18,90	189,01	1,89
75	6,8	61,4	1,0	10.659,3	2,96	15,17	151,69	1,52
90	8,2	73,6	1,0	15.316,1	4,25	12,13	121,33	1,21
12	1,8	8,4	1,2	239,4	0,07	259,56	2.595,62	25,96
16	1,8	12,4	1,2	521,7	0,14	156,99	1.569,92	15,70
20	1,9	16,2	1,2	890,4	0,25	111,57	1.115,69	11,16
25	2,3	20,4	1,2	1.412,0	0,39	83,28	832,83	8,33
32	2,9	26,2	1,2	2.329,0	0,65	60,76	607,61	6,08
40	3,7	32,6	1,2	3.605,9	1,00	46,21	462,13	4,62
50	4,6	40,8	1,2	5.648,0	1,57	34,95	349,46	3,49
63	5,8	51,4	1,2	8.964,0	2,49	26,25	262,51	2,63
75	6,8	61,4	1,2	12.791,2	3,55	21,08	210,83	2,11
90	8,2	73,6	1,2	18.379,3	5,11	16,88	168,76	1,69
12	1,8	8,4	1,4	279,3	0,08	340,45	3.404,54	34,05
16	1,8	12,4	1,4	608,6	0,17	206,33	2.063,35	20,63
20	1,9	16,2	1,4	1.038,8	0,29	146,82	1.468,21	14,68
25	2,3	20,4	1,4	1.647,3	0,46	109,71	1.097,09	10,97
32	2,9	26,2	1,4	2.717,2	0,75	80,12	801,25	8,01
40	3,7	32,6	1,4	4.206,8	1,17	60,99	609,92	6,10
50	4,6	40,8	1,4	6.589,3	1,83	46,16	461,60	4,62
63	5,8	51,4	1,4	10.458,0	2,90	34,70	347,03	3,47
75	6,8	61,4	1,4	14.923,0	4,15	27,89	278,88	2,79
90	8,2	73,6	1,4	21.442,5	5,96	22,34	223,35	2,23

Tabla 13. Tuberías de referencia, 2016, Catálogo Tuberías PEX Serie 5 Industrial Blansol

ESTUDIO HIDRÁULICO PLANTA BAJA									
TRAMO	Tipo de punto de consumo	L (m)	Q (dm3/s)	Di (mm)	V (m/s)	Diámetro comercial	PC mm c.a./m	PC mm c.a	V real m/s
RB 1	Lavabo	1	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	46,86	0,54
RB 2	-	9,7	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	454,542	0,54
RB 3	Lavabo	1	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	46,86	0,54
RB 4	-	9,7	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	454,542	0,54
RB 5	Lavabo	1	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	46,86	0,54
RB 6	-	9,7	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	454,542	0,54
RB 7	-	20,6	0,125	16,27	0,6	20,4	24,56	505,936	0,38
RB 8	-	24	0,870	42,98	0,6	51,4	7,6	182,4	0,42
RB 9	-	2,7	0,200	20,60	0,6	26,2	17,82	48,114	0,37
RB 10	Fregadero no doméstico	1	0,200	20,60	0,6	26,2	17,82	17,82	0,37
RB 11	Fregadero no doméstico	1,8	0,200	20,60	0,6	26,2	17,82	32,076	0,37
RB 12	Fregadero no doméstico	1,8	0,200	20,60	0,6	26,2	17,82	32,076	0,37
RB 13	-	5	0,465	31,41	0,6	32,6	13,49	67,45	0,56
RB 14	Lavabo	3,6	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	168,696	0,54
RB 15	Fregadero no doméstico	0,7	0,200	20,60	0,6	26,2	17,82	12,474	0,37
RB 16	Fregadero no doméstico	0,7	0,200	20,60	0,6	26,2	17,82	12,474	0,37
RB 17	-	37,8	1,584	57,98	0,6	61,4	6,08	229,824	0,53
RB 19	-	3	0,165	18,71	0,6	20,4	24,56	73,68	0,50
RB 20	Ducha	3	0,100	14,57	0,6	16,2	0,12	0,36	0,49
RB 21	Lavabo	1,4	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	65,604	0,54
RB 22	Lavabo	1,2	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	56,232	0,54
RB 23	Lavabo	1,2	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	56,232	0,54
RB 24	-	4,5	0,130	16,61	0,6	20,4	24,56	110,52	0,40
RB 25	-	4,5	0,130	16,61	0,6	20,4	24,56	110,52	0,40
RB 26	Lavabo	0,9	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	42,174	0,54
RB 27	Lavabo	0,9	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	42,174	0,54
RB 28	Lavabo	0,9	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	42,174	0,54
RB 29	Lavabo	0,9	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	42,174	0,54
RB 30	Ducha	3,5	0,100	14,57	0,6	16,2	33,08	115,78	0,49
NB	-	59,8	1,584	57,98	0,6	61,4	6,08	363,584	0,53

Tabla 14. Cálculo velocidades y pérdidas del circuito de ACS en la planta baja, 2016, Fuente propia



ESTUDIO HIDRÁULICO PLANTA PRIMERA									
TRAMO	Tipo de punto de consumo	L (m)	Q (dm3/s)	Di	V (m/s)	Diámetro Comercial	PC mm c.a./m	PC mm c.a	V real (m/s)
RP 1	-	1,1	1,983	64,87	0,6	73,6	4,85	5,335	0,466
RP 2	-	3,1	1,353	53,58	0,6	61,4	6,08	18,848	0,457
RP 3	-	2,45	0,63	36,56	0,6	40,8	10,16	24,892	0,482
RP 4	-	2,45	0,63	36,56	0,6	40,8	10,16	24,892	0,482
RP 5	Lavabo	1,25	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	58,575	0,538
RP 6	Lavabo	1,25	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	58,575	0,538
RP 7	Lavabo	1,25	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	58,575	0,538
RP 8	Lavabo	1,25	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	58,575	0,538
RP 9	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	26,2	17,82	23,166	0,371
RP 10	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	26,2	17,82	23,166	0,371
RP 11	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	26,2	17,82	23,166	0,371
RP 12	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	26,2	17,82	23,166	0,371
RP 13	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	26,2	17,82	23,166	0,371
RP 14	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	26,2	17,82	23,166	0,371
RP 15	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	26,2	17,82	23,166	0,371
RP 16	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	26,2	17,82	23,166	0,371
RP 17	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	26,2	17,82	23,166	0,371
RP 18	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	26,2	17,82	23,166	0,371
RP 19	-	7,55	0,23	22,09	0,6	26,2	17,82	134,541	0,427
RP 20	Lavabo	0,4	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	19,544	0,538
RP 21	Lavabo	0,4	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	19,544	0,538
RP 22	Lavabo	2,2	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	107,492	0,538
RP 23	Ducha	0,55	0,1	14,57	0,6	26,2	17,86	9,823	0,185
RP 24	-	37,3	0,455	31,07	0,6	32,6	13,49	503,177	0,545
RP 25	-	8	0,13	16,61	0,6	20,4	24,56	196,48	0,398
RP 26	Lavabo	2,25	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	109,935	0,538
RP 27	Lavabo	2,25	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	109,935	0,538
RP 28	-	9,37	0,325	26,26	0,6	32,6	13,49	126,4013	0,389
RP 29	-	2,8	0,195	20,34	0,6	20,4	24,56	68,768	0,597
RP 30	Lavabo	0,5	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	24,43	0,538
RP 31	Lavabo	0,5	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	24,43	0,538
RP 32	Lavabo	0,5	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	24,43	0,538
RP 33	Lavabo	0,8	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	39,088	0,538
RP 34	Lavabo	0,8	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	39,088	0,538
RP 35	-	4,9	0,5	32,57	0,6	32,6	13,49	66,101	0,599
RP 36	-	4,9	0,5	32,57	0,6	32,6	13,49	66,101	0,599
RP 37	-	4,4	0,685	38,13	0,6	40,8	10,16	44,704	0,524
RP 38	-	1,5	0,723	39,17	0,6	40,8	10,16	15,24	0,553
NP	-	49,83	1,983	64,87	0,6	73,6	4,85	241,6755	0,466

Tabla 15. Cálculo velocidades y pérdidas del circuito de ACS en la planta primera, 2016, Fuente propia

ESTUDIO HIDRÁULICO SALA DE MÁQUINAS POST DEPÓSITO									
TRAMO	Tipo de punto de consumo	L (m)	Q (dm3/s)	Di	V (m/s)	Diámetro comercial	PC mm c.a./m	PC mm c.a	V real (m/s)
RC 1	-	1	3,1664	81,97	0,6	93,6	2,37	2,37	0,46
RC 2	-	1	3,1664	81,97	0,6	93,6	2,37	2,37	0,46
RC 3	-	0,5	3,1664	81,97	0,6	93,6	2,37	1,185	0,46
RC 4	-	6,5	3,1664	81,97	0,6	93,6	2,37	15,405	0,46
RA	PREVENCIÓN LEGIONELA	4,3	0,8	41,20	0,6	51,4	7,6	32,68	0,39
NC	RECIRCULACIÓN	8,6	3,1664	81,97	0,6	93,6	2,37	20,382	0,46

Tabla 16. Cálculo velocidades y pérdidas del circuito de ACS en la sala de máquinas, 2016, Fuente propia

Como se puede observar en las tablas, al recalcular la velocidad real en función de la tubería que se ha tomado, algunas de las velocidades salen inferiores a 0,5 m/s, que es el mínimo recomendable para nuestra instalación, nos vemos obligados por tanto, a recalcular eligiendo un diámetro de tuberías inferior en esos casos.



ESTUDIO HIDRÁULICO PLANTA BAJA									
TRAMO	Tipo de punto de consumo	L (m)	Q (dm ³ /s)	Di (mm)	V (m/s)	Diámetro comercial	PC mm c.a./m	PC mm c.a	V real m/s
RB 1	Lavabo	1	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	46,86	0,54
RB 2	-	9,7	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	454,542	0,54
RB 3	Lavabo	1	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	46,86	0,54
RB 4	-	9,7	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	454,542	0,54
RB 5	Lavabo	1	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	46,86	0,54
RB 6	-	9,7	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	454,542	0,54
RB 7	-	20,6	0,125	16,27	0,6	16,2	24,56	505,936	0,61
RB 8	-	24	0,870	42,98	0,6	40,8	7,6	182,4	0,67
RB 9	-	2,7	0,200	20,60	0,6	20,4	17,82	48,114	0,61
RB 10	Fregadero no doméstico	1	0,200	20,60	0,6	20,4	17,82	17,82	0,61
RB 11	Fregadero no doméstico	1,8	0,200	20,60	0,6	20,4	17,82	32,076	0,61
RB 12	Fregadero no doméstico	1,8	0,200	20,60	0,6	20,4	17,82	32,076	0,61
RB 13	-	5	0,465	31,41	0,6	32,6	13,49	67,45	0,56
RB 14	Lavabo	3,6	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	168,696	0,54
RB 15	Fregadero no doméstico	0,7	0,200	20,60	0,6	20,4	17,82	12,474	0,61
RB 16	Fregadero no doméstico	0,7	0,200	20,60	0,6	20,4	17,82	12,474	0,61
RB 17	-	37,8	1,584	57,98	0,6	61,4	6,08	229,824	0,53
RB 19	-	3	0,165	18,71	0,6	20,4	24,56	73,68	0,50
RB 20	Ducha	3	0,100	14,57	0,6	12,4	0,12	0,36	0,83
RB 21	Lavabo	1,4	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	65,604	0,54
RB 22	Lavabo	1,2	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	56,232	0,54
RB 23	Lavabo	1,2	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	56,232	0,54
RB 24	-	4,5	0,130	16,61	0,6	16,2	24,56	110,52	0,63
RB 25	-	4,5	0,130	16,61	0,6	16,2	24,56	110,52	0,63
RB 26	Lavabo	0,9	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	42,174	0,54
RB 27	Lavabo	0,9	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	42,174	0,54
RB 28	Lavabo	0,9	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	42,174	0,54
RB 29	Lavabo	0,9	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	42,174	0,54
RB 30	Ducha	3,5	0,100	14,57	0,6	12,4	33,08	115,78	0,83
NB	-	59,8	1,584	57,98	0,6	61,4	6,08	363,584	0,53

Tabla 17. Cálculo velocidades y pérdidas del circuito de ACS en la planta baja corrección de diámetros para velocidades mínimas, 2016, Fuente propia



ESTUDIO HIDRÁULICO PLANTA PRIMERA										
TRAMO	Tipo de punto de consumo	L (m)	Q (dm3/s)	Di	V (m/s)	Diámetro Comercial	PC mm c.a./m	PC mm c.a	V real (m/s)	
RP 1	-	1,1	1,983	64,87	0,6	61,4	4,85	5,335	0,670	
RP 2	-	3,1	1,353	53,58	0,6	51,4	6,08	18,848	0,652	
RP 3	-	2,45	0,63	36,56	0,6	32,6	10,16	24,892	0,755	
RP 4	-	2,45	0,63	36,56	0,6	32,6	10,16	24,892	0,755	
RP 5	Lavabo	1,25	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	58,575	0,538	
RP 6	Lavabo	1,25	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	58,575	0,538	
RP 7	Lavabo	1,25	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	58,575	0,538	
RP 8	Lavabo	1,25	0,065	11,74	0,6	12,4	46,86	58,575	0,538	
RP 9	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	20,4	17,82	23,166	0,612	
RP 10	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	20,4	17,82	23,166	0,612	
RP 11	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	20,4	17,82	23,166	0,612	
RP 12	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	20,4	17,82	23,166	0,612	
RP 13	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	20,4	17,82	23,166	0,612	
RP 14	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	20,4	17,82	23,166	0,612	
RP 15	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	20,4	17,82	23,166	0,612	
RP 16	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	20,4	17,82	23,166	0,612	
RP 17	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	20,4	17,82	23,166	0,612	
RP 18	Ducha	1,3	0,2	20,60	0,6	20,4	17,82	23,166	0,612	
RP 19	-	7,55	0,23	22,09	0,6	20,4	17,82	134,541	0,704	
RP 20	Lavabo	0,4	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	19,544	0,538	
RP 21	Lavabo	0,4	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	19,544	0,538	
RP 22	Lavabo	2,2	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	107,492	0,538	
RP 23	Ducha	0,55	0,1	14,57	0,6	12,4	17,86	9,823	0,828	
RP 24	-	37,3	0,455	31,07	0,6	32,6	13,49	503,177	0,545	
RP 25	-	8	0,13	16,61	0,6	16,2	24,56	196,48	0,631	
RP 26	Lavabo	2,25	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	109,935	0,538	
RP 27	Lavabo	2,25	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	109,935	0,538	
RP 28	-	9,37	0,325	26,26	0,6	26,2	13,49	126,4013	0,603	
RP 29	-	2,8	0,195	20,34	0,6	20,4	24,56	68,768	0,597	
RP 30	Lavabo	0,5	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	24,43	0,538	
RP 31	Lavabo	0,5	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	24,43	0,538	
RP 32	Lavabo	0,5	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	24,43	0,538	
RP 33	Lavabo	0,8	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	39,088	0,538	
RP 34	Lavabo	0,8	0,065	11,74	0,6	12,4	48,86	39,088	0,538	
RP 35	-	4,9	0,5	32,57	0,6	32,6	13,49	66,101	0,599	
RP 36	-	4,9	0,5	32,57	0,6	32,6	13,49	66,101	0,599	
RP 37	-	4,4	0,685	38,13	0,6	40,8	10,16	44,704	0,524	
RP 38	-	1,5	0,723	39,17	0,6	40,8	10,16	15,24	0,553	
NP	-	49,83	1,983	64,87	0,6	61,4	4,85	241,6755	0,670	

Tabla 18. Cálculo velocidades y pérdidas del circuito de ACS en la planta primera corrección de diámetros para velocidades mínimas, 2016, Fuente propia

ESTUDIO HIDRÁULICO SALA DE MÁQUINAS POST DEPÓSITO										
TRAMO	Tipo de punto de consumo	L (m)	Q (dm3/s)	Di	V (m/s)	Diametro comercial	PC mm c.a./m	PC mm c.a	V real (m/s)	
RC 1	-	1	3,1664	81,97	0,6	73,6	2,37	2,37	0,74	
RC 2	-	1	3,1664	81,97	0,6	73,6	2,37	2,37	0,74	
RC 3	-	0,5	3,1664	81,97	0,6	73,6	2,37	1,185	0,74	
RC 4	-	6,5	3,1664	81,97	0,6	73,6	2,37	15,405	0,74	
RA	PREVENCIÓN LEGIONELA	4,3	0,8	41,20	0,6	40,8	7,6	32,68	0,61	
NC	RECIRCULACIÓN	8,6	3,1664	81,97	0,6	73,6	2,37	20,382	0,74	

Tabla 19. Cálculo velocidades y pérdidas del circuito de ACS en la sala de máquinas corrección de diámetros para velocidades mínimas, 2016, Fuente propia

Si se suman las pérdidas de carga calculadas en todas las tablas, donde ya se han tenido en cuenta las longitudes equivalentes para tener en cuenta las pérdidas por codos, tes, etc... ascienden a un total de 0.85 mca.

A estas pérdidas, debemos sumar la altura que tendrá que superar el retorno a su vuelta, es de 5.5 mca, por lo que la bomba del circuito de consumo deberá superar los 6.35 mca.

Calculamos a continuación el circuito hidráulico del circuito primario y del secundario. Para calcular estos circuitos, acudimos en primer lugar a la hoja de características del captador, donde nos indican el caudal recomendado para su correcto funcionamiento.

Caída de presión	
Caída de presión (mm.c.a.) vs. caudal (l/min)	
Término lineal	50,796
Término cuadrático	71,423
Caudal Óptimo	40 l/h m ²

Tabla 20. Características captador solar Termicol TM25MS, 2016, Hoja de características TM25MS Termicol

Sabiendo el caudal que trasiega uno de los captadores ya podemos calcular el caudal de todas las tuberías del circuito primario y del secundario.

Para hallar las pérdidas de carga, tendremos que recurrir a las fórmulas de cálculo de pérdidas en tuberías lisas de cobre.

$$P_{dcu} = 378 \times \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Donde:

P_{dcu} = Pérdida de carga unitaria mmca/m

Q = Caudal (l/h)

D = Diámetro interior de la tubería (mm)

Para el dimensionamiento de las tuberías, tomaremos como referencia las tuberías de cobre Ecutherm Solar para aplicaciones solares de la marca Talos.

Outside diameter of copper tube	mm	12	15	18	22
Wall Thickness	mm	1,0	1,0	1,0	1,0
Total diameter with 13 mm thick insulation	mm	38	41	44	48
Maximum working pressure	bar	83	65	54	43
Bend Radius		4 X OD			

Ilustración 47. Diámetros tuberías de cobre comerciales, 2016, Catalogo tuberías para aplicaciones solares Talos



ESTUDIO HIDRÁULICO CIRCUITO PRIMARIO								
TRAMO	Tipo de punto de consumo	L (m)	Q (dm3/s)	Di	V (m/s)	Diametro comercial	PC mm c.a./m	PC mm c.a
VP 1	-	40,9	0,4	20,00	0,6	20	84	3435,6
VP2 - VP16	-	18	0,026	18,00	0,6	18	1,21	21,78
EP 2	-	53,95	0,4	20,00	0,6	20	84	4531,8
EP3 - EP17	-	10,5	0,026	18,00	0,6	18	1,21	12,705

Tabla 21. Dimensión y pérdidas de carga circuito primario, 2016, Fuente propia

Si sumamos las pérdidas de carga del circuito primario ascienden a 8 mca. Debido a que este circuito pasa también por el intercambiador deberemos sumarle las pérdidas de carga que se producen en este, tal y como se ve en la ilustración N°48, nuestro intercambiador produce una caída de presión en el circuito primario de 38.5 kPa, que en m.c.a son 3.92 mca. Por lo que el circuito tiene unas pérdidas de carga totales 11.92 mca.

ESTUDIO HIDRÁULICO CIRCUITO SECUNDARIO							
TRAMO	Tipo de punto de consumo	L (m)	Q (dm3/s)	Di	Diametro comercial	PC mm c.a./m	PC mm c.a
ENTRADA INTERCAMBIA-		1,68	1,11	16,00	16	1450,53	2436,8904
SALIDA INTERCAMBIA-		1,44	1,11	16,00	16	1450,53	2088,7632

Tabla 22. Dimensión y pérdidas de carga circuito secundario, 2016, Fuente propia

Dimensionamos el circuito secundario para el máximo caudal que nos permite el intercambiador según su hoja de características que se puede ver en la ilustración N°49, para así conseguir un intercambio de energía más rápido. Si sumamos las pérdidas de carga del circuito secundario, ascienden a 4.4 mca, ya que se han instalado unas tuberías del diámetro máximo permitido por el intercambiador, que es de tan solo 16 mm, de esta manera el fluido circulará rápido generándose pérdidas de carga. Además de los 4.4 mca habrá que sumarle la propia caída de presión en el secundario del intercambiador, que como se observa en la ilustración N°48, será de 45.5 kPa, que son 4.64 mca, por lo que el circuito secundario tendrá un total de pérdidas de carga de 9,04 mca.

The screenshot shows the 'Design' tab of the SSP G7 software. On the left, configuration parameters are set: Fluid Side 1 is 'lene Glycol - Water' (10%), Fluid Side 2 is 'Water', CoCurrent is unchecked, Exchangers are 'B-Types', Heat load is '20,00 kW', Inlet temperature is '80,00 °C' and '65,00 °C', and Outlet temperature is '75,00 °C' and '70,00 °C'. A 'Calculate' button is visible at the bottom of the configuration panel.

The main table lists heat exchanger models with their respective pressure drops and weights. The selected model, BX8Tx32, is highlighted in blue. Below the table, the 'Heat Exchanger : BX8Tx32' details are shown, including 'Side 1 : Outer circuit' and 'Side 2 : Inner circuit'. Two tables provide 'DUTY REQUIREMENTS' and 'PLATE HEAT EXCHANGER' specifications.

	Unit	Side 1	Side 2
Heat load	kW		20,00
Inlet temperature	°C	80,00	65,00
Outlet temperature	°C	75,00	70,00
Flow rate	kg/s		0,9547
Max. pressure drop	kPa	50,0	50,0
Thermal length		0,500	0,500

	Unit	Side 1	Side 2
Total heat transfer area	m ²		0,414
Heat flux	kW/m ²		29,0
Mean temperature difference	K		10,00
O.H.T.C. (available/required)	W/m ² .°C		8700/2900
Pressure drop -total*	kPa	38,5	45,5
- in ports	kPa	3,98	3,94
Port diameter	mm	16,0/16,0 (up/down)	16,0/16,0 (up/down)
Number of channels		16	15

Ilustración 48, Caídas de presión en el intercambiador seleccionado, 2017, Programa SSP G7

El BX8T con la marca X es una opción especialmente adecuada para numerosas aplicaciones de una y dos fases en multitud de sectores. Su eficaz transferencia de calor puede utilizarse en aplicaciones tales como bombas de calor y refrigeración de contenedores. Las placas en X en la parte delantera y trasera proporcionan estabilidad a la estructura, al tiempo que actúan como eficaces placas de transferencia de calor. Este conjunto de placas totalmente activas maximiza el uso del material y lo convierten en un producto eficaz y competitivo para aplicaciones exigentes.

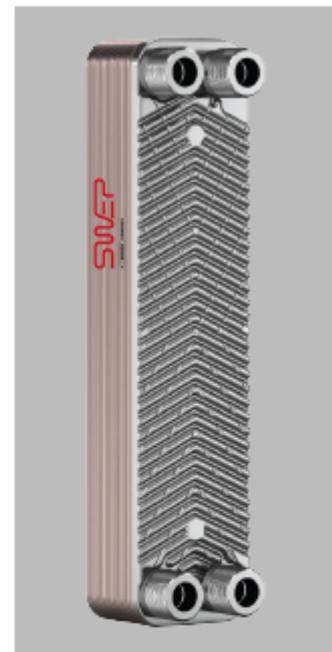
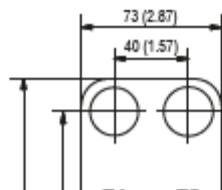
Conexiones*



*Para dimensiones específicas o para obtener información sobre otros tipos de conexiones, póngase en contacto con su representante de ventas de SWEP.

Clases de presión

8 Estándar, evaluada por EN 13345.



Número máximo de placas (NoP)	60
Tamaño del puerto F1/P1	16 mm (0.63 in)
Tamaño del puerto F2/P2	16 mm (0.63 in)
Tamaño del puerto F3/P3	16 mm (0.63 in)
Tamaño del puerto F4/P4	16 mm (0.63 in)
Volumen máximo de caudal	4 m ³ /h (17.6 gpm)
Volumen del canal (B)	0,039 dm ³
Volumen del canal (U8)	0,00138 m ³

Ilustración 49. Caudal máximo admitido por el intercambiador, 2017, Datasheet Intercambiador SWEP BX8T x 32

3.9.3 Dimensionado de las bombas

Para el dimensionado de las bombas se necesitará conocer el caudal que deben trasegar y la presión que deben de aportar.

Se van a utilizar para dimensionar los catálogos de bombas de la marca Ideal.

Se seleccionarán bombas horizontales monoblock por su sencillez y fácil mantenimiento.

Las bombas se montarán siempre dobles, para que si una falla exista otra que pueda entrar a trabajar.

Se exponen a continuación los datos de las 3 bombas a calcular:

-Circuito primario:

-Caudal: $24 \text{ l/min} = 0.4 \text{ l/seg}$

-Perdidas de carga: 11.92 mca

-Circuito secundario:

-Caudal: $66 \text{ l/min} = 1.1 \text{ l/seg}$

-Peridas de carga : 9 mca

-Circuito Terciario:

-Caudal: $190 \text{ l/min} = 3.16 \text{ l/seg}$

-Perdidas de carga: 6.35 mca

Bomba circuito primario:

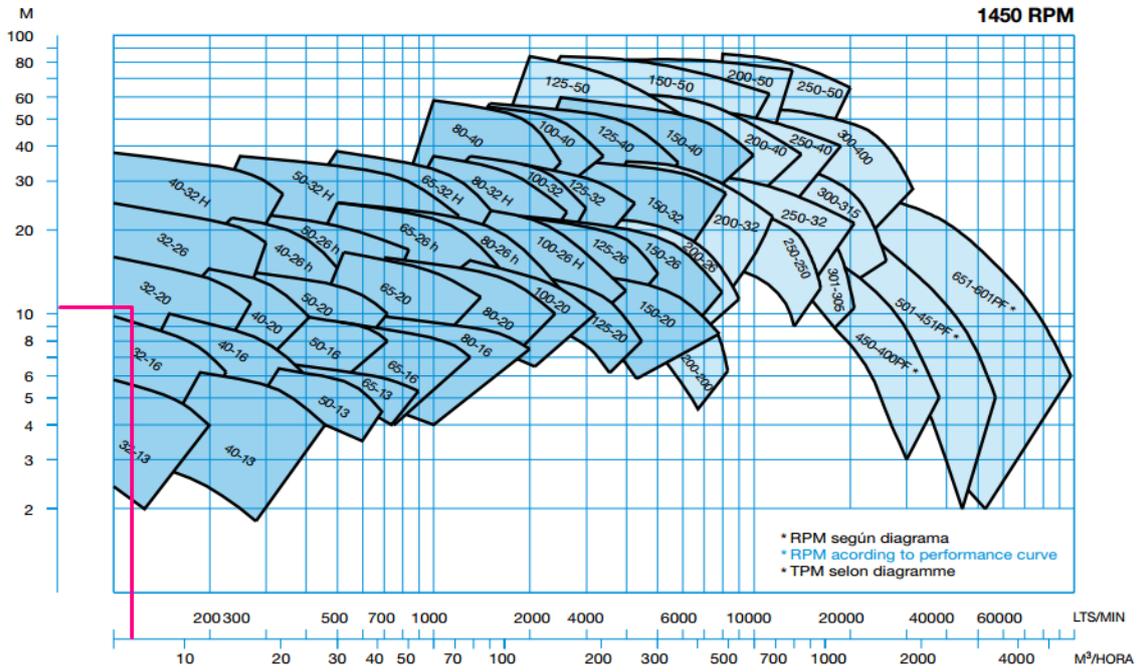


Ilustración 50, Selección bomba primario, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales

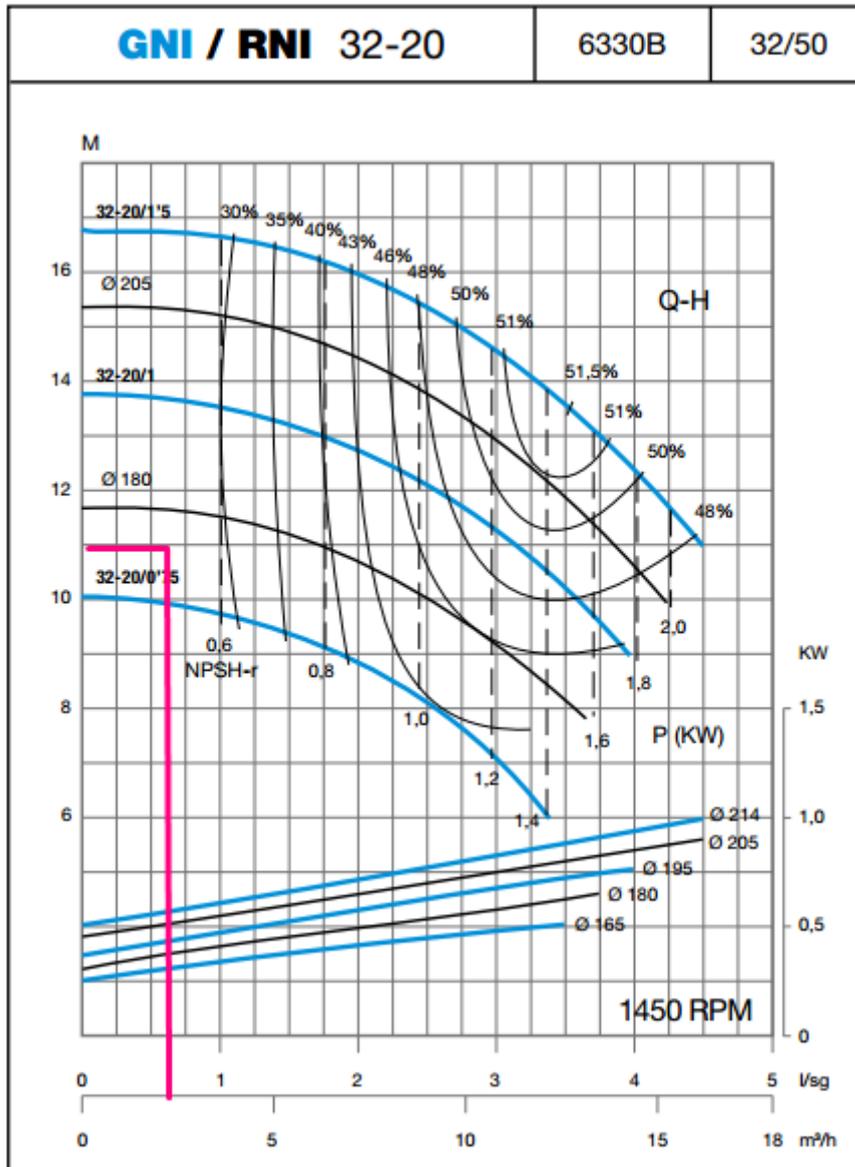


Ilustración 51. Selección bomba primario 32-20, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales

La potencia de la bomba será de 0.25 KW, su diámetro de rodete 165 mm y su rendimiento inferior al 30%.

TIPO TYPE	KW	CV	m3/h						
			0	6	9	12	15	18	
			0	100	150	200	250	300	
GNI 32-13	1450	0,55	0,75	6,4	5,8	5,2	4		
GNI 32-16	1450	0,55	0,75	10,2	9,8	9,2	7,2		
GNI 32-20	1450	0,55	0,75	10	9,2	8,2	6		
GNI 32-20	1450	0,75	1	13,8	13,1	12,2	10,6		
GNI 32-20	1450	1,1	1,5	16,8	16,2	15,4	13,8	11,9	
GNI 32-26	1450	1,5	2	17,5	17,4	16,7	15,4	13	
GNI 32-26	1450	2,2	3	25,5	25	24,5	23	21,5	17,5

Ilustración 52. Características bomba seleccionada circuito primario, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales

Bomba circuito secundario:

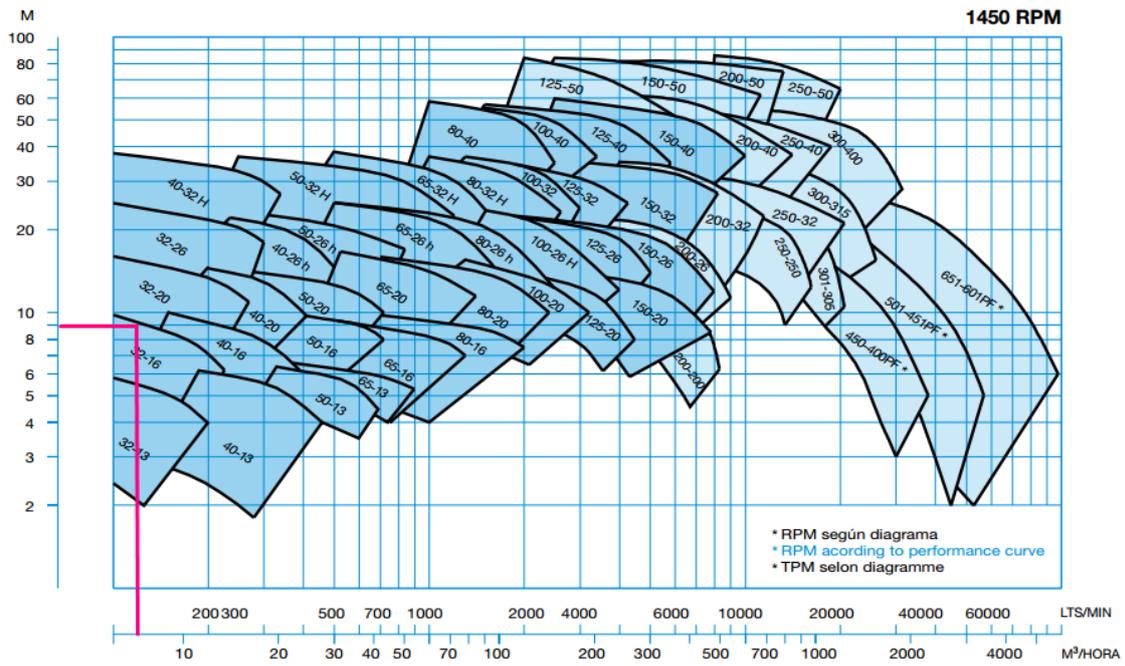


Ilustración 53. Selección bomba secundario, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales

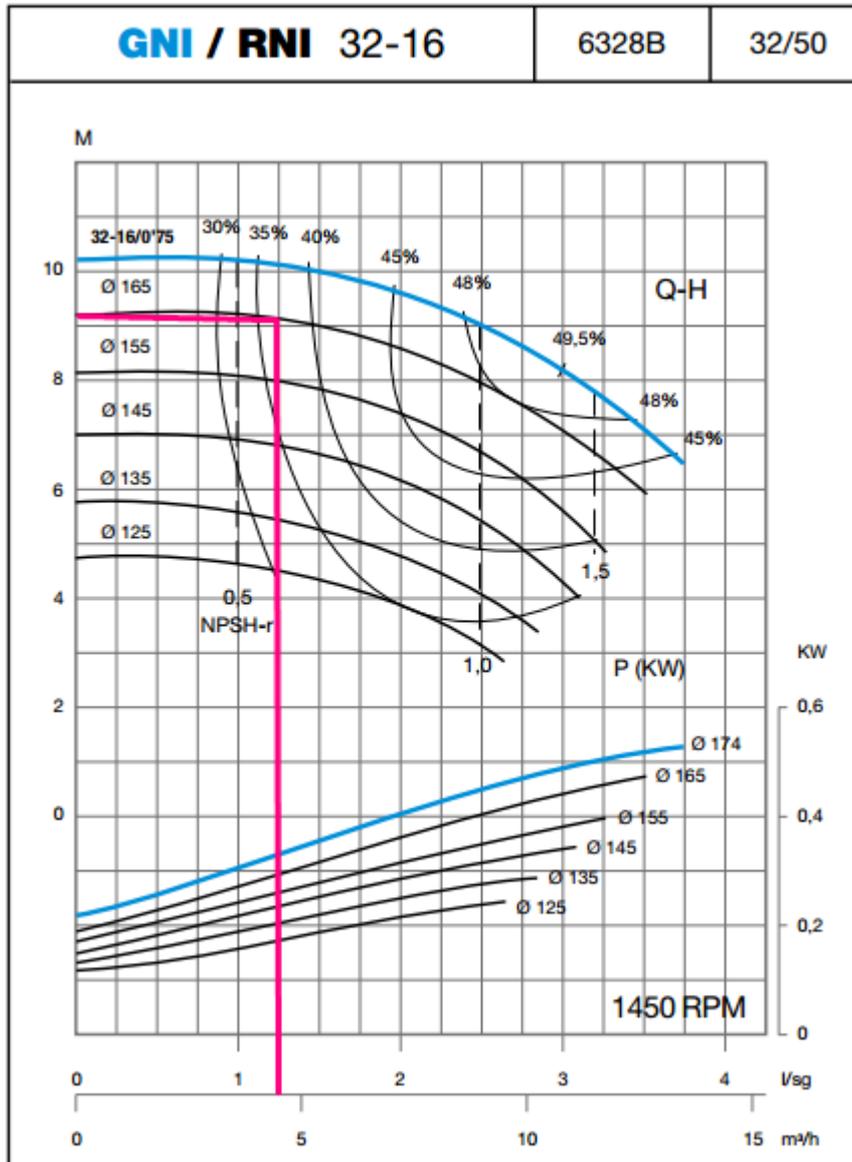


Ilustración 54. Selección bomba secundario 32-16, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales

La potencia de la bomba será de 0.35 KW, su diámetro de rodete de 174 mm y su rendimiento del 37%.

La bomba trabajará algo sobrada en cuanto a presión, pero es la que debemos seleccionar si queremos que sea monoblock.

TIPO TYPE	KW	CV	m3/h	0	6	9	12	15	18	21	24
			l/min	0	100	150	200	250	300	350	400
GNI 32-13	1450	0,55	0,75	6,4	5,8	5,2	4				
GNI 32-16	1450	0,55	0,75	10,2	9,8	9,2	7,2				
GNI 32-20	1450	0,55	0,75	10	9,2	8,2	6				
GNI 32-20	1450	0,75	1	13,8	13,1	12,2	10,6				
GNI 32-20	1450	1,1	1,5	16,8	16,2	15,4	13,8	11,9			
GNI 32-26	1450	1,5	2	17,5	17,4	16,7	15,4	13			
GNI 32-26	1450	2,2	3	25,5	25	24,5	23	21,5	17,5		
GNI 40-13	1450	0,55	0,75	6,6	6,6	6,5	6,5	6,3	5,9	5,5	4,9
GNI 40-16	1450	0,55	0,75	8	7,8	7,5	7	6,4	5,5	4,5	
GNI 40-16	1450	0,75	1	9,3	9,1	8,8	8,4	7,8	7	6	4,5
GNI 40-16	1450	1,1	1,5	10,8	10,6	10,4	10,1	9,5	8,8	7,8	6,6
GNI 40-20	1450	1,1	1,5	13,6	13,4	13	12,5	11,7	10,8	9,4	
GNI 40-20	1450	1,5	2	16,6	16,5	16,3	16	15,1	14	12,3	10,8
GNI 40-26	1450	1,5	2	14,8	14,5	14,2	13,8	13,2	12,5	11	9,2

Ilustración 55. Características bomba circuito secundario, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales

Bomba circuito terciario o de consumo:

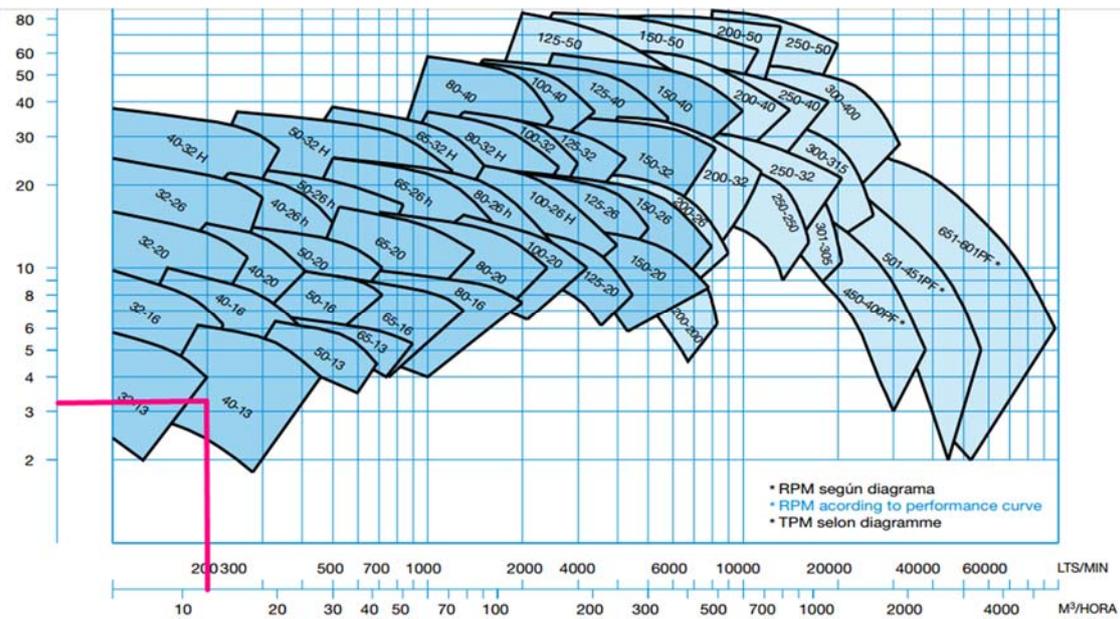


Ilustración 56. Selección bomba terciario, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales

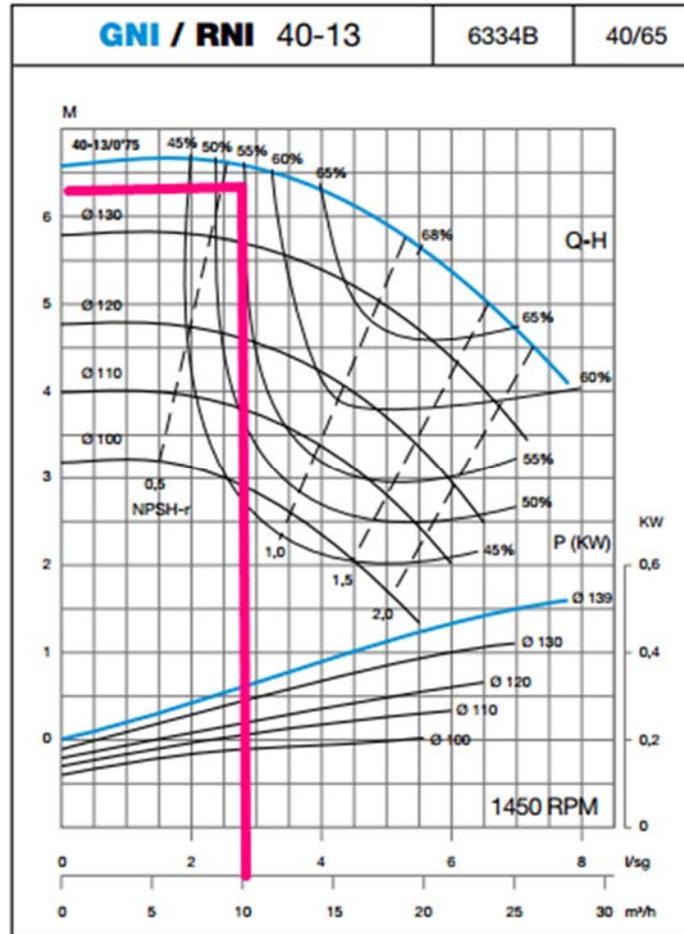


Ilustración 57. Selección bomba primario 40-13, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales

La potencia de la bomba será de 0.35 KW, su diámetro de 130 mm y su rendimiento del 55%.

GNI 32-20	1450	1,0	2	17,0	17,4	18,7	19,4	21,5				
GNI 32-26	1450	2,2	3	25,5	25	24,5	23	21,5	17,5			
GNI 40-13	1450	0,55	0,75	6,6	6,6	6,5	6,5	6,3	5,9	5,5	4,9	4,4
GNI 40-16	1450	0,55	0,75	8	7,8	7,5	7	6,4	5,5	4,5		
GNI 40-16	1450	0,75	1	9,3	9,1	8,8	8,4	7,8	7	6	4,5	
GNI 40-16	1450	1,1	1,5	10,8	10,6	10,4	10,1	9,5	8,8	7,8	6,6	
GNI 40-20	1450	1,1	1,5	13,6	13,4	13	12,5	11,7	10,8	9,4		
GNI 40-20	1450	1,5	2	16,6	16,5	16,3	16	15,1	14	12,3	10,8	
GNI 40-26	1450	1,5	2	14,8	14,5	14,2	13,8	13,2	12,5	11	9,2	

Ilustración 58. Características bomba seleccionada circuito terciario, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales

Bomba circuito de apoyo:

Debido a que la caldera se encuentra justo al lado del depósito de acumulación, la longitud de las tuberías generan unas pérdidas de carga despreciables, si que se tendrá en cuenta las pérdidas de carga dentro de la caldera, que acudiendo al propio datasheet de esta, resultan ser de 95mbar que es aproximadamente de 1 mca, teniendo en cuenta estos parámetros y que el caudal de agua no nos es determinante ya que se trara de un circuito cerrado que calienta la caldera, se decide seleccionar la momba monoblock más pequeña del catalogo del fabricante que estamos usando, que resulta ser la GNI 32-13.

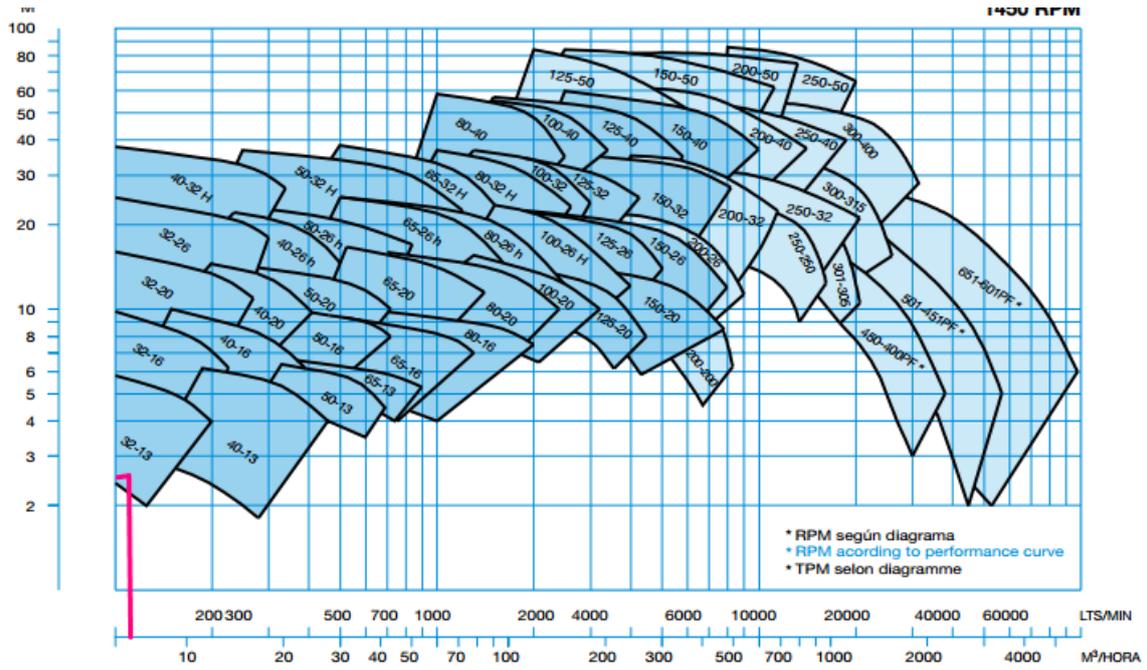


Ilustración 59. Selección bomba apoyo, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales

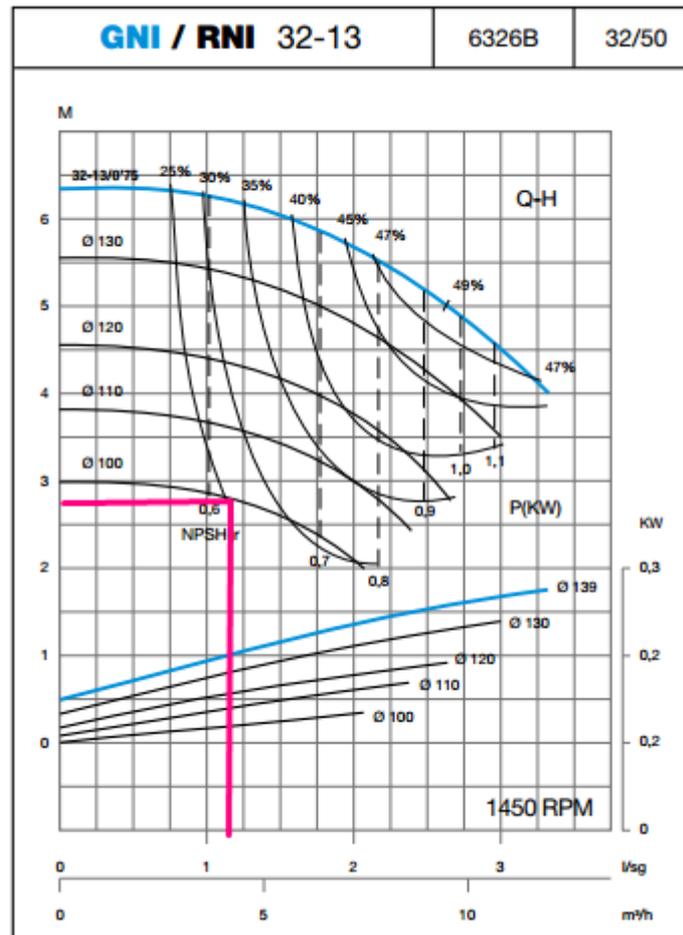


Ilustración 60. Características bomba seleccionada circuito apoyo, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales



TIPO TYPE	KW	CV	m3/h	0	6	9	12	15	18	21	24	27	30
			l/min	0	100	150	200	250	300	350	400	450	500
GNI 32-13	1450	0,55	0,75	6,4	5,8	5,2	4						
GNI 32-16	1450	0,55	0,75	10,2	9,8	9,2	7,2						
GNI 32-20	1450	0,55	0,75	10	9,2	8,2	6						
GNI 32-20	1450	0,75	1	13,8	13,1	12,2	10,6						
GNI 32-20	1450	1,1	1,5	16,8	16,2	15,4	13,8	11,9					
GNI 32-26	1450	1,5	2	17,5	17,4	16,7	15,4	13					
GNI 32-26	1450	2,2	3	25,5	25	24,5	23	21,5	17,5				
GNI 40-13	1450	0,55	0,75	6,6	6,6	6,5	6,5	6,3	5,9	5,5	4,9	4,4	
GNI 40-16	1450	0,55	0,75	8	7,8	7,5	7	6,4	5,5	4,5			
GNI 40-16	1450	0,75	1	9,3	9,1	8,8	8,4	7,8	7	6	4,5		
GNI 40-16	1450	1,1	1,5	10,8	10,6	10,4	10,1	9,5	8,8	7,8	6,6		

Ilustración 61. Selección bomba circuito de apoyo 32-13, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales

3.9.4 Dimensionado de los vasos de expansión.

Se calculará el volumen de los vasos de expansión mediante la fórmula:

$$V_{\text{vaso}} = V_{\text{útil}} \times C_{\text{pre}}$$

$$V_{\text{útil}} = V_{\text{dilatado}} + V_{\text{reserva}} + V_{\text{vapor}}$$

$$V_{\text{vapor}} = 1,1 \times V_{\text{captadores}}$$

$$V_{\text{reserva}} = 0.029 \times V_{\text{total}}$$

$$V_{\text{dilatado}} = V_{\text{total}} \times C_e$$

$$V_{\text{total}} = V_{\text{captadores}} + V_{\text{tuberias}} + V_{\text{intercambiadores}}$$

$$ce = (3,24 \times t^e + 102.13 \times t - 2708.3) \times 10^{-6}$$

Donde:

V_{total} = Es el volumen total del circuito primario

ce = coeficiente de expansión del líquido del sistema primario

t = temperatura máxima de la instalación °C

C_{pre} = Coeficiente de presión.

Para el cálculo del coeficiente de expansión del líquido del circuito primario debemos de tener en cuenta que no se trata de agua pura, sino que está mezclada con propilenglicol, con lo que se debe de calcular un factor de corrección que depende de la siguiente variable:

$$a = -0,0134 \times (G^2 - 143,8 \times G + 1918,2)$$

$$b = 3,5 \times 10^{-4} (G^2 - 94.57 \times G + 500)$$

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

Donde:

G: el porcentaje de glicol, en nuestro caso es del 0,3.

Para calcular el coeficiente de presión, se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_{\text{pre}} = \frac{P_{\text{max}} + 1}{P_{\text{max}} - P_{\text{min}}}$$



$$P_{estática} = h \times 0.1$$

$$P_{min} = 0.5 \times P_{estática}$$

$$P_{máx} = P_{válvula_seguridad} - 0.3$$

Donde:

$P_{máx}$ = Presión máxima que soporta el vaso de expansión

P_{mix} = Presión mínima en el vaso de expansión

h = Diferencia de altura entre el punto más alejado de la instalación y el vaso de expansión (m).

$P_{válvula_seguridad}$: Presión de tarado de la válvula de seguridad

Calculamos ahora nuestro vaso de expansión del circuito primario, buscamos en las características de nuestro captador y del resto de elementos de la instalación para hallar la temperatura máxima de funcionamiento de la instalación sin problemas ni sobrecalentamientos, y resulta ser de 140 °C.

Tenemos un porcentaje de propilenglicol del 30%.

Nuestra altura h será de 0m, y la válvula de seguridad soporta 6 bares.

Calculamos Ayudándonos del programa Excel del paquete Microsoft Office de la compañía Microsoft.

Vaso expansión Primario	
V vaso (l)	30,11
V util (l)	26,18
V vapor (l)	20,96
V reserva (l)	1,53
V dilatado (l)	3,70
V total (l)	52,80
V captadores (l)	19,05
V tuberías (l)	33,71
V intercambiadores (l)	0,04
ce inicial	0,075
ce corregido	0,070
t max	140,00
fc para 10% de glicol	0,87
cpre	1,15

Tabla 23. Cálculo Vaso de expansión circuito primario, 2017, Fuente propia

Como resultado, para nuestro circuito primario necesitaremos un vaso de expansión de 30.11 litros.

Buscamos el volumen de depósito comercial inmediatamente superior al calculado, y resultará ser de 35 litros.

Seleccionaremos un vaso de expansión de la marca IBAIONDO, el modelo será el 35SMR-P

Presión Max. 10 Bar (35-100 L).



Temperatura -10°C + 130°C
Precarga 2,5 Bar.

Peso Kg.	Codigo	Tipo	Capacidad	Presión Max.	Dimensiones	Conexión Agua R
10.00	01035070	35 SMR-P	35 L	10 BAR	360x615	1 4
12.00	01050070	50 SMR-P	50 L	10 BAR	360x750	1 4
16.00	03080070	80 SMR-P	80 L	10 BAR	450x750	1 4
18.00	03100070	100 SMR-P	100 L	10 BAR	450x850	1 4

Ilustración 62. Selección vaso de expansión circuito primario, 2017, Catalogo Ibaiondo

Calculamos ahora nuestro vaso de expansión del circuito secundario, buscamos en las características de nuestro intercambiador y del resto de elementos de la instalación para hallar la temperatura máxima de funcionamiento de la instalación sin problemas ni sobrecalentamientos, y resulta ser de 70 °C.

En este caso el fluido es agua potable común.

Nuestra altura h será de 0m, y la válvula de seguridad soporta 6 bares.

Calculamos Ayudándonos del programa Excel del paquete Microsoft Office de la compañía Microsoft.

Vaso de expansión secundario	
V vaso (l)	170,49
V util (l)	148,25
V vapor (l)	3300,00
V reserva (l)	87,03
V dilatado (l)	61,22
V total (l)	3001,04
V depósito (l)	3000,00
V tuberías (l)	1,00
V intercambiadores (l)	0,04
ce inicial	0,02
ce corregido	0,02
t max	70,00
cpre	1,15

Tabla 24. Cálculo Vaso de expansión circuito secundario, 2017, Fuente propia

Como resultado, para nuestro circuito secundario necesitaremos un vaso de expansión de 170.49 litros.

Buscamos el volumen de depósito comercial inmediatamente superior al calculado, y resultará ser de 200 litros.

Seleccionaremos un vaso de expansión de la marca IBAIONDO, el modelo será el 220CMR.

Presión Max. 10 Bar (150 y 700 L).



Temperatura -10°C + 100°C
Precarga 3 Bar.

Peso Kg.	Codigo	Tipo	Capacidad	Presión Max.	Dimensiones	Conexión Agua R	
38.00	03150039	150 CMR	150 L	10 BAR	485x1155	1 ½	4
49.00	03220039	220 CMR	200 L	10 BAR	485x1400	1 ½	4
60.00	03350039	350 CMR	300 L	10 BAR	485x1965	1 ½	4
90.00	03500039	500 CMR	500 L	10 BAR	600x2065	1 ½	4
158.00	03700039	700 CMR	700 L	10 BAR	700x2215	1 ½	4

Ilustración 63. Selección vaso de expansión circuito secundario, 2017, Catalogo Ibaiondo

Por último, calculamos el vaso de expansión para nuestro sistema de apoyo:

Vaso de expansión circuito de apoyo	
V vaso (l)	42,66
V util (l)	37,10
V vapor (l)	825,00
V reserva (l)	21,78
V dilatado (l)	15,32
V total (l)	751,00
V depósito (l)	750,00
V tuberías (l)	1,00
V intercambiadores (l)	0,00
ce inicial	0,02
ce corregido	0,02
t max	70,00
cpre	1,15

Tabla 25. Cálculo Vaso de expansión circuito de apoyo, 2017, Fuente propia

Como resultado, para nuestro circuito de apoyo necesitaremos un vaso de expansión de 42.66 litros.

Buscamos el volumen de depósito comercial inmediatamente superior al calculado, y resultará ser de 50 litros.

Seleccionaremos un vaso de expansión de la marca IBAIONDO, el modelo será el 50CMR.

Presión Max. 10 Bar (35-100 L).



Temperatura -10°C + 100°C
Precarga 3 Bar.

Peso Kg.	Codigo	Tipo	Capacidad	Presión Max.	Dimensiones	Conexión Agua R
10.00	01035249	35 CMR	35 L	10 BAR	360x615	1 4
12.00	01050249	50 CMR	50 L	10 BAR	360x750	1 4
16.00	03080239	80 CMR	80 L	10 BAR	450x750	1 4
18.00	03100039	100 CMR	100 L	10 BAR	450x850	1 4

Ilustración 64. Selección vaso de expansión circuito apoyo, 2017, Catalogo Ibaiondo

3.9.5 Aislamiento.

Se va a calcular el aislante de todos los elementos excepto los captadores de la instalación mediante el método simplificado recogido en el Reglamento de instalaciones térmicas (en adelante RITE [4]).

Los colectores solares vienen ya con su aislamiento de lana de vidrio correctamente dimensionado desde fábrica, por lo que no hará falta acometer instalaciones de aislamiento en este elemento.

Para el cálculo por el método simplificado acudimos a las tablas del RITE mostradas en la Tabla Nº26 del presente proyecto

En la propia norma nos indica, que el aislamiento para el depósito será el indicado para tuberías mayores de 140.

La norma también indica que el aislamiento para toda la valvulería y el resto de elementos que requieran de aislamiento será igual a II aislamiento de la propia tubería en la que estén instalados

Estas tablas son válidas para aislantes con una conductividad térmica de: 0,04 W/(m·K) a 10 °C, si se fueran a utilizar aislantes con conductividades diferentes no sería válido este procedimiento y habría que calcular mediante la fórmula:

para superficies de sección circular:

$$d = \frac{D}{2} \left[\text{EXP} \left(\frac{\lambda}{\lambda_{\text{ref}}} \cdot \ln \frac{D + 2 \cdot d_{\text{ref}}}{D} \right) - 1 \right]$$

donde:

λ_{ref} : conductividad térmica de referencia, igual a 0,04 W/(m·K) a 10 °C.

λ : conductividad térmica del material empleado, en W/(m·K)

d_{ref} : espesor mínimo de referencia, en mm

d : espesor mínimo del material empleado, en mm

D : diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería, en mm

\ln : logaritmo neperiano (base 2,7183...)

EX : significa el número neperiano elevado a la expresión entre paréntesis

Ilustración 65. Ecuación para el cálculo de aislantes de conductividad diferente a la de referencia, 2016, RITE



Tabla 1.2.4.2.1: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios

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

Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios

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

Tabla 26. Calculo de aislamientos por el método simplificado, 2016, RITE

En cuanto al aislamiento de las tuberías exteriores, como podemos observar en la tabla, nos correspondería un aislante de 35 mm para todas ellas, ya que la tubería de distribución es de 20 mm y las de conexión a los captadores son de 12, con lo que todas ellas son menores de 35 mm de diámetro exterior.

En cuanto a las tuberías interiores tenemos las tuberías del secundario, que comparten diámetro con las del primario, pero por tratarse de una tubería interior nos bastará con 25 mm de aislante.

Respecto a las tuberías del circuito de consumo, no todas llevarán el mismo aislante, se acudirá a las tablas Nº17, Nº18 y Nº19 del presente proyecto para observar los diámetros interiores de nuestras tuberías, en función de ese diámetro, acudiremos a la tabla Nº13 para conocer el diámetro exterior de cada una de ellas, y una vez sepamos el diámetro exterior, acudiremos de nuevo a la tabla Nº29 de espesores del RITE para ver el aislante que le corresponde.

En cuanto al depósito de acumulación de ACS tal y como dice el RITE se le aplicará el aislante correspondiente a tuberías mayores de 140 mm, que en nuestro caso, conteniendo el depósito agua a 70 °C, resulta ser de 40 mm de aislante .

3.9.6 Otros elementos de la instalación

-Válvula de corte: Se instalarán válvulas de corte que permitan el seccionamiento de la instalación en cualquier momento, generalmente pensando en mantenimiento y sustituciones de elementos por averías, por lo que al menos encontraremos llaves antes y después de los elementos susceptibles de avería.

-Válvula de seguridad: Se asegurará la integridad del circuito y de las personas mediante la instalación de válvulas de seguridad, en el caso de esta instalación se colocarán todas las válvulas de seguridad taradas a 6 bares, ya que la instalación está diseñada para soportar presiones superiores a esta. Se deberán de colocar válvulas en todos los circuitos para garantizar que la instalación sea segura a lo largo de todo su recorrido.

-Válvula anti retorno: Se colocarán para evitar las recirculaciones a contracorriente que pudieran dañar la instalación o provocar un mal funcionamiento de la misma. Se colocan justo a la salida de la bomba, dejando fluir al líquido en una única dirección.

-Manómetro: Se instarán manómetros en todos los aparatos que intervengan en la presión del sistema, es decir, vasos de expansión, bombas e intercambiadores, esto nos permitirá una visión directa de la presión en los elementos indicados y comprobar si su funcionamiento es correcto.

-Sistema de llenado y vaciado automático: Se encargará de llenar y vaciar los captadores cuando el sistema de control así lo indique, o si fuera necesario de forma manual para tareas de mantenimiento o reparación.

-Purgadores: Es necesaria la instalación de purgadores para eliminar el aire que haya podido quedar dentro de la instalación después de un llenado o vaciado.

3.10 SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control se encargará del encendido y corte de las bombas en función de las necesidades del sistema.

La unidad de control se formará por un PLC programado y por una pantalla que muestre los datos de las sondas y el estado actual de las bombas, así como un histórico de las actuaciones por parte del sistema en los días anteriores.

El sistema se encargará de conectar la bomba del circuito primario cuando la sonda de radiación solar indique que existe un nivel apropiado de radiación para el funcionamiento de la instalación. Comenzará a circular el fluido por el circuito primario y por el intercambiador de placas, de esta manera irá calentándose todo el circuito primario.

Cuando la sonda de temperatura que mide el circuito primario detecte que la temperatura del circuito es la adecuada, el sistema de control conectará la bomba del circuito secundario, forzando de esta manera al fluido a pasar por el intercambiador y comenzar a calentar el agua del acumulador.

Ambos circuitos continuarán en marcha hasta que el sistema detecte que, o bien el depósito acumulador llega a la temperatura estipulada, en cuyo caso se desconectarán tanto el circuito secundario como el primario, o bien, que el diferencial de temperatura entre el primario y el secundario sea menor de dos grados a favor del primario, ya que entonces podríamos comenzar a enfriar el acumulador, por lo que el sistema parará también las bombas de ambos circuitos.

El sistema de control también será el encargado de medir la temperatura en el depósito, y conectar el sistema de apoyo si fuera necesario para incrementar la temperatura del agua el depósito para combatir la legionelosis.

Por último, dentro del funcionamiento normal de la instalación, el sistema de control será el encargado de calcular, a partir de las temperaturas de las sondas, si es necesaria o no la conexión del sistema de apoyo o es suficiente el aporte de energía mediante los colectores solares.

Al margen del comportamiento del sistema es su ciclo normal, que ya hemos comentado arriba, el sistema tiene que ser capaz de actuar en todas las situaciones que puedan poner en riesgo la integridad del sistema o del agua que se prepara para consumo.

En el caso de que se detecte un sobrecalentamiento del campo de captadores, el sistema se encargará de hacer un vaciado rápido de los colectores, el vaso de expansión se ha calculado para poder admitir el fluido necesario.

En el caso de que el fluido baje drásticamente su temperatura y entre en riesgo de congelación, el sistema deberá de poner en marcha las bombas tanto del circuito primario como del secundario para aumentar la temperatura del circuito primario reduciendo la temperatura en el acumulador.

3.11 COMPROBACIÓN DEL CTE DB MEDIANTE EL CHEQ4.

El programa CHEQ4 es el programa para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas, es un programa distribuido por el IDAE, y al final del todo el proceso nos proporciona un certificado en el que enumera las partes de la instalación y certifica que esa instalación cumple con la normativa.

Se introducirán en el programa CHEQ 4 todos los parámetros calculados anteriormente para nuestra instalación para verificar si realmente cumplen con la normativa vigente.

A continuación se mostrarán las ilustraciones del proceso seguido en el programa.

CHEQ4 CEIP Paiporta.vas

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Provincia: Municipio: Zona climática: Zona IV Latitud: 39° 25'

Mapa provincia

Altura municipio seleccionado (m): 26

Altura de la instalación (m):

	Rad(MJ/m2)	T.Red (°C)	T.Amb (°C)
Enero	9,1	9,9	10,3
Febrero	12,2	10,9	11,3
Marzo	16,8	11,9	12,5
Abril	21,9	12,9	14,4
Mayo	24,4	14,9	17,3
Junio	26,9	16,9	21,0
Julio	27,6	18,9	23,9
Agosto	23,8	19,9	24,4
Septiembre	19,0	17,9	22,2
Octubre	13,6	15,9	18,2
Noviembre	9,6	12,9	13,6
Diciembre	7,7	10,9	10,8
Promedio	17,7	14,5	16,7

Localización, Configuración, Demanda, Solar/Apoyo, Otros parámetros, Resultados

Datos proyecto | Nuevo proyecto | Abrir proyecto | Guardar proyecto | Ayuda | Acerca de... | Salir

Ilustración 66. Introducción de datos en el programa CHEQ4 paso 1, 2017, Fuente propia

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

RSIT IDAE

CONSUMO ÚNICO	CONSUMO MÚLTIPLE		
<p>Instalación con sistema prefabricado</p>	<p>Instalación con todo centralizado</p>	<p>INSTALACION CON INTERCAMBIADOR INDEPENDIENTE</p> <p>Sistema solar térmico para producción de ACS en instalaciones de consumo único con acumulador solar, intercambiador externo y válvula termostática.</p>	<p>Localización</p>
<p>Instalación con interacumulador</p>	<p>Instalación con apoyo distribuido</p>		<p>Configuración</p>
<p>Instalación con intercambiador independiente</p>	<p>Instalación con acumulación distribuida</p>		<p>Demanda</p>
<p>Instalación con intercambiador y piscina cubierta</p>	<p>Instalación con intercambio distribuido</p>		<p>Solar/Apoyo</p>
			<p>Otros parámetros</p>
			<p>Resultados</p>

Datos proyecto | Nuevo proyecto | Abrir proyecto | Guardar proyecto | Ayuda | Acerca de... | Salir

Ilustración 67. Introducción de datos en el programa CHEQ4 paso 2, 2017, Fuente propia

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

ASIT

CONSUMO ÚNICO

Aplicación:

Número de personas:

Demanda calculada (l/día a 60 °C): 540

CONSUMO MÚLTIPLE

	Viviendas	Dormitorios	Personas	Litros/día
Tipo A	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo B	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo C	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		
Tipo D	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		

Demanda calculada (l/día a 60 °C):

CONSUMO TOTAL

Otras demandas (l/día a 60°C):

Demanda total (l/día a 60°C): 3.240

OCUPACIÓN ESTACIONAL (%)

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
100	100	100	100	100	50
Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
0	0	50	100	100	100

CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EXIGIDA

Datos proyecto | Nuevo proyecto | Abrir proyecto | Guardar proyecto | Ayuda | Acerca de... |

Localización | Configuración | Demanda | Solar/Apoyo | Otros parámetros | Resultados

Ilustración 68. Introducción de datos en el programa CHEQ4 paso 3, 2017, Fuente propia

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

Datos de ensayo

Área (m2)	2,4
n0 (-)	0,813
a1 (W/m2K)	3,674
a2 (W/m2K2)	0,019
Qtest(l/hm2)	68,4
k50	0,85
Laboratorio	CENER
Certificación	NPS-3713

AVISO:
Verificar la existencia y vigencia de la certificación del captador seleccionado.

CAMPO DE CAPTADORES

Núm. captadores Captadores en serie Pérdidas sombras (%)

Orientación (°) Inclinación (°) Área total captadores (m2) 36,00

CIRCUITO PRIMARIO / SECUNDARIO

Caudal prim.(l/h) Anticongelante (%) Long. circuito (m)

Diám. tubería (mm) Esp. aislante (mm) Aislante

SISTEMA DE APOYO

Tipo de sistema

Tipo de combustible

Ilustración 69. Introducción de datos en el programa CHEQ4 paso 4, 2017, Fuente propia

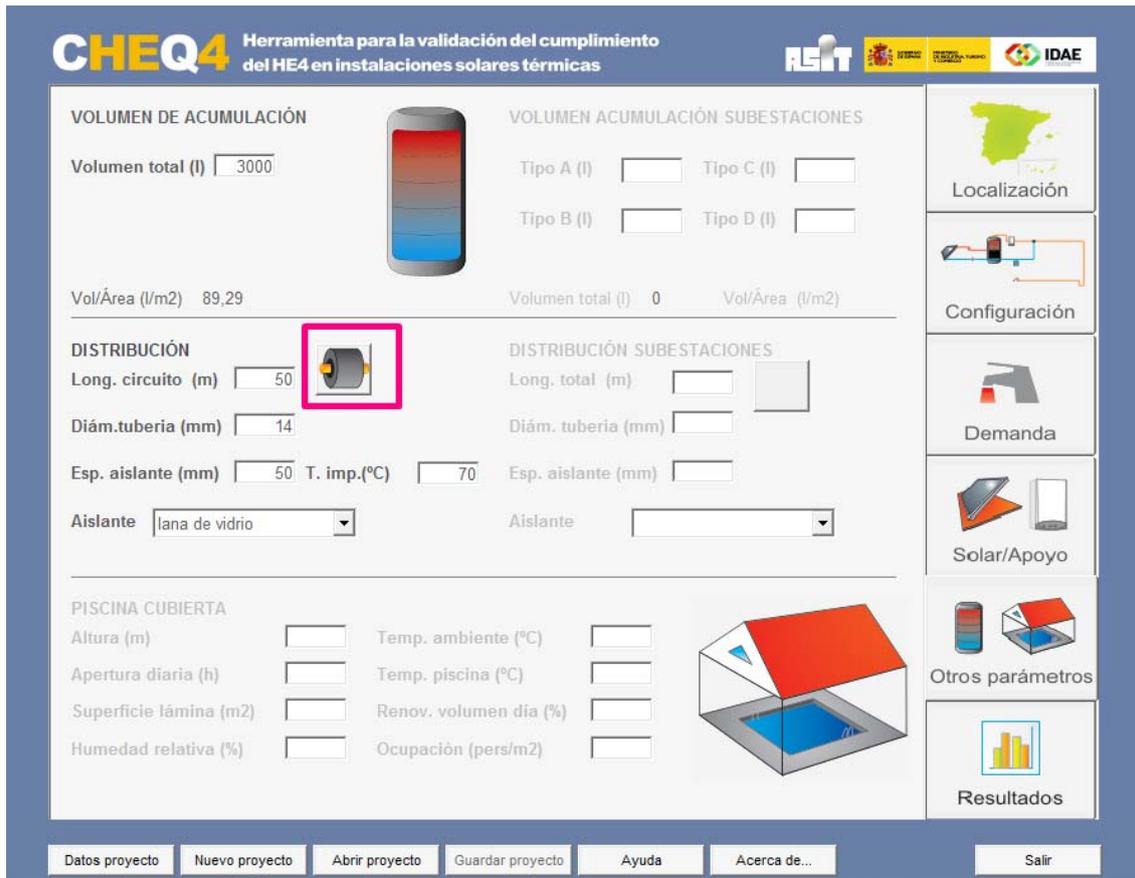


Ilustración 70. Introducción de datos en el programa CHEQ4 paso 5, 2017, Fuente propia

Cálculo longitud equivalente

CÁLCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE DEL CIRCUITO

Número de tramos

Tramo	Diámetro (mm)	Aislante (mm)	Longitud (m)
Tramo 1	26	25	65,75
Tramo 2	20	25	37,6
Tramo 3	25	25	35,05
Tramo 4	32	25	9,37
Tramo 5	40	30	57
Tramo 6	50	30	34,2
Tramo 7	63	30	3,1
Tramo 8	75	30	148,53
Tramo 9	90	30	17,6

Longitud equivalente (m)

Ilustración 71. Introducción de datos en el programa CHEQ4 paso 6, 2017, Fuente propia

CHEQ4 Herramienta para la validación del cumplimiento del HE4 en instalaciones solares térmicas

ASIT

VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

Volumen total (l)



Vol/Área (l/m2) 83,33

DISTRIBUCIÓN

Longitud equivalente 

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm) T. imp.(°C)

Aislante

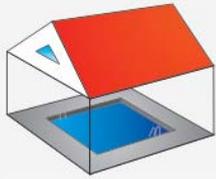
PISCINA CUBIERTA

Altura (m) Temp. ambiente (°C)

Apertura diaria (h) Temp. piscina (°C)

Superficie lámina (m2) Renov. volumen día (%)

Humedad relativa (%) Ocupación (pers/m2)



VOLUMEN ACUMULACIÓN SUBESTACIONES

Tipo A (l) Tipo C (l)

Tipo B (l) Tipo D (l)

Volumen total (l) 0 Vol/Área (l/m2)

DISTRIBUCIÓN SUBESTACIONES

Long. total (m)

Diám. tubería (mm)

Esp. aislante (mm)

Aislante


Localización


Configuración


Demanda


Solar/Apoyo


Otros parámetros


Resultados

Datos proyecto
Nuevo proyecto
Abrir proyecto
Guardar proyecto
Ayuda
Acerca de...
Salir

Ilustración 72. Introducción de datos en el programa CHEQ4 paso 7, 2017, Fuente propia

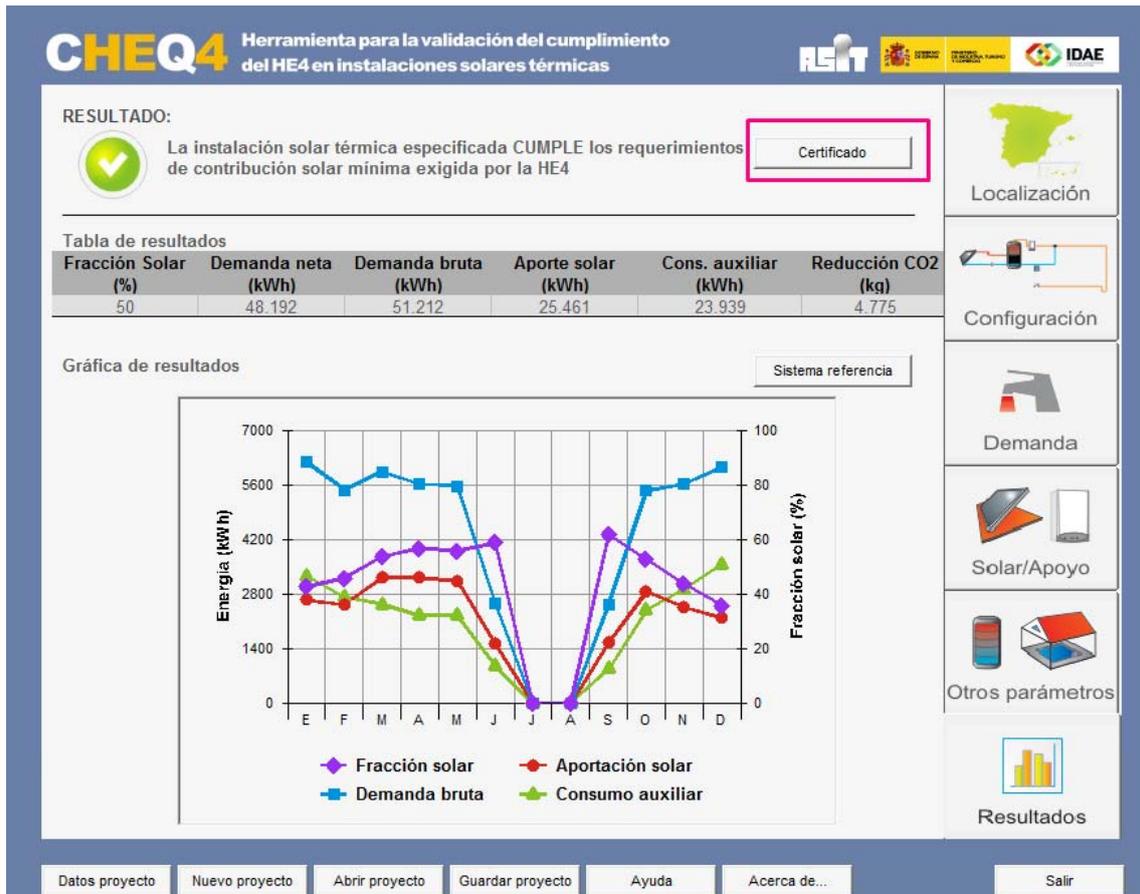


Ilustración 73. Introducción de datos en el programa CHEQ4 paso 8, 2017, Fuente propia



4 PRESUPUESTO

Presupuesto y medición

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
1.1 ICB010	Ud	Captador solar térmico modelo TM25MS de "TERMICOL", con panel de montaje vertical de 1200x2130x83 mm, superficie útil 2,4 m ² , rendimiento óptico 0,813, coeficiente de pérdidas primario 3,674 W/m ² K y coeficiente de pérdidas secundario 0,019 W/m ² K ² , según UNE-EN 12975-2, colocados sobre estructura soporte para cubierta plana.			
	Uds.		Subtotal		
CAPTADORES SOLARES [A]	15		15,000		
		Total Ud	15,000	3.640,86	54.612,90

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
2.1 ICX025	Ud	Termostato diferencial para sistema de captación solar térmica, Logamatic SC10 "BUDERUS".			
	Uds.		Subtotal		
SISTEMA DE CONTROL [A]	1		1,000		
		Total Ud	1,000	584,58	584,58

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
3.1 ICS060	Ud	Acumulador de acero vitrificado, de suelo, modelo MXV-3000-RB "LAPESA", 3000 l, altura 2305 mm, diámetro 1660 mm.			
	Uds.		Subtotal		
ACUMULADOR [A]	1		1,000		
		Total Ud	1,000	6.686,54	6.686,54
3.2 ICS052	Ud	Acumulador con serpentín, para producción de A.C.S. y apoyo a calefacción, modelo ATE800S "TERMICOL", de 750 l de capacidad, altura 1920 mm, diámetro 1000 mm.			
	Uds.		Subtotal		
ACUMULADOR APOYO [A]	1		1,000		
		Total Ud	1,000	2.706,15	2.706,15

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
4.1 ICG236	Ud	Caldera de pie, de condensación, con cuerpo de chapa de acero, 3 pasos de humos rodeando completamente el hogar, superficies de intercambio Kondens, eficaces y autolimpiables, superficies en contacto con los gases de acero inoxidable y aislamiento acústico integrado, para quemador presurizado de gas, potencia útil 250 kW, peso 685 kg, dimensiones 1774x970x1408 mm, modelo MGK-2-250 "WOLF IBÉRICA", con cuadro de regulación Logamatic 4211 (con unidad de mando MEC 2) para la regulación de la caldera en función de la temperatura exterior, de un circuito de calefacción, del circuito de A.C.S. y del circuito de recirculación de A.C.S., con sonda de temperatura exterior, FA, grupo de seguridad para caldera, limitador de presión mínima para caldera, presostato de máxima para grupo de seguridad, modelo DSH 143 F001.			
	Uds.		Subtotal		
CALDERA DE CONDENSACION [A]	1		1,000		
		Total Ud	1,000	22.840,59	22.840,59

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
5.1 ICS070	Ud	Intercambiador de placas de acero inoxidable AISI 316, potencia 20 kW (temperatura de entrada del agua del circuito primario de 80°C, salto térmico 5°C, temperatura de salida del agua del circuito secundario de 70°C, salto térmico 5°C), modelo BX8TX32 "SWEP".			
	Uds.		Subtotal		
INTERCAMBIADOR DE CALOR [A]	1		1,000		
		Total Ud	1,000	913,92	913,92

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
6.1 ICS010	m	Tubería de distribución de A.C.S. formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 16 mm de diámetro exterior, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.			
	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Subtotal</u>		
METROS					
TUBO PE-X					
16mm [A*B]	1	65,750	65,750		
		Total m	65,750	15,68	1.030,96
6.2 ICS010b	m	Tubería de distribución de A.C.S. formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 20 mm de diámetro exterior, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.			
	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Subtotal</u>		
METROS					
TUBO PE-X					
20mm [A*B]	1	37,600	37,600		
		Total m	37,600	16,92	636,19
6.3 ICS010c	m	Tubería de distribución de A.C.S. formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 25 mm de diámetro exterior, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.			
	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Subtotal</u>		
METROS					
TUBO PE-X					
25mm [A*B]	1	35,050	35,050		
		Total m	35,050	20,90	732,55
6.4 ICS010d	m	Tubería de distribución de A.C.S. formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 32 mm de diámetro exterior, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.			
	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Subtotal</u>		
METROS					
TUBO PE-X					
32mm [A*B]	1	9,370	9,370		
		Total m	9,370	26,39	247,27
6.5 ICS010e	m	Tubería de distribución de A.C.S. formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 40 mm de diámetro exterior, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.			
	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Subtotal</u>		
METROS					
TUBO PE-X					
40mm [A*B]	1	57,000	57,000		
		Total m	57,000	30,98	1.765,86
6.6 ICS010f	m	Tubería de distribución de A.C.S. formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 50 mm de diámetro exterior, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.			
	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Subtotal</u>		
METROS					
TUBO PE-X					
50mm [A*B]	1	34,200	34,200		
		Total m	34,200	40,58	1.387,84
6.7 ICS010g	m	Tubería de distribución de A.C.S. formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 63 mm de diámetro exterior, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.			
	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Subtotal</u>		
METROS					
TUBO PE-X					
63mm [A*B]	1	3,100	3,100		
		Total m	3,100	55,66	172,55

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
6.8 ICS010h	m	Tubería de distribución de A.C.S. formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 75 mm de diámetro exterior, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.			
	Uds.	Largo	Subtotal		
METROS TUBO PE-X 75mm [A*B]	1	148,530	148,530		
		Total m	148,530	71,68	10.646,63
6.9 ICS010i	m	Tubería de distribución de A.C.S. formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 90 mm de diámetro exterior, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.			
	Uds.	Largo	Subtotal		
METROS TUBO PE-X 90mm [A*B]	1	17,600	17,600		
		Total m	17,600	100,23	1.764,05
6.10 ICS015	Ud	Punto de vaciado formado por 2 m de tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, modelo Agua Pipe "UPONOR IBERIA", de 50 mm de diámetro exterior, PN=6 atm, para A.C.S., colocado superficialmente.			
	Uds.		Subtotal		
PUNTO VACIADO [A]	1		1,000		
		Total Ud	1,000	82,63	82,63
6.11 ICS020	Ud	Bomba circuladora, de rotor húmedo, de bronce, In-Line, para A.C.S., modelo GNI-40-13 "BOMBAS IDEAL".			
	Uds.		Subtotal		
BOMBA CONSUMO [A]	2		2,000		
		Total Ud	2,000	587,31	1.174,62
6.12 ICS020b	Ud	Bomba circuladora, de rotor húmedo, de bronce, In-Line, para A.C.S., modelo GNI32-16 "BOMBAS IDEAL".			
	Uds.		Subtotal		
BOMBA SECUNDARIO [A]	2		2,000		
		Total Ud	2,000	587,31	1.174,62
6.13 ICS020c	Ud	Bomba circuladora, de rotor húmedo, de bronce, In-Line, para A.C.S., modelo GNI32-20 "BOMBAS IDEAL".			
	Uds.		Subtotal		
BOMBA PRIMARIO [A]	2		2,000		
		Total Ud	2,000	392,40	784,80
6.14 ICS020d	Ud	Bomba circuladora, de rotor húmedo, de bronce, In-Line A.C.S., modelo GNI32-13 "BOMBAS IDEAL".			
		Total Ud	2,000	603,07	1.206,14
6.15 ICS045b	Ud	Vaso de expansión para A.C.S. de acero vitrificado, capacidad 200 l.			
	Uds.		Subtotal		
VASO EXPANSIÓN SECUNDARIO [A]	1		1,000		
		Total Ud	1,000	429,74	429,74

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
6.16 ICS045c	Ud	Vaso de expansión para A.C.S. de acero vitrificado, capacidad 35 l.			
	<u>Uds.</u>		<u>Subtotal</u>		
VASO EXPANSIÓN PRIMARIO [A]	1		1,000		
		Total Ud	1,000	354,19	354,19
6.17 ICS045	Ud	Vaso de expansión para A.C.S. de acero vitrificado, capacidad 50 l.			
	<u>Uds.</u>		<u>Subtotal</u>		
VASO EXPANSIÓN APOYO [A]	1		1,000		
		Total Ud	1,000	155,71	155,71
6.18 ICS075	Ud	Válvula de seguridad, de latón, con rosca de 1/2" de diámetro, tarada a 6 bar, modelo Duco 101906 "LUMELCO".			
	<u>Uds.</u>		<u>Subtotal</u>		
VÁLVULAS DE SEGURIDAD [A]	3		3,000		
		Total Ud	3,000	19,83	59,49
6.19 ICS075b	Ud	Válvula mezcladora motorizada de 3 vías, cuerpo de latón, conexiones roscadas de 2" de diámetro, "TERMOCONCEPT", con accionamiento con alimentación a 230 V y 50 Hz, modelo SM5, par motor 10 N·m.			
	<u>Uds.</u>		<u>Subtotal</u>		
VÁLVULA MEZCLADORA [A]	1		1,000		
		Total Ud	1,000	496,76	496,76
6.20 ICS075c	Ud	Válvula de retención de latón para roscar de 2".			
	<u>Uds.</u>		<u>Subtotal</u>		
VÁLVULAS RETENCIÓN [A]	3		3,000		
		Total Ud	3,000	15,84	47,52
6.21 ICS010j	m	Circuito primario de sistemas solares térmicos formado por tubo de cobre rígido, de 20/22 mm de diámetro, colocado superficialmente en el exterior del edificio, con aislamiento mediante coquilla de lana de vidrio protegida con emulsión asfáltica recubierta con chapa de aluminio.			
	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Subtotal</u>		
TUBO COBRE EXTERIOR PRIMARIO 20/22 [A*B]	1	94,000	94,000		
		Total m	94,000	48,38	4.547,72
6.22 ICS010k	m	Circuito primario de sistemas solares térmicos formado por tubo de cobre rígido, de 10/12 mm de diámetro, colocado superficialmente en el exterior del edificio, con aislamiento mediante coquilla de lana de vidrio protegida con emulsión asfáltica recubierta con chapa de aluminio.			
	<u>Uds.</u>	<u>Largo</u>	<u>Subtotal</u>		
TUBO COBRE EXTERIOR PRIMARIO 10/12 [A*B]	1	28,500	28,500		
		Total m	28,500	41,26	1.175,91

Presupuesto de ejecución material

1. SISTEMA DE CAPTACIÓN	54.612,90
2. SISTEMA DE CONTROL	584,58
3. SISTEMA DE ACUMULACIÓN	9.392,69
4. SISTEMA DE APOYO	22.840,59
5. SISTEMA DE INTERCAMBIADOR DE CALOR	913,92
6. SISTEMA HIDRÁULICO	30.073,75
Total:	<hr/> 118.418,43

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de CIENTO DIECIOCHO MIL CUATROCIENTOS DIECIOCHO EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS.

PAIPORTA, A 16 DE FEBRERO DE 2017
INGENIERO MECÁNICO

PABLO LORENTE HERRERO

Proyecto: INSTALACIÓN DE CIRCUITO DE ACS MEDIANTE CAPTADORES SOLARES CON SISTEMA DE APOYO

Capítulo	Importe
Capítulo 1 SISTEMA DE CAPTACIÓN	54.612,90
Capítulo 2 SISTEMA DE CONTROL	584,58
Capítulo 3 SISTEMA DE ACUMULACIÓN	9.392,69
Capítulo 4 SISTEMA DE APOYO	22.840,59
Capítulo 5 SISTEMA DE INTERCAMBIADOR DE CALOR	913,92
Capítulo 6 SISTEMA HIDRÁULICO	30.073,75
Presupuesto de ejecución material	118.418,43
6% de gastos generales	7.105,11
16% de beneficio industrial	18.946,95
Suma	144.470,49
21% IVA	30.338,80
Presupuesto de ejecución por contrata	174.809,29

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CIENTO SETENTA Y CUATRO MIL OCHOCIENTOS NUEVE EUROS CON VEINTINUEVE CÉNTIMOS.

PAIPORTA, A 16 DE FEBRERO DE 2017
INGENIERO MECÁNICO

PABLO LORENTE HERRERO



5 CONCLUSIONES



En este proyecto de diseño de una instalación solar para la producción de agua caliente sanitaria en un centro educativo se han desarrollado multitud de asignaturas del grado en ingeniería mecánica. Desde la misma asignatura de instalaciones foto térmicas, hasta asignaturas como dinámica de fluidos al realizar todo el cálculo hidráulico de la instalación de ACS y de sus bombas. Se aplican también conceptos de asignaturas como combustión a la hora de calcular las potencias de la caldera o la asignatura de transmisión de calor a la hora de calcular los aislantes de las tuberías y el intercambiador de placas. Resulta, por tanto, un proyecto muy completo en cuanto a que se desarrollan gran parte de las competencias del Grado.

Para la redacción de este proyecto se ha reforzado el manejo que ya se tenía en algunos programas como todos los del paquete de Microsoft Office, y otros programas de diseño gráfico como Autocad, Photoshop o Indesign, pero también se ha aprendido a utilizar otros programas de gran utilidad dentro del campo propio de la energía fototérmica como ha sido el programa Solar de la fundación Atecyr, o el propio CHEQ 4 que el ministerio facilita para verificar las instalaciones.

Se han analizado los costes y los beneficios de las instalaciones foto térmicas, y cabe decir que, pese a que económicamente hoy en día no resultan rentables como método alternativo de producción de energía, sí que contribuyen a disminuir las emisiones de CO₂, con lo que se construye un futuro más limpio.

Se agradece también el comprobar como instituciones públicas, a través de normativas como el CTE, incitan al desarrollo de energías renovables.

Como conclusión a este proyecto, queda patente que se ha aprendido mucho de la materia durante la redacción del mismo ya que pese a la gran labor del profesorado en las aulas, uno nunca aprende tanto como cuando tiene que hacer un proyecto completo desde cero.



6 BIBLIOGRAFÍA



DOCUMENTOS CITADOS

- [1] CTE → www.codigotecnico.org/index.php/menu-que-cte
- [2] DB-HE → www.codigotecnico.org/index.php/menu-que-cte
- [3] IDAE → www.idae.es
- [4] RITE → www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE
- [5] RD 865/2003 → www.boe.es/boe/dias/2003/07/18/pdfs/A28055-28069.pdf

DOCUMENTOS CONSULTADOS

-Noviembre 2016:

- www1.sedecatastro.gob.es
- www.google.es/maps
- Apuntes asignatura energía solar fototérmica

-Diciembre 2016:

- www.nergiza.com
- www.terra.org
- www.ngfsl.com
- www.konstruir.com/C.T.E/HE-4-Contribucion-solar-minima-de-agua-caliente-sanitaria/Metodo%20F-Chart.pdf
-

-Enero 2017

- www.energiasrenovablesinfo.com/solar/energia-solar-termica-ac/
- Catálogo Termicol
- Catálogo Lapesa

-Febrero 2017

- Catálogo SWEP
- Catálogo Wolf Ibérica
- Catálogo Bombas Ideal
- Catálogo Ibaiondo



7 ÍNDICE DE ILUSTRACIONES



Ilustración 1. Imagen de captadores planos instalados, 2017, www.energiarenovablesinfo.com 9

Ilustración 2. Circuitos de la instalación solar térmica para la obtención de ACS, 2017, www.energiarenovablesinfo.com 10

Ilustración 3. Instalación de circuito abierto, 2017, www.nergiza.com..... 11

Ilustración 4. Instalación de circuito cerrado, 2017, www.nergiza.com..... 12

Ilustración 5. Esquema instalación de circulación natural, 2017, www.terra.org 13

Ilustración 6. Esquema instalación de circulación forzada, 2017, www.terra.org..... 14

Ilustración 7 Tipo de conexión de los captadores solares. A) En serie; B) En paralelo; C) Mixto; 2017, CTE..... 16

Ilustración 8. Imagen del despiece de un intercambiador de calor, 2017, www.swep.com 17

Ilustración 9. . Imagen de un intercambiador de calor, 2017, Catálogo Swep 17

Ilustración 10. Sección vertical de una caldera de condensación, 2017, Catálogo Wolf Ibérica 18

Ilustración 11. Caldera de condensación, 2017, Catálogo Wolf Ibérica..... 19

Ilustración 12. Ubicación típica de bombas en una instalación de ACS, 2017, fuente propia 19

Ilustración 13. Localización Paiporta, 2016, Google Maps..... 28

Ilustración 14. Mapa zonas climatológicas, 2016, CTE DB-HE 28

Ilustración 15, Esquema de orientación de centro escolar, 2016, Fuente propia 35

Ilustración 16. Edificios colindantes generadores de sombras, 2016, Catastro + edición propia 36

Ilustración 17. Esquema para el cálculo del ángulo de elevación, 2016, Fuente propia 36

Ilustración 18.Cálculo de pérdidas por orientación, 2016, Programa Solar fundación Atecyr. .. 37

Ilustración 19. Cálculo de pérdidas por sombras, 2016, Programa Solar fundación Atecyr..... 38

Ilustración 20. Cálculo de pérdidas por orientación y sombras mediante software, 2016, Programa solar fundación Atecyr..... 38

Ilustración 21. Características del captador elegido, 2016, CHEQ 4 39

Ilustración 22. Portada principal programas Atecyr, 2016, Programa Solar fundación Atecyr .. 40

Ilustración 23. Introducción de datos inicial, 2016, programa solar fundación Atecyr 43

Ilustración 24. Cálculo de la demanda, 2016, programa solar fundación Atecyr 44

Ilustración 25. Demanda piscina cubierta, 2016, programa solar fundación Atecyr..... 44

Ilustración 26. Condiciones climáticas de la zona, 2016, Programa Solar fundación Atecyr..... 45

Ilustración 27. Introducción captador seleccionado, 2016, Programa Solar fundación Atecyr.. 46

Ilustración 28. Características captador solar, 2016, Datsheet Captadores Termicol 47

Ilustración 29. Rendimiento para nuestras temperaturas, 2016, Programa solar fundación Atecyr 48



Ilustración 30. Sistema de instalación seleccionado, 2016, Programa Solar fundación Atecyr.. 49

Ilustración 31. Gráficas en función del Nº de colectores, 2016, Programa Solar fundación Atecyr 49

Ilustración 32. Cálculo del % de glicol en el fluido de trabajo, 2016, Programa Solar fundación Atecyr 53

Ilustración 33. Prueba contribución solar con 10% de glicol, 2017, Software CHEQ 4..... 54

Ilustración 34. Resultado de prueba contribución solar con 10% glicol, 2017, Software CHEQ 4 55

Ilustración 35. Prueba contribución solar con 30% de glicol, 2017, Software CHEQ 4..... 56

Ilustración 36. Resultado de prueba contribución solar con 30% glicol, 2017, Software CHEQ 4 57

Ilustración 37. Esquema dimensional del depósito seleccionado, 2016, Catalogo Lapesa 59

Ilustración 38. Características acumulador seleccionado, 2016, Catalogo Lapesa 59

Ilustración 39. Página Inicial, 2016, Software SSP G7 compañía SWEP 60

Ilustración 40. Introducción de datos y selección del captador, 2016, Software SSP G7 compañía SWEP..... 61

Ilustración 41. Características dimensionales intercambiador seleccionado, 2016, Software SSP G7 compañía SWEP 61

Ilustración 42. Construcción del intercambiador seleccionado, 2016, Catalogo intercambiadores SWEP 62

Ilustración 43. Esquema conexionado elementos de la instalación, 2017, Fuente propia, basado en ilustración programa Solar fundación Atecyr. 63

Ilustración 44. Características caldera de condensación seleccionada, 2016, Catálogo wolfiberica..... 65

Ilustración 45. Interacumulador de serpentín fijo seleccionado, 2017, Catálogo Termicol 66

Ilustración 46. Características interacumulador seleccionado, 2017, Catálogo Termicol 66

Ilustración 47. Diámetros tuberías de cobre comerciales, 2016, Catalogo tuberias para aplicaciones solares Talos 77

Ilustración 48, Caídas de presión en el intercambiador seleccionado, 2017, Programa SSP G779

Ilustración 49. Caudal máximo admitido por el intercambiador, 2017, Datasheet Intercambiador SWEP BX8T x 32..... 79

Ilustración 50, Selección bomba primario, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales 81

Ilustración 51. Selección bomba primario 32-20, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales... 82

Ilustración 52. Características bomba seleccionada circuito primario, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales..... 82



Ilustración 53. Selección bomba secundario, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales	83
Ilustración 54. Selección bomba secundario 32-16, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales	84
Ilustración 55. Características bomba circuito secundario, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales.....	85
Ilustración 56. Selección bomba terciario, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales	85
Ilustración 57. Selección bomba primario 40-13, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales...	86
Ilustración 58. Características bomba seleccionada circuito terciario, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales	86
Ilustración 59. Selección bomba apoyo, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales.....	87
Ilustración 60. Características bomba seleccionada circuito apoyo, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales.....	87
Ilustración 61. Selección bomba circuito de apoyo 32-13, 2016, Catalogo bombas Ideal horizontales.....	88
Ilustración 62. Selección vaso de expansión circuito primario, 2017, Catalogo Ibaiondo.....	91
Ilustración 63. Selección vaso de expansión circuito secundario, 2017, Catalogo Ibaiondo.....	92
Ilustración 64. Selección vaso de expansión circuito apoyo, 2017, Catalogo Ibaiondo.....	93
Ilustración 65. Ecuación para el cálculo de aislantes de conductividad diferente a la de referencia, 2016, RITE	94
Ilustración 66. Introducción de datos en el programa CHEQ4 paso 1, 2017, Fuente propia.....	98
Ilustración 67. Introducción de datos en el programa CHEQ4 paso 2, 2017, Fuente propia.....	99
Ilustración 68. Introducción de datos en el programa CHEQ4 paso 3, 2017, Fuente propia....	100
Ilustración 69. Introducción de datos en el programa CHEQ4 paso 4, 2017, Fuente propia....	101
Ilustración 70. Introducción de datos en el programa CHEQ4 paso 5, 2017, Fuente propia....	102
Ilustración 71. Instroducción de datos en el programa CHEQ4 paso 6, 2017, Fuente propia ..	103
Ilustración 72. Instroducción de datos en el programa CHEQ4 paso 7, 2017, Fuente propia ..	104
Ilustración 73. Instroducción de datos en el programa CHEQ4 paso 8, 2017, Fuente propia ..	105



8 ÍNDICE DE TABLAS

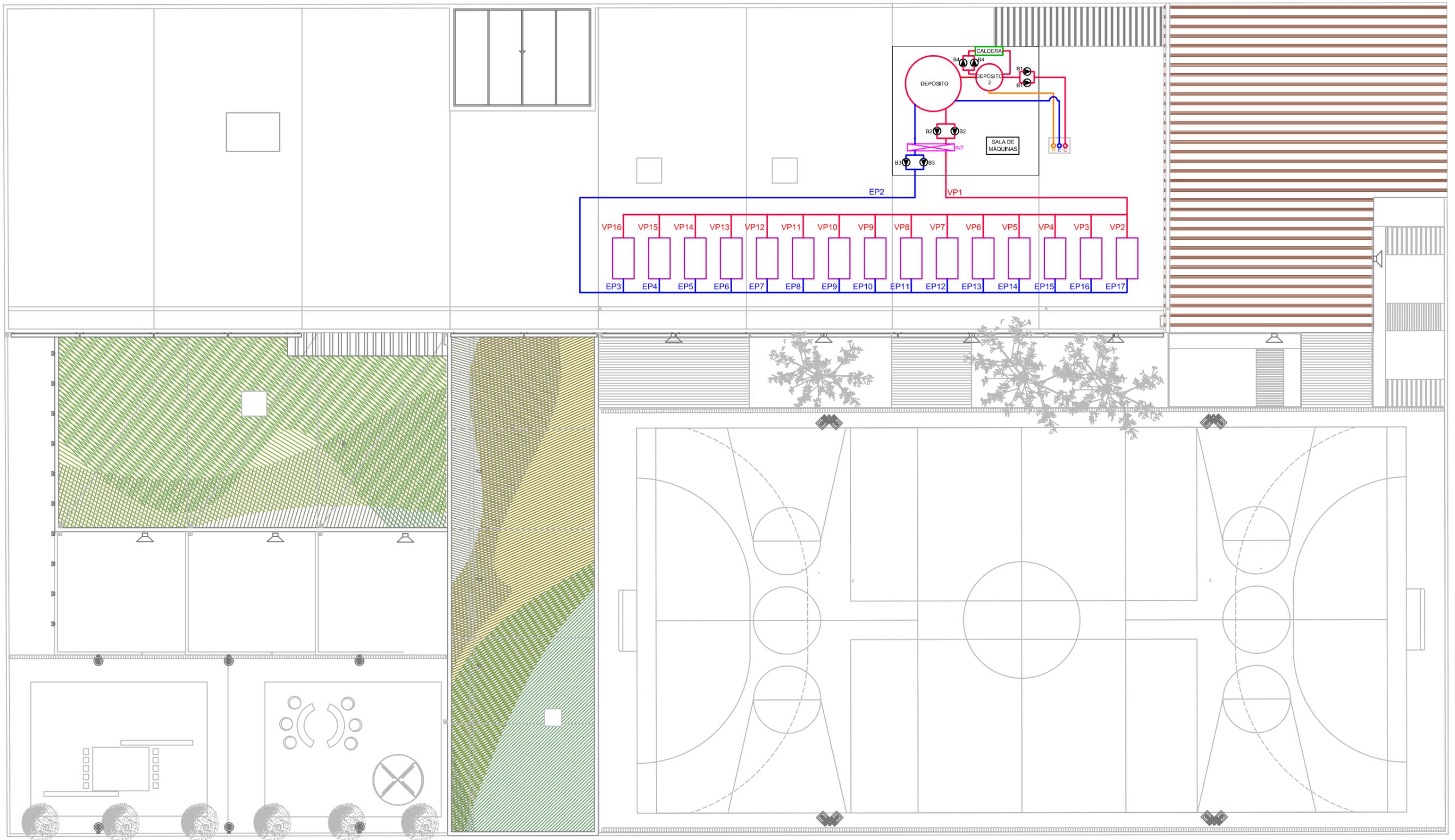


Tabla 1. Hábitos de consumo diarios del centro, 2016, Fuente propia	29
Tabla 2. Demanda de referencia a 60 °C, 2016, CTE DB-HE Tabla 4.1	30
Tabla 3. Consumos Diarios de ACS, 2016, Fuente propia	30
Tabla 4. Consumos mensuales de ACS, 2016, Fuente propia	31
Tabla 5. Consumos mensuales de ACS Simplificados, 2016, Fuente propia	31
Tabla 6. Demanda Energética a 60 °C, 2016, Fuente propia.....	32
Tabla 7. Contribución solar mínima anual para ACS %, 2016, CTE DB-HE Tabla 2.1.....	33
Tabla 8. Ángulo de elevación de los edificios colindantes, 2016, Fuente propia.....	37
Tabla 9. Máximas pérdidas permitidas, 2016, DB-HE	39
Tabla 10. Cálculo hidráulico del circuito de ACS en la planta baja, 2016, Fuente propia	68
Tabla 11. Cálculo hidráulico del circuito de ACS en la planta primera, 2016, Fuente propia	69
Tabla 12. Cálculo hidráulico post-acumulador en la sala de máquinas, 2016, Fuente propia....	70
Tabla 13. Tuberías de referencia, 2016, Catálogo Tuberías PEX Serie 5 Industrial Blansol	73
Tabla 14. Cálculo velocidades y pérdidas del circuito de ACS en la planta baja, 2016, Fuente propia	73
Tabla 15. Cálculo velocidades y pérdidas del circuito de ACS en la planta primera, 2016, Fuente propia	74
Tabla 16. Cálculo velocidades y pérdidas del circuito de ACS en la sala de máquinas, 2016, Fuente propia	74
Tabla 17. Cálculo velocidades y pérdidas del circuito de ACS en la planta baja corrección de diámetros para velocidades mínimas, 2016, Fuente propia.....	75
Tabla 18. Cálculo velocidades y pérdidas del circuito de ACS en la planta primera corrección de diámetros para velocidades mínimas, 2016, Fuente propia.....	76
Tabla 19. Cálculo velocidades y pérdidas del circuito de ACS en la sala de máquinas corrección de diámetros para velocidades mínimas, 2016, Fuente propia.....	76
Tabla 20. Características captador solar Termicol TM25MS, 2016, Hoja de características TM25MS Termicol	77
Tabla 21. Dimensión y pérdidas de carga circuito primario, 2016, Fuente propia	78
Tabla 22. Dimensión y pérdidas de carga circuito secundario, 2016, Fuente propia	78
Tabla 23. Cálculo Vaso de expansión circuito primario, 2017, Fuente propia	90
Tabla 24. Cálculo Vaso de expansión circuito secundario, 2017, Fuente propia	91
Tabla 25. Cálculo Vaso de expansión circuito de apoyo, 2017, Fuente propia.....	92
Tabla 26. Calculo de aislamientos por el método simplificado, 2016, RITE.....	95

ANEXOS

ANEXO I

PLANOS



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PLANTA DE CUBIERTAS. DISTRIBUCIÓN ACS

ENERO 2017

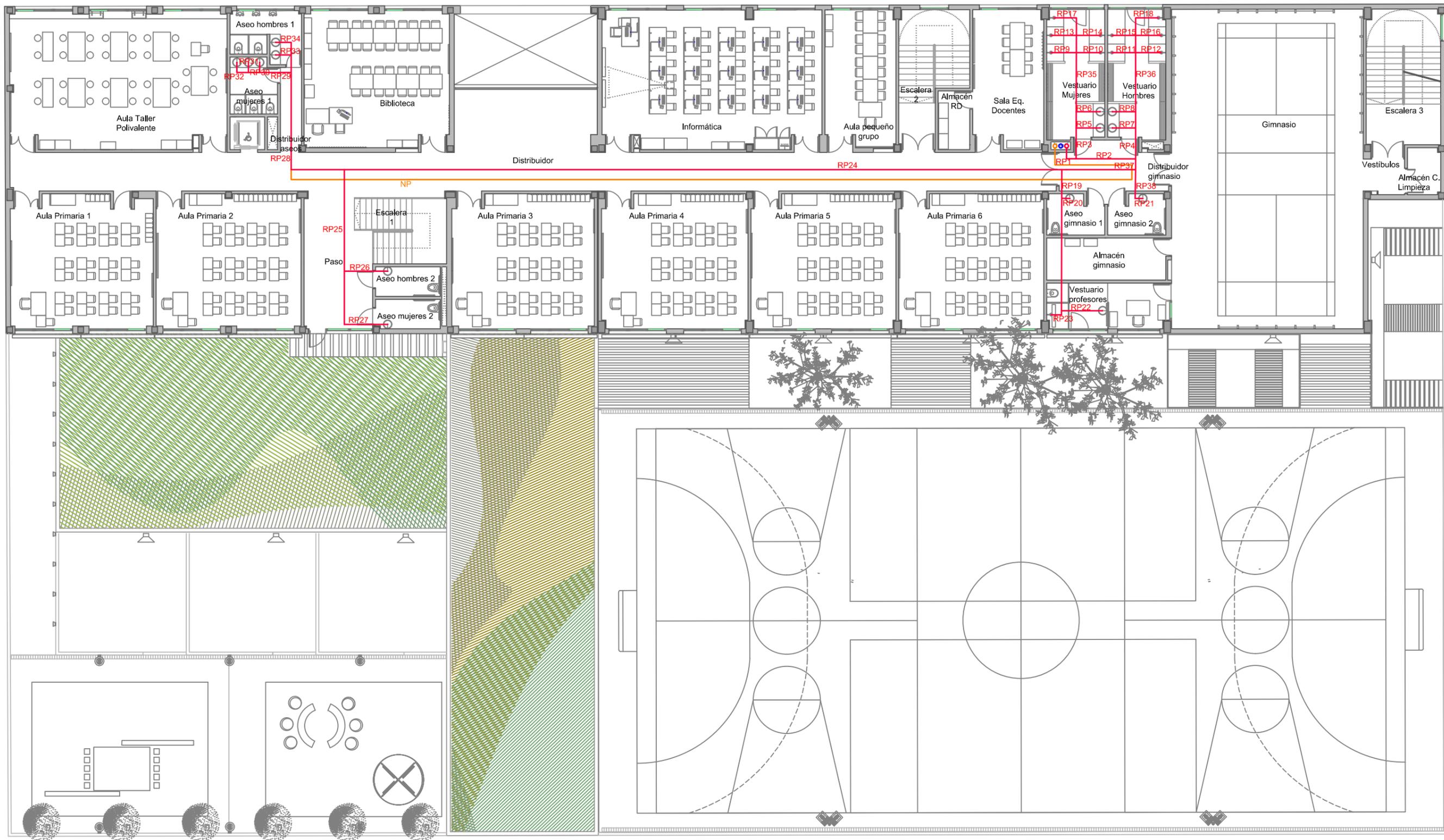
E : 1/200

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS DE UN CENTRO EDUCATIVO

PABLO LORENTE HERRERO

Nº plano:

01



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PLANTA PRIMERA. DISTRIBUCIÓN ACS

ENERO 2017

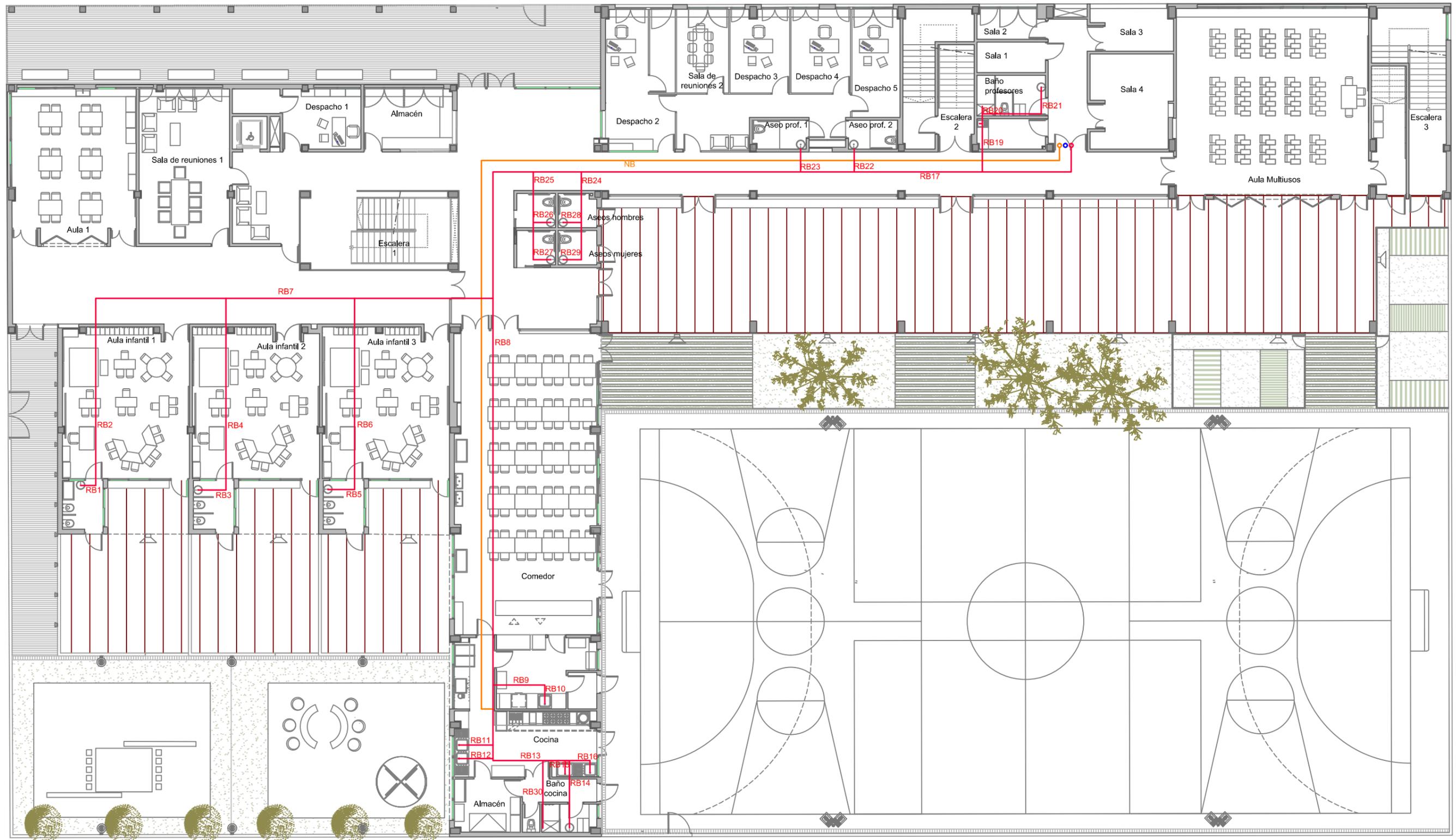
E : 1/200

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS DE UN CENTRO EDUCATIVO

PABLO LORENTE HERRERO

Nº plano:

02



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PLANTA BAJA. DISTRIBUCIÓN ACS

ENERO 2017

E : 1/200

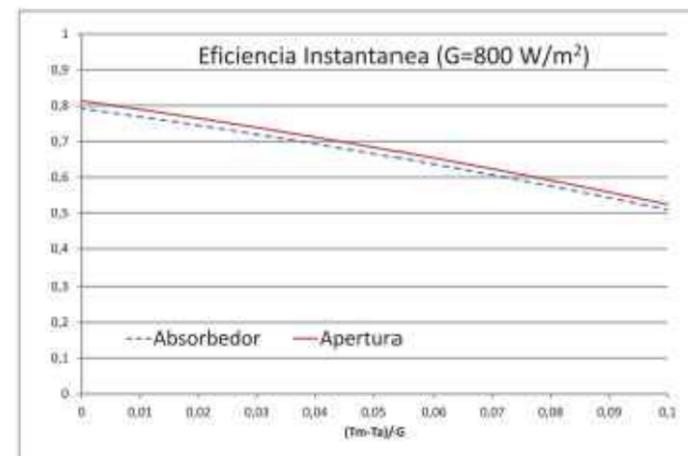
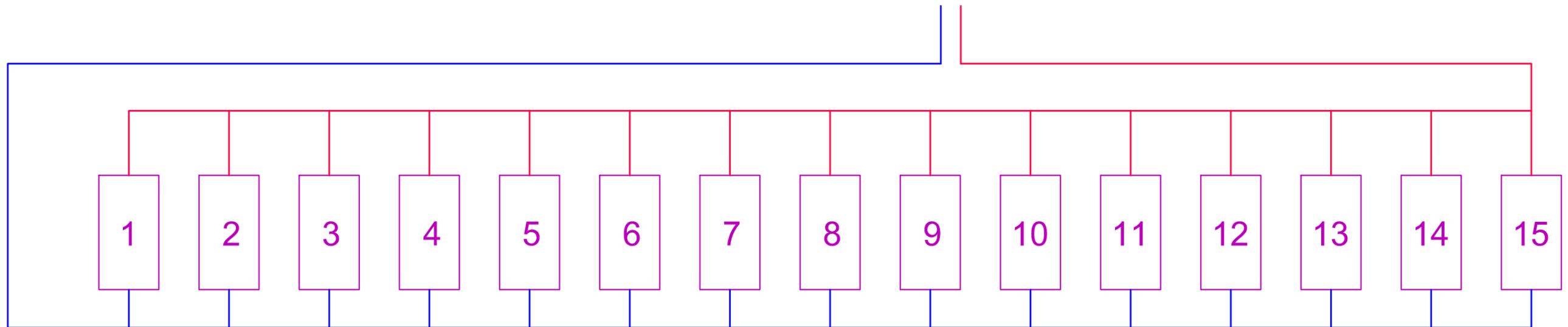
DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS DE UN CENTRO EDUCATIVO

PABLO LORENTE HERRERO

Nº plano:

03

DETALLE DE LOS CAPTADORES SOLARES



CARACTERÍSTICAS DE LOS CAPTADORES

- MARCA TERMICOL
- MODELO T25MS
- DIMENSIONES 2.130x1.200
- AISLAMIENTO LANA DE VIDRIO
- ÁREA DE APERTURA 2,4 m²
- RENDIMIENTO 0,813
- ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL SOPORTE 45°
- ORIENTACIÓN DE LOS CAPTADORES SUR



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

DETALLE CAPTADORES SOLARES

ENERO 2017

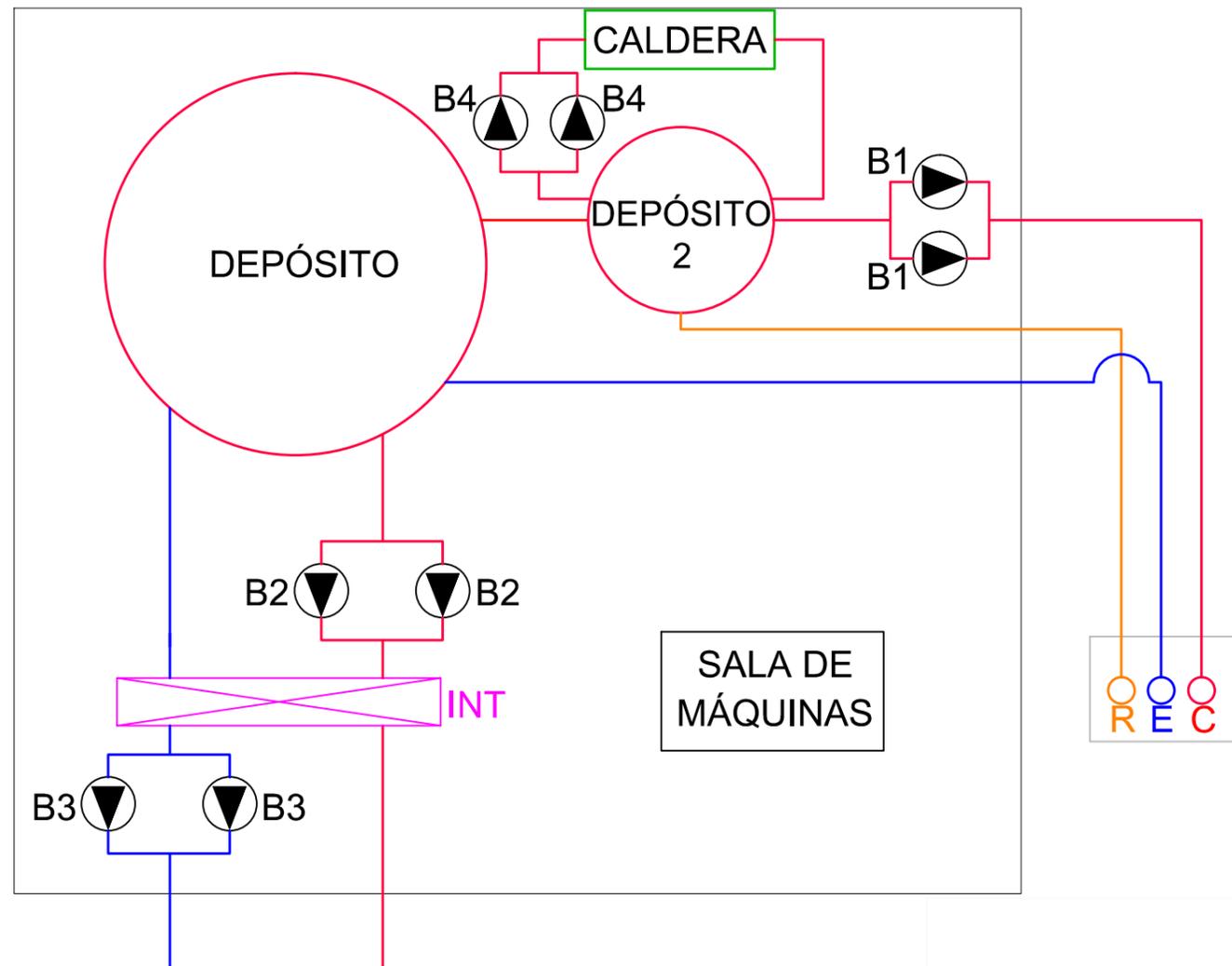
E : S/E

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS DE UN CENTRO EDUCATIVO

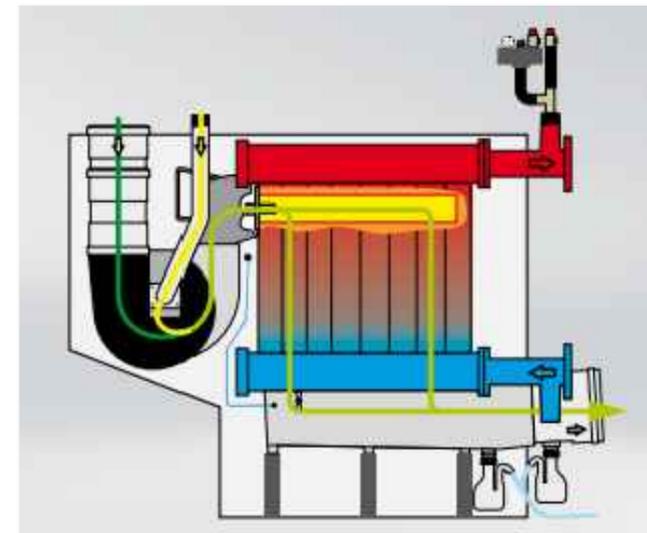
PABLO LORENTE HERRERO

Nº plano:

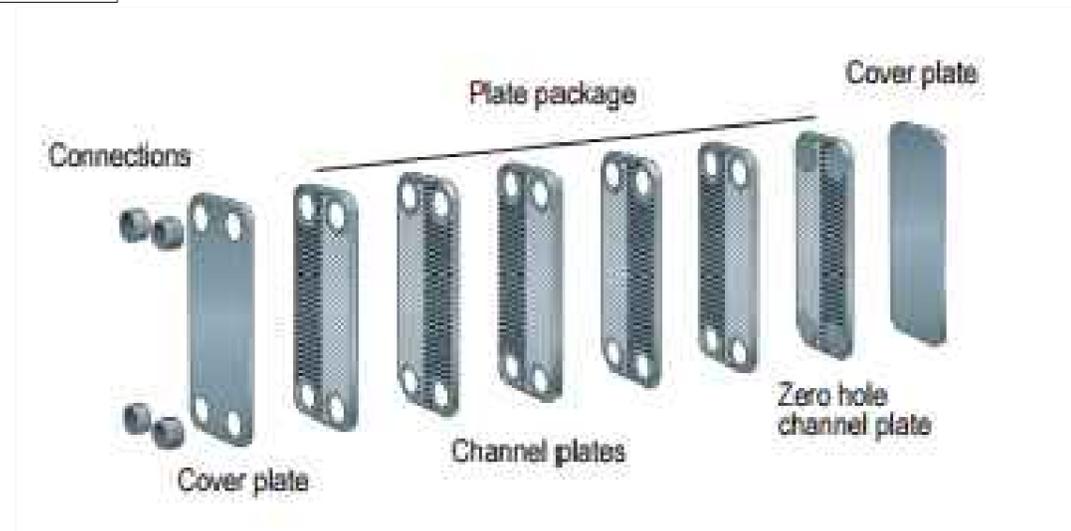
04



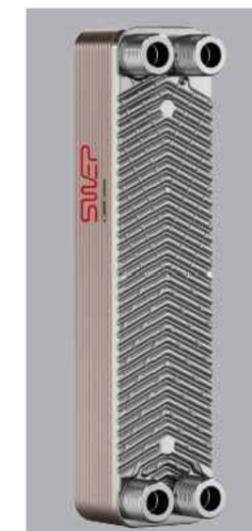
CALDERA DE CONDENSACIÓN WOLF IBÉRICA



INTERCAMBIADOR DE PLACAS SWEP



DEPÓSITO LAPESA



LEYENDA

DEPÓSITO	LAPESA MXV3000RB
DEPÓSITO 2	TERMICOL ATE800S
CALDERA	WOLF IBÉRICA MGK-2-250
B1	BOMBA IDEAL MODELO GNI-40-13 ø139
B2	BOMBA IDEAL MODELO GNI-32-16 ø174
B3	BOMBA IDEAL MODELO GNI-32-20 ø195
B4	BOMBA IDEAL MODELO GNI-32-13 ø139
INT	INTERCAMBIADOR SWEP BX8TX32
R	RECIRCULACIÓN DE ACS
E	ENTRADA AGUA FRÍA DE RED
C	SALIDA PARA CONSUMO DE ACS



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

DETALLE SALA DE MÁQUINAS

ENERO 2017

E : 1/200

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS DE UN CENTRO EDUCATIVO

PABLO LORENTE HERRERO

Nº plano:

05

ANEXO II

CERTIFICADO CONFORMIDAD CHEQ 4

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

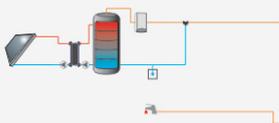
Datos del proyecto

Nombre del proyecto	CEIP Paiporta
Comunidad	Valencia
Localidad	Paiporta
Dirección	c\ Pare Jordi Maria N°12

Datos del autor

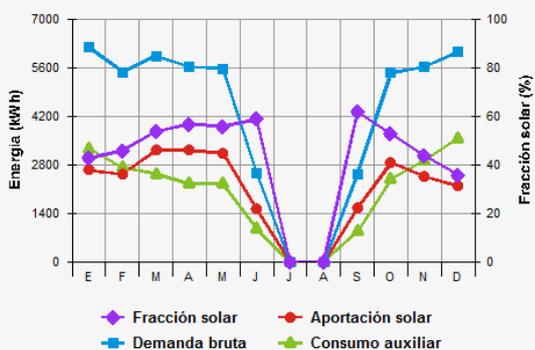
Nombre	PABLO LORENTE HERRERO
Empresa o institución	TFG UPV ETSID GIM
Email	pabloher@etsii.upv.es
Teléfono	696354614

Características del sistema solar



Localización de referencia	Paiporta (Valencia/València)
Altura respecto la referencia [m]	9
Sistema seleccionado	Instalación de consumidor único con intercambiador independiente
Demanda [l/día a 60°C]	3.240
Ocupación	Ene 100, Feb 100, Mar 100, Abr 100, May 100, Jun 50, Jul 0, Ago 0, Sep 50, Oct 100, Nov 100, Dic 100

Resultados



Fracción solar [%]	50
Demanda neta [kWh]	48.192
Demanda bruta [kWh]	51.212
Aporte solar [kWh]	25.461
Consumo auxiliar [kWh]	23.939
Reducción de emisiones de [kg de CO2]	4.775

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

Cálculo del sistema de referencia

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

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

Demanda ACS total [kWh]	48.192
Demanda ACS de referencia [kWh]	22.731
Demanda calefacción CALENER [kWh]	0
Consumo energía primaria [kWh]	26.437
Emisiones de CO2 [kg CO2]	5.333

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

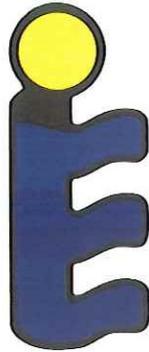
Parámetros del sistema		Verificación en obra
Campo de captadores		
Captador seleccionado	T25MS (Termicol)	<input type="checkbox"/>
Contraseña de certificación	NPS-3713 - Verificar vigencia	<input type="checkbox"/>
Número de captadores	15,0	<input type="checkbox"/>
Número de captadores en serie	1,0	<input type="checkbox"/>
Pérdidas por sombras (%)	0,5	<input type="checkbox"/>
Orientación [°]	0,0	<input type="checkbox"/>
Inclinación [°]	45,0	<input type="checkbox"/>
Circuito primario/secundario		
Caudal circuito primario [l/h]	2.462,0	<input type="checkbox"/>
Porcentaje de anticongelante [%]	10,0	<input type="checkbox"/>
Longitud del circuito primario [m]	123,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	25,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	35,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	lana de vidrio	<input type="checkbox"/>
Sistema de apoyo		
Tipo de sistema	Caldera de condensación	<input type="checkbox"/>
Tipo de combustible	Gas natural	<input type="checkbox"/>
Acumulación		
Volumen [l]	3.000,0	<input type="checkbox"/>
Distribución		
Longitud del circuito de distribución [m]	323,0	<input type="checkbox"/>
Diámetro de la tubería [mm]	75,0	<input type="checkbox"/>
Espesor del aislante [mm]	30,0	<input type="checkbox"/>
Tipo de aislante	lana de vidrio	<input type="checkbox"/>
Temperatura de distribución [°C]	60,0	<input type="checkbox"/>

ANEXO III

CERTIFICACIÓN DEL CAPTADOR ESCOGIDO

Keymark Certificate

Solar thermal energy



078/000171

AENOR, Spanish Association for Standardization and Certification, certifies that the organization

TERMICOL ENERGIA SOLAR, S.L.

registered office: PI LA ISLA - CL RIO VIEJO, 39 41703 DOS HERMANAS (Sevilla - España)

supplies: Solar collectors

in compliance with: UNE-EN 12975-1:2006 (EN 12975-1:2006)
UNE-EN 12975-2:2006 (EN 12975-2:2006)

Technical Information: Specified in Annexes to the Certificate

Production site: PI LA ISLA - CL RIO VIEJO, 39 41703 DOS HERMANAS (Sevilla - España)

Certification scheme: In order to grant this Certificate, AENOR has tested the product and has verified the quality system implemented for its manufacture. AENOR performs these tasks periodically while the Certificate has not been cancelled, in accordance with Specific Rules RP 78.01

Issued on: 2013-02-12
Validity date: 2018-02-12

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

Avelino BRITO
Chief Executive Officer

AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación

Génova, 6. 28004 Madrid. España
Tel. 902 102 201 – www.aenor.es

