

INSTALACIÓN PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS EN MADRID



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TÉRMICA Y DE
FLUIDOS.
UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID.

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL: MECÁNICA

AUTORA: MARÍA FERNÁNDEZ FANEGO

TUTORA: M^a CARMEN RODRÍGUEZ HIDALGO



INDICE

I	MEMORIA DESCRIPTIVA	6
1.	INTRODUCCIÓN.....	7
2.	OBJETO Y CRITERIOS DEL PROYECTO.....	8
3.	ENERGÍA SOLAR.....	9
4.	SITUACIÓN ACTUAL	10
4.1.	Situación en España	10
4.2.	Situación de la Comunidad de Madrid.....	11
4.3.	Plan energético de la Comunidad de Madrid 2004 - 2012	12
5.	LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA LUCHA CONTRA EL EFECTO INVERNADERO.....	13
6.	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA	14
6.1	Energía solar Térmica de Baja Temperatura	15
6.2	Subsistemas.....	16
6.3.	Circulación del fluido	18
7.	APLICACIONES	20
7.1.	Producción de Agua Caliente Sanitaria.....	20
7.2.	Instalaciones de calefacción.....	21
7.3.	Climatización de piscinas.....	21
7.4.	Secaderos solares	21
7.5.	Aplicaciones en Industrias	21
7.6.	Desalinización de agua de mar	22
II.	NORMATIVA DE APLICACIÓN	23
1.	NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	24



III. DESCRIPCION DEL EDIFICIO26

1.	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.....	27
1.1.	Sótano -2	27
1.2.	Sótano -1	28
1.3.	Planta baja:	28
1.4.	Planta primera.....	29
1.5.	Planta segunda	30
1.6.	Planta tercera.....	31
1.7.	Planta cuarta.....	32
1.8.	Planta quinta	33
1.9.	Planta sexta	34
1.10.	Planta séptima.....	35
1.11.	Planta ático.....	36
1.12.	Planta cubierta	37

IV CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ACS.....38

1.	INTRODUCCIÓN.....	39
2.	CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ACS	40
2.1.	Datos geográficos	40
2.2.	Consumo ACS.....	41
2.3.	Condiciones climáticas	44
3.	Demanda energética de ACS	48



V PÉRDIDAS EN EL COLECTOR49

1.	PÉRDIDAS EN EL COLECTOR	50
1.1.	Introducción.....	50
1.2.	Pérdidas en la rama Inferior.....	52
1.3.	Calor en la rama útil.....	56
1.4.	Pérdidas en la rama superior	66
1.5.	Resumen de valores obtenidos.....	74

VI ANÁLISIS DE UN SISTEMA ACS SOLAR.....76

1.	ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN.....	77
2.	CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN	78
3.	ECUACIONES DEL SISTEMA.....	79
3.1.	Balance de energía en los colectores solares	79
3.2.	Balance de energía en el intercambiador de calor.....	80
3.3.	Eficiencia en el intercambiador	80
3.4.	Contribución solar mínima actual.....	81
3.5.	Balance de energía en el tanque.....	83
3.6.	Grado de estratificación del tanque.....	83
4.	CÁLCULO DEL ÁREA CAPTADORA	85
4.1.	Cálculo de la Temperatura de consumo (Tcons)	90
4.2.	Cálculo de la Temperatura del tanque (Tt) y de la Temperatura a la salida del tanque (Tico).....	90
4.3.	Cálculo de la Temperatura de entrada al tanque (Tici)	91
4.4.	Cálculo de la Temperatura de salida del colector (Tco).....	92
4.5.	Cálculo de la temperatura de entrada al colector (Tci)	93
4.6.	Cálculo del área de colectores	93
5.	CÁLCULO DE LA CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA.....	94



VII DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.....103

1.	DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN.....	104
1.1.	Circulación del fluido en circuito abierto (sistema directo)	104
1.2.	Circulación del fluido en circuito cerrado (sistema indirecto)	104
1.3.	Sala de máquinas.....	105
2.	DIMENSIONADO DEL CIRCUITO PRIMARIO	106
2.1	Colector	108
2.2	Rendimiento del captador solar	111
2.3	Estructura soporte.....	113
2.4	Conexión de captadores	116
2.5	Determinación de sombras	117
2.6	Fluido de trabajo	118
2.7	Tuberías	120
2.8.	Perdidas en tuberías.	121
2.9.	Coeficiente de transferencia de calor	132
2.10.	Resolución del sistema de ecuaciones	133
2.11.	Aislamiento térmico.....	140
2.12.	Acumuladores.....	141
2.13.	Volumen de acumulación	142
2.14.	Vaso de expansión	144
2.15.	Aerotermo	147
2.16.	Bomba de circulación.....	149
2.17.	Válvulas y accesorios.....	155
2.18.	Purgadores	158
2.19.	Termómetros y termostatos	159
3.	DIMENSIONADO DEL CIRCUITO SECUNDARIO	160
3.1.	Legionela	160
3.2.	Tuberías en el secundario.....	162
3.3.	Intercambiador de calor	164
3.4.	Bomba de circulación en el secundario	168
3.5.	Sistema de energía auxiliar	172
3.6.	Dimensionado del interacumulador:	173
3.7.	Dimensionado de la caldera	177
3.8.	Sistemas de regulación y control	178



VIII MANTENIMIENTO DE LA INSTALACION	184
1. MANTENIMIENTO DE LA INSTACION.....	185
1.1. Plan de emergencia.....	185
1.2. Plan de mantenimiento.....	186
IX ESTUDIO DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.....	190
1. INTRODUCCIÓN.....	191
2. EFECTO INVERNADERO.....	192
3. ESTUDIO DE LAS EMISIONES DE CO ₂	194
4. CONCLUSIÓN	197
X ESTUDIO ECONOMICO	199
1. INTRODUCCIÓN.....	200
2. COSTE INICIAL DE LA INVERSIÓN.....	201
3. AYUDAS Y SUBVENCIONES.	202
4. AHORRO DE COMBUSTIBLE	205
5. CRECIMIENTO ESPERADO DEL PRECIO DEL GAS NATURAL.....	205
6. PERIODO DE RETORNO DEL CAPITAL INVERTIDO	206
XI CONCLUSIÓN FINAL.....	209
XII BIBLIOGRAFIA	212
XIII ANEXO I PLANOS	216
XIV ANEXO II ESPECIFICACIONES TECNICAS.....	217



I. MEMORIA DESCRIPTIVA



1. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de recursos energéticos es uno de los factores más importantes en el desarrollo tecnológico de los países. A su vez, el desarrollo tecnológico determina la utilización de ciertos tipos de energía y, por tanto, la disponibilidad de ese recurso.

Los recursos energéticos son usados por el hombre para satisfacer algunas de sus necesidades básicas, el calor es una de ellas. La utilización doméstica del calor, con el dominio del fuego en las épocas prehistóricas y la invención de las máquinas térmicas a partir del siglo XVII, constituyen algunos de los logros tecnológicos más grandes en la historia de la humanidad.

Las primeras máquinas térmicas de uso práctico aparecieron hacia finales del siglo XVII. En la segunda mitad del siglo XVIII, el escocés James Watt perfeccionó la máquina de vapor y con ello se facilitó la producción industrial de cantidades relativamente grandes de trabajo a partir de la combustión, primero de leña y después de carbón mineral. A principios del siglo XIX ya existían en Inglaterra y en Estados Unidos algunos barcos de vapor que efectuaban viajes comercialmente.

Las máquinas de vapor eran de "combustión externa" y la fuente de calor que se utilizara no era muy importante siempre que cumpliera con ciertos requisitos, pudiendo funcionar con leña, con carbón, con petróleo o con ciertos residuos.

Hacia mediados del siglo XIX se inventaron los primeros motores de combustión interna. Estos requerían un combustible muy específico para funcionar. Con el tiempo, debido a razones técnicas y económicas, los motores de combustión interna, principalmente los de gasolina y diesel, se hicieron cada vez más seguros, fiables, económicos y, por tanto, abundantes. Aparecieron también otras máquinas térmicas, como las turbinas y los motores a reacción, que también consumen combustibles muy específicos. Fue así como nuestra sociedad se fue haciendo extraordinariamente dependiente de los combustibles fósiles.

Los combustibles fósiles comprenden principalmente el petróleo y sus derivados (gasolinas, diesel, etc.), el gas natural y el carbón mineral. Al principio de la explotación de estos recursos, se consideraban ilimitados y su impacto ambiental era despreciable. Sin embargo, debido al extraordinario crecimiento de la población mundial (y nacional), junto con el aumento en el consumo per cápita de estos recursos, sólo queda petróleo disponible para su explotación económica durante la primera mitad del siglo XXI.

Por otro lado, el consumo masivo de hidrocarburos está produciendo ya alteraciones de la atmósfera a nivel mundial. Los niveles de bióxido de carbono que se detectan actualmente son significativamente mayores que los que existían en 1950. Esto produce el conocido efecto invernadero, que está produciendo ya un incremento en las temperaturas promedio mundiales.



El uso de energías renovables se configura como una exigencia inevitable, tanto desde un punto de vista social como técnico. Es imperativo el desarrollo de nuevas alternativas energéticas, que sean menos agresivas contra el ambiente.

Existen muchas alternativas energéticas, la energía solar, como recurso energético terrestre, está constituida simplemente por la porción de la luz que emite el Sol y que es interceptada por la Tierra. El Sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades

2. OBJETO Y CRITERIOS DEL PROYECTO

El objeto de este proyecto consiste en el diseño y propuesta de una instalación solar térmica para producción de agua caliente sanitaria (ACS) en una vivienda multifamiliar situada en Madrid.

Para ello se van a estudiar las necesidades térmicas de ACS en función de las características constructivas del edificio y analizando los datos climatológicos y de temperatura de red de agua fría propios del emplazamiento.

Con ello se llevará a cabo un estudio energético teniendo en cuenta las pérdidas de calor que se producen por el viento tanto en los captadores como en las tuberías, consiguiendo a pesar de ello la contribución solar mínima deseable.

A partir de estos cálculos se propondrá un campo de captación compuesto por colectores de placa plana. Y se dimensionará toda la instalación.

El sistema de producción propuesto empleará tecnología solar térmica de baja temperatura. No obstante, en previsión de la carencia de aporte solar en los meses de menor radiación se dotará a la instalación de un sistema de aporte auxiliar, empleando el gas natural como combustible.

Finalmente será objeto de este proyecto, realizar un estudio de impacto ambiental indicando las emisiones de dióxido de carbono evitadas. Y se realizará también un estudio económico planteando el período de retorno de la inversión.

Para la determinación y cálculo de la instalación se tendrán en cuenta los siguientes criterios de diseño:

- Minimizar impactos ambientales que se pueden producir en el entorno urbano con una correcta integración arquitectónica.
- Asegurar el consumo y el confort de los usuarios con un buen diseño y dimensionado de la instalación consiguiendo un óptimo rendimiento y máximas prestaciones.
- Reducir las demandas energéticas y emisiones de CO₂.
- Cumplimiento de la Normativa legal aplicable.

3. ENERGÍA SOLAR

Como se ha comentado anteriormente, la fuente energética principal del sistema será la radiación solar, y la tecnología empleada para su captación y uso será la solar térmica.

El sol es una esfera incandescente, constituida por una mezcla gaseosa de hidrógeno y helio. Está localizado a una distancia media de 150 millones de kilómetros, tiene un radio de 109 veces el de la Tierra y su masa es trescientas mil veces la masa de la tierra. En su núcleo se producen continuamente reacciones atómicas de fusión nuclear que convierten el hidrógeno en helio. Este proceso libera gran cantidad de energía que sale hasta la superficie visible del Sol (fotosfera), y escapa en forma de rayos solares al espacio exterior.

Se calcula que en el interior del Sol se queman cada segundo unos 700 millones de toneladas de hidrógeno, de las que 4,3 millones se transforman en energía. Una parte importante de esta energía se emite a través de los rayos solares al resto de planetas, lunas, asteroides y cometas que componen nuestro sistema solar.

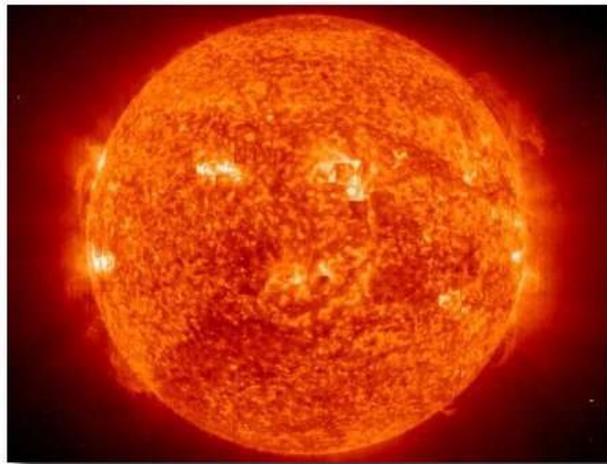


Imagen 1.1: Sol (fuente: universo.iaa.es)

Para alcanzar la superficie terrestre la radiación solar debe atravesar la atmósfera donde experimenta diversos fenómenos físicos (reflexión, absorción y difusión) que disminuyen la intensidad final. Así pues, la radiación solar que recibe una superficie horizontal es del orden de 1000 W/m^2 al mediodía, variando según la latitud del lugar, nubosidad, humedad y otros factores.

La radiación que llega directamente del Sol es la denominada radiación directa y la que previamente es absorbida y difundida por la atmósfera (muy significativa en días nublados por ejemplo) es la radiación difusa. Además, la radiación solar, tanto directa como difusa, se refleja en todas las superficies en las que incide dando lugar



a la radiación reflejada. La suma de estos tres tipos da lugar a la radiación solar global y es la aprovechable para su transformación térmica.

Para establecer, con exactitud, la cantidad de energía que se puede aprovechar en un sitio concreto, habrá que tener en cuenta otros aspectos como la hora del día, la estación del año y muy especialmente las condiciones atmosféricas. En los días nublados disminuirá considerablemente la intensidad de la radiación y por lo tanto el aporte energético que pueda recibir una instalación de energía solar térmica.

La suma de todas las variables anteriormente mencionadas nos permiten conformar el mapa solar de una región determinada del planeta y establecer qué cantidad de energía media podremos captar para su uso en el ámbito doméstico, industrial, etc.
[5] [4]

4. SITUACIÓN ACTUAL

4.1. SITUACIÓN EN ESPAÑA

España es el cuarto país europeo en el aprovechamiento de la energía solar térmica, por delante de países como Italia, Francia o Gran Bretaña. Con un 6% del total del mercado europeo, nuestro país ha alcanzado la madurez tecnológica y comercial tras más de 20 años de experiencia.

El desarrollo de la energía solar en España se ha producido a un ritmo muy desigual a lo largo de las últimas décadas.

En esta última década, la aportación de energía solar térmica ha aumentado considerablemente en nuestro país, sobre todo, gracias a las ayudas públicas (línea ICO-IDAE, CC.AA., y ordenanzas municipales), a la madurez del mercado en todos los sentidos, y a las grandes posibilidades que ofrece esta tecnología en un país con tantas horas de sol al año como España. De los 10.000 m² nuevos que se instalaban cada año en la década de los 90, hemos pasado a crecimientos medios por encima de los 60.000 m² en los primeros años de 2000, hasta llegar a los 90.000 en el año 2005.

Con todo, nuestro país aún se encuentra lejos de los objetivos nacionales fijados en el Plan de Energías Renovables (PER), que plantea alcanzar una superficie instalada de 4,9 millones de metros cuadrados para el año 2010. Para ello, la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación, que obliga a instalar un aporte de energía solar para agua caliente en todas las viviendas de nueva construcción, junto a las medidas ya puestas en marcha con anterioridad, darán un impulso definitivo a un mercado con excelentes perspectivas a medio y largo plazo.

En la actualidad, el principal cliente de energía solar en España es el usuario particular que solicita la instalación de captadores solares de baja temperatura para el consumo de agua caliente sanitaria. En segundo lugar se encuentran los hoteles y restaurantes, en los que existe un creciente interés por este tipo de soluciones energéticas.

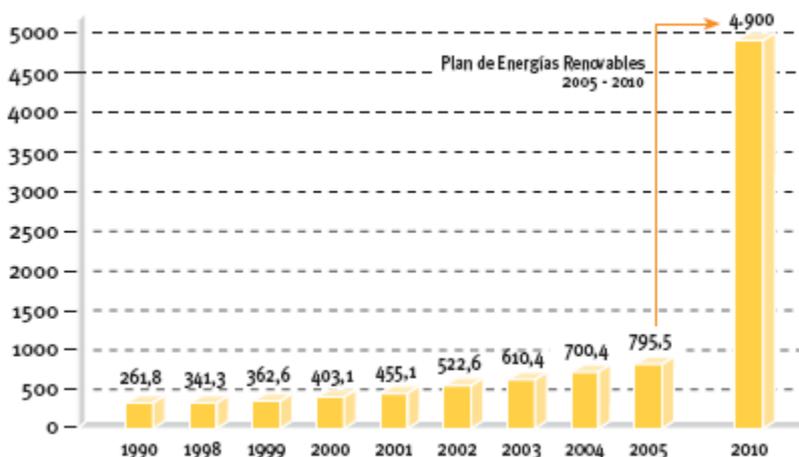


Imagen 1.2: Datos provisionales de la evolución del mercado español 1990-2005 (fuente: IDAE)

Además de estos dos grupos de consumidores, que son los que más aportan al total de la superficie instalada en España, en general, se puede decir que existen buenos ejemplos en múltiples sectores y para todo tipo de aplicaciones posibles, pudiendo mencionar las instalaciones en centros educativos, centros deportivos, centros sanitarios, albergues, campings, servicios públicos, industrias, etc.

En cuanto al reparto del mercado por zonas geográficas, las comunidades autónomas con mayor superficie instalada son aquellas que cuentan con un clima más favorable para el aprovechamiento de la energía solar térmica. En este sentido destacan por sus cuotas de participación en el mercado Andalucía, Cataluña, Canarias, Baleares, la Comunidad Valenciana y Madrid, según orden de importancia. También se observa una mayor concentración de instalaciones solares en zonas turísticas o de alto nivel de renta. [4]

4.2. Situación de la Comunidad de Madrid

El Gobierno regional ha diseñado un programa de eficiencia energética e incrementado en casi un 40% la potencia de los paneles solares para producir electricidad, con el objetivo de duplicar la implantación de estas energías en 2012.

De los 4,5 millones de partida inicial, dos millones se destinarán al fomento de las energías renovables y el resto al programa de eficiencia energética. Ambos fondos están cofinanciados al 50% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

Estas actuaciones se enmarcan dentro del Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004-12 que contempla la problemática específica de la región en el ámbito energético, así como diversas iniciativas que conducen a gastar menos y mejor la energía.

Dicho plan contempla una disminución del diez por ciento en el consumo energético respecto a lo previsto para el 2012, así como diversas actuaciones con las que duplicar para esa fecha la energía total producida de origen renovable, hasta 400.000 toneladas equivalentes de petróleo.

En este sentido, la Comunidad cuenta con un potencial relevante de fuentes energéticas renovables, que no ha logrado aún alcanzar un grado de aprovechamiento suficiente. [8]

4.3. Plan energético de la Comunidad de Madrid 2004 - 2012

El Gobierno de la Comunidad de Madrid ha elaborado este Plan Energético, cuyo horizonte se fija en el año 2012 y que constituye el instrumento de su estrategia energética, con los objetivos generales de atender a la satisfacción de la demanda energética de la Comunidad de Madrid, activando iniciativas de generación de energía donde sea posible y deseable; fomentar el ahorro energético y mejorar la eficiencia del sector en sus diversos niveles; promover el uso de los recursos energéticos propios, de origen renovable; y velar por los efectos medioambientales que se produzcan en el aprovechamiento de los recursos energéticos.

La energía solar térmica puede ser aprovechada en baja temperatura y en alta temperatura. El potencial de la Comunidad de Madrid en el aprovechamiento de la energía solar es elevado, como se puede observar en la imagen 1.3, en la que se evidencian niveles de irradiación importantes, muy por encima de la media europea y cercana a las zonas más insoladas de Europa. [9]

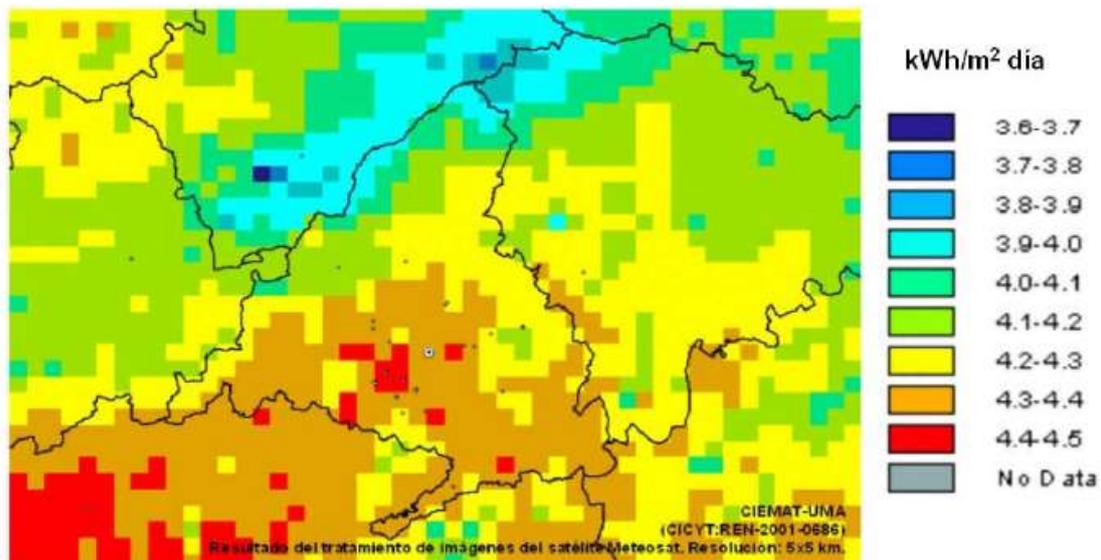


Imagen 1.3: Datos de irradiación solar derivados de imágenes de satélite para la Comunidad de Madrid (fuente: CIEMAT)



Ello justifica plenamente medidas tales como ordenanzas municipales que establezcan la obligatoriedad de las instalaciones solares de baja temperatura, de acuerdo con las recomendaciones del IDAE.

Madridsolar

Madridsolar es una campaña organizada por la Dirección General de Industria, Energía y Minas con la colaboración de nueve importantes empresas del sector energético para fomentar el uso de la energía solar en la Comunidad de Madrid.

La Comunidad de Madrid, dentro del Estado español, representa un caso muy especial en relación con la situación del sector energético, al ser una región con un elevado consumo de energía que contrasta enormemente con una producción autóctona muy reducida (apenas produce el 3 % de toda la energía que consume). Debido a ello, es importante impulsar iniciativas que tiendan a equilibrar esta situación.

Además, en los últimos tiempos la importancia concedida a las energías renovables está en claro crecimiento. Junto a la razón derivada por los objetivos marcados en el Protocolo de Kioto se encuentra la actual crisis del petróleo y el hecho de que siendo este el recurso energético más utilizado en nuestro país, se trata de una fuente de energía finita. Ambas circunstancias hacen cada vez más urgente una serie de medidas para potenciar el uso de las energías renovables, cuya existencia es ilimitada.

Entre las energías renovables, la solar es una de las más atractivas, teniendo en cuenta tanto la orografía como la realidad climática del ámbito territorial de la Comunidad de Madrid. Por ello, en la última década se ha venido potenciando desde el Gobierno regional la utilización de la energía solar, en sus dos vertientes, térmica y fotovoltaica. Ello se ha traducido en un continuo aumento de los fondos destinados a subvencionar la utilización de dicha energía.

Por todo lo anterior, como componente fundamental de apoyo y difusión al desarrollo de las líneas estratégicas previstas en el Plan Energético de la Comunidad de Madrid, uno de cuyos principales objetivos es la potenciación de la energía solar, se ha iniciado una campaña denominada "Madridsolar", la cual se empezó a articular en 2005 y que sigue vigente en un gran número de actuaciones.

[9]

5. LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA LUCHA CONTRA EL EFECTO INVERNADERO

El Protocolo de Kyoto, firmado en 1997, es el instrumento legislativo más importante disponible para la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Fue ratificado por España en 2002. En él los países industrializados se comprometen a reducir sus emisiones de estos gases, aproximadamente un 5% en 2010 con respecto a 1990.



La Unión Europea se comprometió a alcanzar una reducción de las emisiones europeas de gases que producen el efecto invernadero del 8% en 2010 en relación a los niveles de 1990, así como a cubrir el 12% de la demanda europea de energía primaria con energías renovables para el año 2010. Y eso no es más que un primer paso hacia la meta a largo plazo de una reducción del 70% de las emisiones de estos gases, según plantea la correspondiente Estrategia Europea.

En la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible de Johannesburgo (septiembre de 2002) se planteó un refuerzo de las políticas de apoyo a las energías renovables. Varios estados anunciaron allí públicamente su compromiso de aprobar el protocolo de Kyoto.

En España, la Oficina Española de Cambio Climático fue creada en junio de 2001 para coordinar todos los esfuerzos y a todas las entidades implicadas para reducir la emisión de gases de efecto invernadero. El Plan de Fomento de Energías Renovables 2000-2010 pretende doblar el porcentaje de abastecimiento basado en estas fuentes (pasaría del 6% actual al 12%). El Plan Energético Nacional aprobado en 2002 confirma estas tendencias.

Para poner en práctica estas medidas políticas y responder a estos desafíos, existen diversos programas de financiación destinados a promover proyectos de energías renovables y proyectos energéticos eficientes en los ámbitos europeo, nacional, regional y municipal. Todos ellos adjudican un papel importante a la EST (Energía Solar Térmica). [7]

6. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Los sistemas de energía solar térmica se clasifican de acuerdo con al grado de temperatura obtenido al calentar un fluido, en:

- **Energía solar térmica de baja temperatura:** Destinada a aquellas aplicaciones que no exigen temperaturas del agua superiores a los 90°C. Así por ejemplo, agua caliente sanitaria (ACS) y apoyo a la calefacción de viviendas, ACS en polideportivos, calentamiento de agua de piscinas, etc.
- **Energía solar térmica de media temperatura:** Destinada a aquellas aplicaciones que exigen temperaturas del agua comprendidas entre los 80°C y los 250°C. Como, por ejemplo, la producción de fluidos térmicos para procesos industriales, la desalinización de agua de mar y refrigeración mediante energía solar.
- **Energía solar térmica de alta temperatura:** Destinada a aquellas aplicaciones que requieran temperaturas del agua superiores a los 250°C. Así, por ejemplo, la generación de vapor para la producción de electricidad a gran escala. [6]

Entre estos sistemas solares activos para calentar agua, la energía solar térmica de baja temperatura será al que nos referiremos en este proyecto.



6.1 Energía solar Térmica de Baja Temperatura

El sistema más simple para aprovechar la energía calorífica del sol (radiación infrarroja) es la instalación de un colector solar plano por el interior del cual se hace pasar agua para su calentamiento. Esta agua es usada principalmente con fines sanitarios.

Con un sistema de estas características estaremos en condiciones de calentar agua hasta una temperatura de aproximadamente 80°C. Aparte del colector solar se necesita disponer de un método de almacenamiento para el agua producida por el colector de manera que sea capaz de satisfacer la demanda en condiciones en que la radiación solar sea insuficiente.

Las instalaciones para la producción de ACS se pueden clasificar en:

- Circuito abierto
- Circuito cerrado

Circuito abierto

El agua que circula por los colectores se usa directamente para el consumo. Estas instalaciones no disponen de intercambiador quedando su aplicación limitada por factores tales como la calidad del agua o la existencia de heladas estacionales.

Circuito cerrado

Está formado por dos circuitos diferentes. El circuito primario estaría constituido por los colectores donde se produce el calentamiento del agua y por la bomba de impulsión. Esta agua cede su calor por medio de un intercambiador al agua que circula por el circuito secundario, siendo éste agua la que es almacenada en el acumulador.

Como elemento independiente del depósito de acumulación además de la bomba del circuito secundario, se encuentra la fuente energética auxiliar, que entra en funcionamiento cuando la temperatura del agua de salida del acumulador es inferior a los requerimientos de la demanda.

Este será el sistema utilizado en el proyecto, el cual se calculara y dimensionará en apartados posteriores.

6.2 Subsistemas

Las instalaciones de baja temperatura requieren para su funcionamiento el acoplamiento de tres subsistemas principales:

- Subsistema de captación: cuya finalidad es la captación de la energía solar
- Subsistema de almacenamiento: cuya finalidad es adaptar en el tiempo la disponibilidad de energía y la demanda, acumulándola cuando está disponible, para poderla ofrecer en cualquier momento en que se solicite.
- Subsistema de distribución y consumo: cuya finalidad es trasladar a los puntos de consumo el agua caliente producida.

El funcionamiento de los tres subsistemas está condicionado por la meteorología, fundamentalmente radiación solar y temperatura, así como por la demanda.

Subsistema de captación

El subsistema de captación está constituido por el colector solar (o colectores solares) que es el elemento encargado de captar la energía contenida en la radiación solar y transferirla al fluido a calentar. El tipo de colectores más extendido es el denominado colector solar plano.

Los colectores solares planos destinados al calentamiento de agua pueden estar fabricados en distintos materiales (acero, cobre, aluminio, plásticos,...) pero están basados siempre en el mismo principio, denominado "efecto invernadero", consistente en captar en su interior la energía solar, transformándola en energía térmica e impidiendo su salida al exterior.

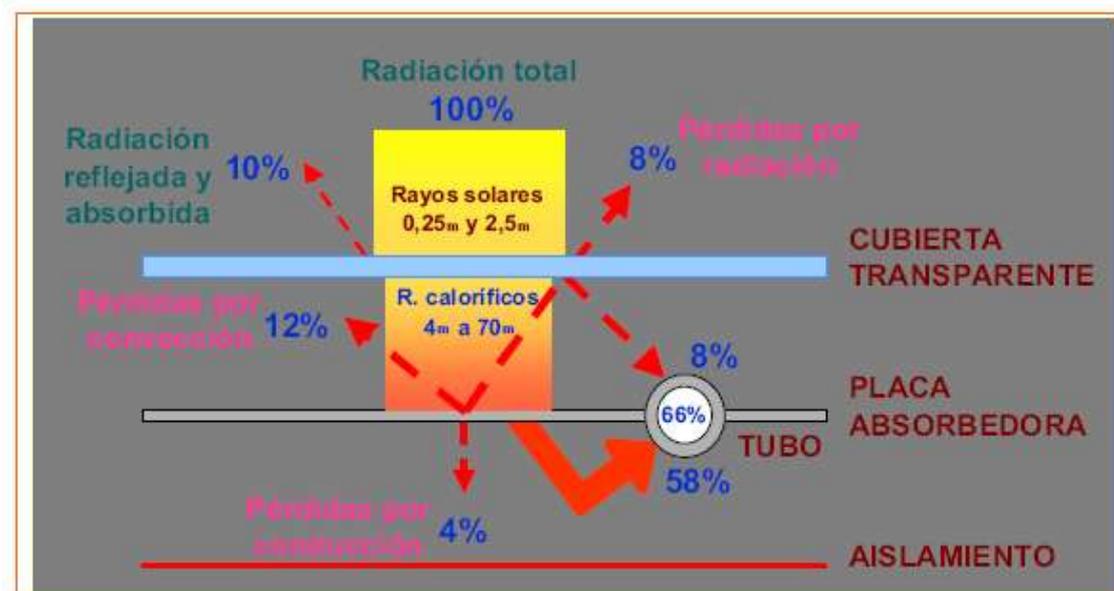


Imagen 1.4: Efecto invernadero (fuente: daecologica.iespana.es)

La característica específica de los colectores planos es que carecen de cualquier tipo de concentración de la energía incidente; captan tanto la radiación directa, como la difusa y carecen de cualquier forma de seguimiento de la posición del sol, a lo largo del día.

Los elementos básicos del colector individual son los siguientes (imagen 1.5):

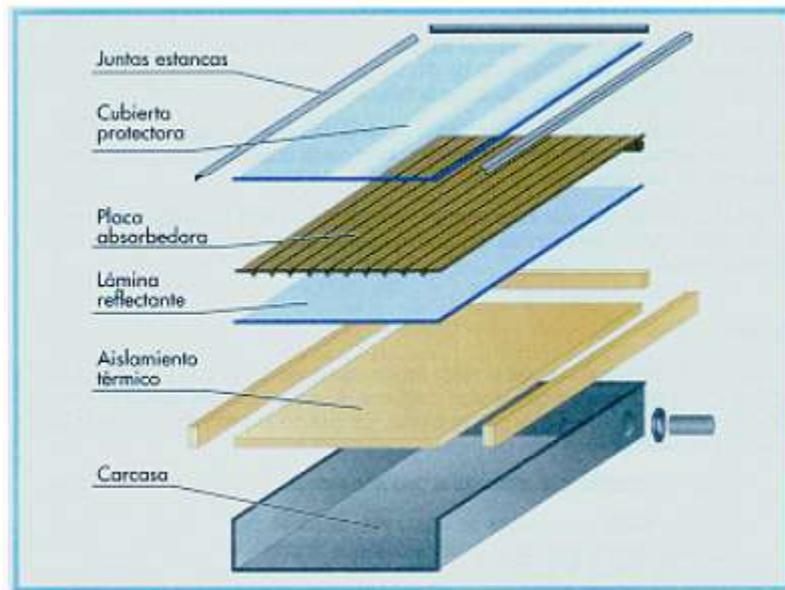


Imagen 1.5: Partes de un colector solar plano (fuente: daeecologica.iespana.es)

Subsistema de almacenamiento

Si se quiere aprovechar al máximo las horas de sol, será necesario acumular la energía en aquellos momentos del día en que esto sea posible y utilizarla cuando se produzca la demanda.

Lo habitual es almacenar la energía en forma de calor sensible por medio del agua que se pasará a consumo con posterioridad.

Pueden encontrarse en el mercado muchos tipos distintos de acumuladores para agua caliente, aunque en instalaciones pequeñas o medianas es recomendable la utilización de acumuladores específicos para energía solar.

Subsistema de distribución y consumo

Las instalaciones de energía solar térmica han de incluir necesariamente una serie de elementos indispensables para el correcto funcionamiento y control de la instalación.

Algunos de ellos son obligatorios, puesto que se trata de elementos de seguridad, y otros se colocan para obtener un mejor rendimiento de la instalación y un más correcto mantenimiento (válvulas de paso, válvulas de seguridad, manómetro, termómetro, etc.).

6.3. Circulación del fluido

En las instalaciones solares térmicas de baja temperatura para que la transferencia térmica sea eficaz, debemos asegurar la circulación del fluido. Esto se puede conseguir de dos formas diferentes, por termosifón (circulación natural) y mediante una bomba de circulación (circulación forzada).

Circulación natural o por termosifón

El movimiento del agua por circulación natural o termosifón se produce por la diferencia de temperaturas entre el agua fría del tanque y la caliente del colector, esto es, el agua interior del colector calentada por el sol disminuye su densidad y por tanto su peso, por lo que el mayor peso del agua fría del depósito (colocado necesariamente por encima de los colectores más de 30 cm.), actuando por el conducto de retorno, que une la parte inferior del depósito con la parte inferior del colector, empuja al agua caliente del colector, menos pesada, obligándola a ascender por la tubería que une la parte superior del tanque.

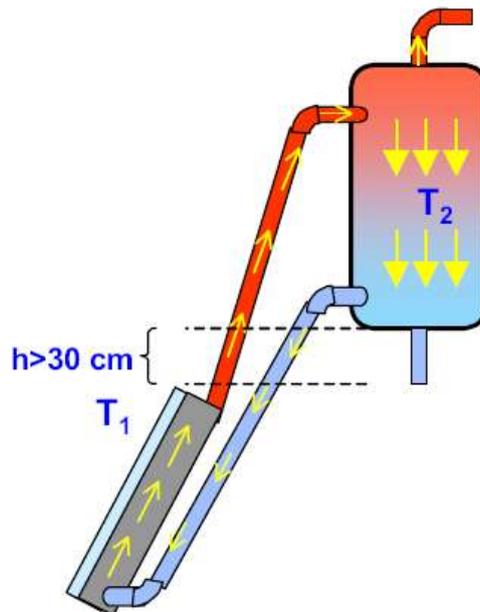


Imagen 1.6: Efecto termosifón (fuente: daeecologica.iespana.es)

Creado de esta forma el movimiento del agua del colector al depósito, éste se mantendrá mientras haya suficiente diferencia de temperaturas entre el colector y el depósito. Una vez calentada el agua del depósito las temperaturas se igualan y el movimiento cesa.

Cuando se produce una extracción de agua caliente el depósito se rellena con agua de la red, la temperatura del tanque baja y el movimiento se reinicia por sí mismo.

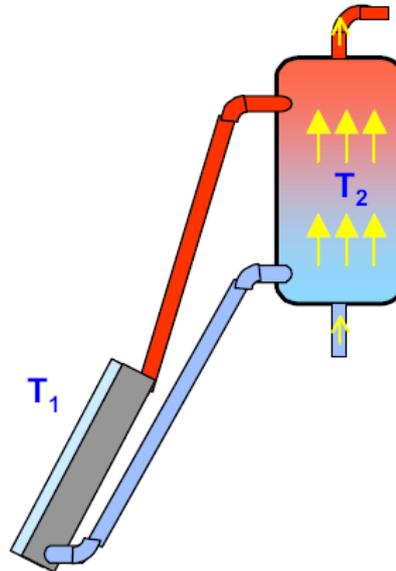


Imagen 1.7: Extracción de agua caliente (fuente: daeecologica.iespana.es)

Es básico, en un sistema por termosifón que el diseño y montaje de la instalación favorezca el movimiento del agua caliente. Dos son los factores que influyen en la fuerza ascensional del agua:

1. La diferencia media de temperaturas del agua a la salida del colector y en la parte baja del depósito ΔT .
2. Diferencia de alturas h entre el tanque y los colectores (mínimo 30 cm.) Tiene la gran ventaja de ser más sencillo, pues carece de bomba de circulación correspondiente. Se suele comercializar como equipos compactos.

Es el sistema aconsejable para viviendas unifamiliares con una demanda de agua caliente de unos 250 l/día.



Imagen 1.8: Equipo compacto termosifón (fuente: www.chromagen.es)

Circulación forzada

Si queremos evitar los inconvenientes de la instalación con circulación por termosifón, la circulación del agua puede conseguirse introduciendo una bomba que hace circular el agua de forma forzada, lo cual permite regular mejor la instalación.

En este caso el captador y el depósito pueden adoptar la posición relativa que convenga, es decir, que pueden estar al mismo nivel. **[6]**

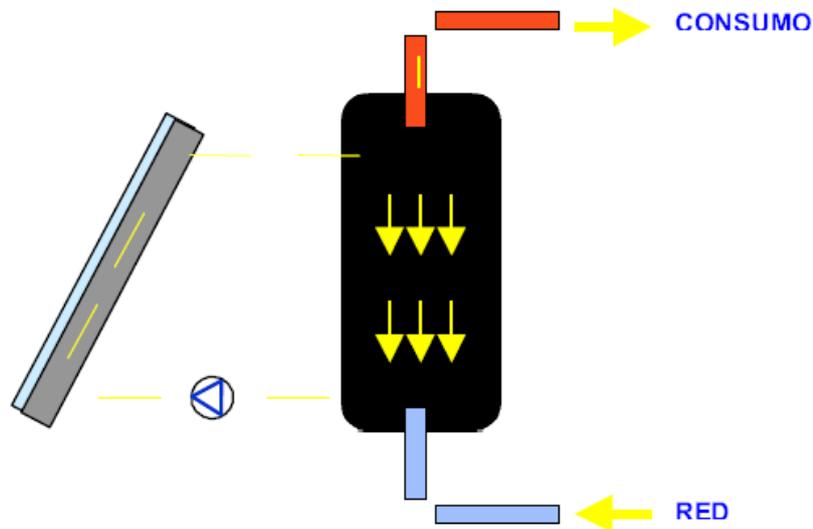


Imagen 1.9: Circulación forzada (fuente: daeecologica.iespana.es)

7. APLICACIONES

La energía solar térmica de baja temperatura encuentra cada día nuevas aplicaciones aunque la predominante con gran diferencia, es la producción de agua caliente sanitaria (ACS). Otras aplicaciones con cierto peso relativo son la calefacción y el calentamiento de piscinas.

A continuación se enumeran algunas de las posibles aplicaciones:

7.1. Producción de Agua Caliente Sanitaria

Es la aplicación más extendida a nivel comercial. Se pueden realizar instalaciones en circuito abierto y en circuito cerrado. Se emplean colectores solares planos.



7.2. Instalaciones de calefacción

Existe la posibilidad de realizar el suministro de calefacción mediante energía solar térmica. El rango de temperatura que se alcanza con energía solar es especialmente indicado para su utilización en sistemas de calefacción basados en el suelo radiante o en "fans-coils".

7.3. Climatización de piscinas

En el calentamiento de piscinas mediante energía solar térmica podemos distinguir a grandes rasgos dos tipos de instalaciones: instalaciones en piscinas descubiertas e instalaciones en piscinas cubiertas.

- **Instalaciones en piscinas descubiertas:** En este caso se suelen emplear sistemas muy simples, en los que la propia piscina actúa como acumulador. Constan de un sistema de captación (que puede estar basado en colectores de plástico o paneles de vidrio, más económicos y resistentes al cloro del agua de la piscina) que puede ser alimentado con la propia agua de la piscina, eliminando la necesidad del intercambiador, instalándose la bomba para la circulación a la salida de la depuradora, en la parte fría de la instalación.
- **Instalaciones en piscinas cubiertas:** La ventaja es que el agua del vaso de la piscina debe estar a una temperatura de 25°C, perfectamente compatible con los sistemas tradicionales de aprovechamiento solar. Se emplean colectores planos normales, y el sistema está formado por un circuito doble, con intercambiadores para la producción de agua caliente sanitaria y calentamiento de la piscina.

7.4. Secaderos solares

Basados en principio en los secaderos tradicionales, pero optimizados a partir de la concentración de calor mediante medios de captación más o menos específicos (colectores de aire caliente), que se introduce forzado como aire caliente dentro del secadero. Las aplicaciones principales se encuentran en el secado de productos agrícolas, aunque también se llega a aplicar en otros sectores.

7.5. Aplicaciones en Industrias

Estas aplicaciones suelen darse en casos en los que se trabaja a temperaturas similares a las del agua caliente sanitaria y pueden ser el lavado de botellas, descortezados, separación de fibras, tratamiento de alimentos. Los elementos y diseño para esta utilización pueden ser los mismos que para agua caliente sanitaria y en consecuencia se trata de una serie de aplicaciones comerciales.



7.6. Desalinización de agua de mar

Factible mediante energía solar en instalaciones de pequeña escala. A gran escala se han planteado diversas iniciativas sin que esté claramente demostrada la viabilidad de los proyectos. También se ha empleado la energía solar térmica en distintos procesos de desalinización en tecnologías de evaporación. **[6]**



II. NORMATIVA DE APLICACIÓN



1. NORMATIVA DE APLICACIÓN

1.1. ORDENANZAS SOLARES

Todas las ordenanzas tienen una estructura semejante, distinguiéndose los artículos relativos a:

- Objeto y campo de aplicación
- Usos afectados
- Garantía de cumplimiento
- Criterios de excepcionalidad
- Requisitos de las instalaciones
- Protección del paisaje
- Deber de conservación
- Empresas instaladoras
- Cumplimiento, infracciones y sanciones

Ordenanza Solar de Madrid:

El viernes 9 de mayo del 2003, se publicó en el B.O.C.M. Núm. 109 la *ORDENANZA SOBRE CAPTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR PARA USOS TÉRMICOS*.

1.2. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)

Fue aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE núm. 74 de 28 de marzo). En su preámbulo indica que sus objetivos son mejorar la calidad de la edificación y promover la innovación y sostenibilidad, también afirma que da cumplimiento a los requisitos básicos de la edificación establecidos en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación LOE, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad, la sostenibilidad de la edificación y la protección del medio ambiente, y recuerda asimismo que su aprobación mediante Real Decreto, se autoriza en la Disposición final segunda de la LOE.

En concreto, para el tipo de instalación que comprende este proyecto, se utilizará el DB HE4, Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria del CTE.

A lo largo del proyecto utilizaremos las siglas CTE para referirnos al Código Técnico de la Edificación.

1.3. OTROS DOCUMENTOS

Otros Documentos utilizados en este proyecto son:

- Pliego Oficial de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Energía Solar Térmica de Baja Temperatura del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía)



- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)
- Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación DTIE 1.01: Preparación de agua caliente para usos sanitarios. (Atecyr)
- Documento Técnicos de Instalaciones en la Edificación DTIE 8.03: Instalaciones Solares Térmicas para Producción de Agua Caliente Sanitaria. (Atecyr)



III. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO



1. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio del que trata este proyecto está situado en Madrid.

Es una vivienda multifamiliar dotada de 212 viviendas, 262 plazas de garaje y 212 trasteros. Esta distribuido en seis bloques formando una "U" y con una distribución simétrica. En el Centro de esta "U" se ubican los bloques 3 y 4 que son de mayor superficie que los otros conjuntos de bloques. En el lateral izquierdo se ubican los bloques 5 y 6 y en el lateral derecho los bloques 1 y 2.

El edificio está formado por dos sótanos (-1 y -2), y por 8 plantas que comprenden desde la baja hasta la séptima, estando por encima de ellas la planta ático y por último la azotea.

A continuación describiremos cada una de estas plantas:

1.1. Sótano -2

Comprende una superficie distribuida en forma de garajes (178 plazas), trasteros (154) y zonas comunes.

Sótano 2											
Bloque 1		Bloque 2		Bloque 3		Bloque 4		Bloque 5		Bloque 6	
Escale ra 1	Escale ra 2	Escale ra 1	Escale ra 2	Escale ra 1	Escale ra 2	Escale ra 1	Escale ra 2	Escale ra 1	Escale ra 2	Escale ra 1	Escale ra 2
Servicios comunes											
42,35	27,35	26,6		41,3	32,5	39	32,95	34,15		31,95	41,2
Trasteros											
131,6	101,6	148,4		92,35	231,9		183	126,05			206,3
Garajes											
764,3		85,85		335,9		209,15		58,3		668,3	

Tabla 3.1: Distribución Sótano 2



1.2. Sótano -1

Comprende una superficie distribuida en forma de garajes (84 plazas), trasteros (58) y zonas comunes en las cuales se encuentran dos salas de calderas que serán donde se ubicarán los equipos.

Sótano 1					
Bloque 4		Bloque 5		Bloque 6	
Escalera 1	Escalera 2	Escalera 1	Escalera 2	Escalera 1	Escalera 2
Servicios comunes					
34,4	26,6	28,3		24,4	22,8
Trasteros					
245		122,8		121,8	
Garajes					
215		45,4		772,9	

Tabla 3.2: Distribución Sótano 1

1.3. Planta baja:

Comprende la zona de portales y locales comerciales de cada bloque. Los locales comerciales no se han incluido en los cálculos de este proyecto al considerarse independientes de la instalación de la comunidad.

Planta Baja																	
Bloque 1		Bloque 2			Bloque 3			Bloque 4		Bloque 5		Bloque 6					
Portal	Locales	Portal	Locales	4	Portal	Locales	6	Portal	Locales	8	Portal	Locales	10	Portal	Locales	12	
1	1	2	3	4	3	5	6	4	7	8	5	9	10	6	11	12	
102,4	192,1	105,8	51,4	81,5	129	106,2	150,4	114,7	107,7	115,5	140	54	115,5	65,7	102,5	106	109,2

Tabla 3.3: Distribución Planta Baja



1.4. Planta primera

Está formada por viviendas de los seis bloques más las zonas comunes de escaleras. En la tabla 3.4 se muestra la distribución de las viviendas.

Planta 1									
	Sup util vivienda	Sup construida vivienda	Super Construid Servicios comunes	Baños	Aseos	Dormitorio Ppal	Dorm 2 camas	Dorm 1 cama	Personas según ordenanza Madrid
Bloque 1									
Escalera 1									
Vivienda A	82,4	93,4		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	85,5	96,3		2	0	1	1	2	6
Vivienda C	85,5	96,3		2	0	1	1	2	6
Vivienda D	80,5	91		2	0	1	1	1	4
Servicios Comunes			29,6						
Escalera 2									
Vivienda A	79	89,5		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	84,1	94,4		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			21,4						
Bloque 2									
Vivienda A	56,5	65,8		1	0	1	0	1	3
Vivienda B	91,3	104,1		2	0	1	2	0	4
Vivienda C	82,4	92,8		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			21,9						
Bloque 3									
Escalera 1									
Vivienda A	84,9	95,8		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	78	88,7		2	0	1	1	1	4
Servicios Comunes			21						
Escalera 2									
Vivienda A	85,6	95,9		2	0	1	2	0	4
Vivienda B	58,6	67,5		1	0	1	0	1	3
Vivienda C	55,1	64		1	0	1	0	1	3
Vivienda D	81,9	91,9		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			23,8						
Bloque 4									
Escalera 1									
Vivienda A	85,6	95,9		2	0	1	2	0	4
Vivienda B	58,6	67,5		1	0	1	0	1	3
Vivienda C	55,1	64		1	0	1	0	1	3
Vivienda D	81,9	91,9		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			23,8						
Escalera 2									
Vivienda A	84,9	95,8		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	66,1	75,6		2	0	1	0	1	3
Servicios Comunes			20,7						
Bloque 5									
Escalera 1									
Vivienda A	69,8	78,5		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	100,2	112,9		2	0	1	2	0	4
Vivienda C	39,8	48,8		1	0	1	0	0	1,5
Servicios Comunes			21,4						
Bloque 6									
Escalera 1									
Vivienda A	79	89,5		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	84,1	94,4		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			21,4						
Escalera 2									
Vivienda A	82,4	93,4		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	85,5	96,3		2	0	1	1	2	6
Vivienda C	85,5	96,3		2	0	1	1	2	6
Vivienda D	80,5	91		2	0	1	1	1	4
Servicios Comunes			29,6						

Tabla 3.4: Distribución Planta Primera



1.5. Planta segunda

Las plantas segunda, tercera, cuarta y quinta siguen la misma distribución. Estando formadas por viviendas y zonas comunes (escaleras).

Planta 2								
Sup util vivienda	Sup construida vivienda	Super Construid Servicios comunes	Baños	Aseos	Dormitorio Ppal	Dorm 2 camas	Dorm 1 cama	Personas según ordenanza Madrid
Bloque 1								
Escalera 1								
Vivienda A	82,4	93,4	2	0	1	1	1	4
Vivienda B	85,5	96,3	2	0	1	1	2	6
Vivienda C	85,5	96,3	2	0	1	1	2	6
Vivienda D	80,5	91	2	0	1	1	1	4
Servicios Comunes		29,6						
Escalera 2								
Vivienda A	79	89,5	2	0	1	1	1	4
Vivienda B	84,1	94,4	2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes		21,4						
Bloque 2								
Vivienda A	56,5	65,8	1	0	1	0	1	3
Vivienda B	91,3	104,1	2	0	1	2	0	4
Vivienda C	82,4	92,8	2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes		21,9						
Bloque 3								
Escalera 1								
Vivienda A	84,9	95,8	2	0	1	1	1	4
Vivienda B	78	88,7	2	0	1	1	1	4
Servicios Comunes		21						
Escalera 2								
Vivienda A	85,6	95,9	2	0	1	2	0	4
Vivienda B	58,6	67,5	1	0	1	0	1	3
Vivienda C	55,1	64	1	0	1	0	1	3
Vivienda D	81,9	91,9	2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes		23,8						
Bloque 4								
Escalera 1								
Vivienda A	85,6	95,9	2	0	1	2	0	4
Vivienda B	58,6	67,5	1	0	1	0	1	3
Vivienda C	55,1	64	1	0	1	0	1	3
Vivienda D	81,9	91,9	2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes		23,8						
Escalera 2								
Vivienda A	84,9	95,8	2	0	1	1	1	4
Vivienda B	66,1	75,6	2	0	1	0	1	3
Servicios Comunes		20,7						
Bloque 5								
Escalera 1								
Vivienda A	69,8	78,5	2	0	1	1	1	4
Vivienda B	100,2	112,9	2	0	1	2	0	4
Vivienda C	39,8	48,8	1	0	1	0	0	1,5
Servicios Comunes		21,4						
Bloque 6								
Escalera 1								
Vivienda A	79	89,5	2	0	1	1	1	4
Vivienda B	84,1	94,4	2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes		21,4						
Escalera 2								
Vivienda A	82,4	93,4	2	0	1	1	1	4
Vivienda B	85,5	96,3	2	0	1	1	2	6
Vivienda C	85,5	96,3	2	0	1	1	2	6
Vivienda D	80,5	91	2	0	1	1	1	4
Servicios Comunes		29,6						

Tabla 3.5: Distribución Planta Segunda



1.6. Planta tercera

La distribución de esta se muestra en la tabla 3.6, está formada por viviendas y zonas comunes (escaleras).

Planta 3									
	Sup util vivienda	Sup construida vivienda	Super Construid Servicios comunes	Baños	Aseos	Dormitorio Ppal	Dorm 2 camas	Dorm 1 cama	Personas según ordenanza Madrid
Bloque 1									
Escalera 1									
Vivienda A	82,4	93,4		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	85,5	96,3		2	0	1	1	2	6
Vivienda C	85,5	96,3		2	0	1	1	2	6
Vivienda D	80,5	91		2	0	1	1	1	4
Servicios Comunes			29,6						
Escalera 2									
Vivienda A	79	89,5		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	84,1	94,4		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			21,4						
Bloque 2									
Vivienda A	56,5	65,8		1	0	1	0	1	3
Vivienda B	91,3	104,1		2	0	1	2	0	4
Vivienda C	82,4	92,8		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			21,9						
Bloque 3									
Escalera 1									
Vivienda A	84,9	95,8		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	78	88,7		2	0	1	1	1	4
Servicios Comunes			21						
Escalera 2									
Vivienda A	85,6	95,9		2	0	1	2	0	4
Vivienda B	58,6	67,5		1	0	1	0	1	3
Vivienda C	55,1	64		1	0	1	0	1	3
Vivienda D	81,9	91,9		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			23,8						
Bloque 4									
Escalera 1									
Vivienda A	85,6	95,9		2	0	1	2	0	4
Vivienda B	58,6	67,5		1	0	1	0	1	3
Vivienda C	55,1	64		1	0	1	0	1	3
Vivienda D	81,9	91,9		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			23,8						
Escalera 2									
Vivienda A	84,9	95,8		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	66,1	75,6		2	0	1	0	1	3
Servicios Comunes			20,7						
Bloque 5									
Escalera 1									
Vivienda A	69,8	78,5		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	100,2	112,9		2	0	1	2	0	4
Vivienda C	39,8	48,8		1	0	1	0	0	1,5
Servicios Comunes			21,4						
Bloque 6									
Escalera 1									
Vivienda A	79	89,5		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	84,1	94,4		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			21,4						
Escalera 2									
Vivienda A	82,4	93,4		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	85,5	96,3		2	0	1	1	2	6
Vivienda C	85,5	96,3		2	0	1	1	2	6
Vivienda D	80,5	91		2	0	1	1	1	4
Servicios Comunes			29,6						

Tabla 3.6: Distribución Planta Tercera



1.7. Planta cuarta

La distribución de esta se muestra en la tabla 3.7, está formada por viviendas y zonas comunes (escaleras).

Planta 4									
Sup util vivienda	Sup construida vivienda	Super Construid Servicios comunes	Baños	Aseos	Dormitorio Ppal	Dorm 2 camas	Dorm 1 cama	Personas según ordenanza Madrid	
Bloque 1									
Escalera 1									
Vivienda A	82,4	93,4	2	0	1	1	1	4	
Vivienda B	85,5	96,3	2	0	1	1	2	6	
Vivienda C	85,5	96,3	2	0	1	1	2	6	
Vivienda D	80,5	91	2	0	1	1	1	4	
Servicios Comunes		29,6							
Escalera 2									
Vivienda A	79	89,5	2	0	1	1	1	4	
Vivienda B	84,1	94,4	2	0	1	2	0	4	
Servicios Comunes		21,4							
Bloque 2									
Vivienda A	56,5	65,8	1	0	1	0	1	3	
Vivienda B	91,3	104,1	2	0	1	2	0	4	
Vivienda C	82,4	92,8	2	0	1	2	0	4	
Servicios Comunes		21,9							
Bloque 3									
Escalera 1									
Vivienda A	84,9	95,8	2	0	1	1	1	4	
Vivienda B	78	88,7	2	0	1	1	1	4	
Servicios Comunes		21							
Escalera 2									
Vivienda A	85,6	95,9	2	0	1	2	0	4	
Vivienda B	58,6	67,5	1	0	1	0	1	3	
Vivienda C	55,1	64	1	0	1	0	1	3	
Vivienda D	81,9	91,9	2	0	1	2	0	4	
Servicios Comunes		23,8							
Bloque 4									
Escalera 1									
Vivienda A	85,6	95,9	2	0	1	2	0	4	
Vivienda B	58,6	67,5	1	0	1	0	1	3	
Vivienda C	55,1	64	1	0	1	0	1	3	
Vivienda D	81,9	91,9	2	0	1	2	0	4	
Servicios Comunes		23,8							
Escalera 2									
Vivienda A	84,9	95,8	2	0	1	1	1	4	
Vivienda B	66,1	75,6	2	0	1	0	1	3	
Servicios Comunes		20,7							
Bloque 5									
Escalera 1									
Vivienda A	69,8	78,5	2	0	1	1	1	4	
Vivienda B	100,2	112,9	2	0	1	2	0	4	
Vivienda C	39,8	48,8	1	0	1	0	0	1,5	
Servicios Comunes		21,4							
Bloque 6									
Escalera 1									
Vivienda A	79	89,5	2	0	1	1	1	4	
Vivienda B	84,1	94,4	2	0	1	2	0	4	
Servicios Comunes		21,4							
Escalera 2									
Vivienda A	82,4	93,4	2	0	1	1	1	4	
Vivienda B	85,5	96,3	2	0	1	1	2	6	
Vivienda C	85,5	96,3	2	0	1	1	2	6	
Vivienda D	80,5	91	2	0	1	1	1	4	
Servicios Comunes		29,6							

Tabla 3.7: Distribución Planta Cuarta



1.8. Planta quinta

La distribución de esta se muestra en la tabla 3.8, está formada por viviendas y zonas comunes (escaleras).

Planta 5									
	Sup util vivienda	Sup construida vivienda	Super Construid Servicios comunes	Baños	Aseos	Dormitorio Ppal	Dorm 2 camas	Dorm 1 cama	Personas según ordenanza Madrid
Bloque 1									
Escalera 1									
Vivienda A	82,4	93,4		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	85,5	96,3		2	0	1	1	2	6
Vivienda C	85,5	96,3		2	0	1	1	2	6
Vivienda D	80,5	91		2	0	1	1	1	4
Servicios Comunes			29,6						
Escalera 2									
Vivienda A	79	89,5		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	84,1	94,4		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			21,4						
Bloque 2									
Vivienda A	56,5	65,8		1	0	1	0	1	3
Vivienda B	91,3	104,1		2	0	1	2	0	4
Vivienda C	82,4	92,8		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			21,9						
Bloque 3									
Escalera 1									
Vivienda A	84,9	95,8		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	78	88,7		2	0	1	1	1	4
Servicios Comunes			21						
Escalera 2									
Vivienda A	85,6	95,9		2	0	1	2	0	4
Vivienda B	58,6	67,5		1	0	1	0	1	3
Vivienda C	55,1	64		1	0	1	0	1	3
Vivienda D	81,9	91,9		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			23,8						
Bloque 4									
Escalera 1									
Vivienda A	85,6	95,9		2	0	1	2	0	4
Vivienda B	58,6	67,5		1	0	1	0	1	3
Vivienda C	55,1	64		1	0	1	0	1	3
Vivienda D	81,9	91,9		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			23,8						
Escalera 2									
Vivienda A	84,9	95,8		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	66,1	75,6		2	0	1	0	1	3
Servicios Comunes			20,7						
Bloque 5									
Escalera 1									
Vivienda A	69,8	78,5		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	100,2	112,9		2	0	1	2	0	4
Vivienda C	39,8	48,8		1	0	1	0	0	1,5
Servicios Comunes			21,4						
Bloque 6									
Escalera 1									
Vivienda A	79	89,5		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	84,1	94,4		2	0	1	2	0	4
Servicios Comunes			21,4						
Escalera 2									
Vivienda A	82,4	93,4		2	0	1	1	1	4
Vivienda B	85,5	96,3		2	0	1	1	2	6
Vivienda C	85,5	96,3		2	0	1	1	2	6
Vivienda D	80,5	91		2	0	1	1	1	4
Servicios Comunes			29,6						

Tabla 3.8: Distribución Planta Quinta



1.9. Planta sexta

La distribución de esta se muestra en la tabla 3.9, está formada por viviendas con terrazas y zonas comunes (escaleras).

Planta 6										
	Sup util terraza	Sup util vivienda	Sup construida vivienda	Super Construid Servicios comunes	Baños	Aseos	Dormitorio Ppal	Dorm 2 camas	Dorm 1 cama	Personas según ordenanza Madrid
Bloque 1										
Escalera 1										
Vivienda A	51,2	103,9	118,3		2	1	1	3	0	6
Vivienda B	51,2	101,5	115,5		2	1	1	3	0	6
Servicios Comunes				23,8						
Escalera 2										
Vivienda A		75,2	85,4		2	0	1	1	1	4
Vivienda B		79,4	90,1		2		1	2		4
Servicios Comunes				21,4						
Bloque 2										
Vivienda A		56,5	65,8		1		1	1		3
Vivienda B		89,3	102,2		2		1	2		4
Vivienda C		80,4	90,6		2		1		2	4
Servicios Comunes				21,9						
Bloque 3										
Escalera 1										
Vivienda A		78,9	89,2		2		1	1	1	4
Vivienda B		75,1	85,5		2		1	1	1	4
Servicios Comunes				21						
Escalera 2										
Vivienda A		84	94,2		2		1	2		4
Vivienda B		58,4	67,5		1		1		1	3
Vivienda C		55,1	64,3		1		1		1	3
Vivienda D		79,5	89,9		2		1	2		4
Servicios Comunes				23,8						
Bloque 4										
Escalera 1										
Vivienda A		84	94,2		2		1	2		4
Vivienda B		58,4	67,5		1		1		1	3
Vivienda C		55,1	64,3		1		1		1	3
Vivienda D		79,5	89,9		2		1	2		4
Servicios Comunes				23,8						
Escalera 2										
Vivienda A		78,9	89,2		2		1	1	1	4
Vivienda B		65,4	74,8		2		1		1	3
Servicios Comunes				20,7						
Bloque 5										
Vivienda A		69,5	79		2		1	1	1	4
Vivienda B		99,8	112,6		2		1	2		4
Vivienda C		39,8	48,8		1		1			1,5
Servicios Comunes				21,4						
Bloque 6										
Escalera 1										
Vivienda A		75,2	85,4		2	0	1	1	1	4
Vivienda B		79,4	90,1		2		1	2		4
Servicios Comunes				21,4						
Escalera 2										
Vivienda A	51,2	103,9	118,3		2	1	1	3	0	6
Vivienda B	51,2	101,5	115,5		2	1	1	3	0	6
Servicios Comunes				23,8						

Tabla 3.9: Distribución Planta Sexta



1.10. Planta séptima

La distribución de esta se muestra en la tabla 3.10, está formada por viviendas con terrazas y zonas comunes (escaleras).

Planta 7										
	Sup util terraza	Sup util vivienda	Sup construida vivienda	Super Construid Servicios comunes	Baños	Aseos	Dormitorio Ppal	Dorm 2 camas	Dorm 1 cama	Personas según ordenanza Madrid
Bloque 1										
Escalera 2										
Vivienda A	45,7	135,4	153,7		2	1	1	3	0	6
Vivienda B	51,2	145,6	164,8		2	1	1	3	0	6
Servicios Comunes				23,1						
Bloque 2										
Vivienda A		56,5	65,8		1		1	1	0	3
Vivienda B		89,3	102,2		2		1	2		4
Vivienda C		80,4	90,6		2		1		2	4
Servicios Comunes				21,9						
Bloque 3										
Escalera 1										
Vivienda A		78,9	89,2		2		1	1	1	4
Vivienda B		75,1	85,5		2		1	1	1	4
Servicios Comunes				21						
Escalera 2										
Vivienda A		84	94,2		2		1	2		4
Vivienda B		58,4	67,5		1		1		1	3
Vivienda C		55,1	64,3		1		1		1	3
Vivienda D		79,5	89,9		2		1	2		4
Servicios Comunes				23,8						
Bloque 4										
Escalera 1										
Vivienda A		84	94,2		2		1	2		4
Vivienda B		58,4	67,5		1		1		1	3
Vivienda C		55,1	64,3		1		1		1	3
Vivienda D		79,5	89,9		2		1	2		4
Servicios Comunes				23,8						
Escalera 2										
Vivienda A		78,9	89,2		2		1	1	1	4
Vivienda B		65,4	74,8		2		1		1	3
Servicios Comunes				20,7						
Bloque 5										
Vivienda A		69,5	79		2		1	1	1	4
Vivienda B		99,8	112,6		2		1	2		4
Vivienda C		39,8	48,8		1		1			1,5
Servicios Comunes				21,4						
Bloque 6										
Escalera 1										
Vivienda A	45,7	135,4	153,7		2	1	1	3	0	6
Vivienda B	51,2	145,6	164,8		2	1	1	3	0	6
Servicios Comunes				23,1						

Tabla 3.10: Distribución Planta Séptima



1.11. Planta ático

La distribución de esta se muestra en la tabla 3.11, está formada por viviendas con terrazas y zonas comunes (escaleras).

Ático										
	Sup util terraza	Sup util vivienda	Sup construida vivienda	Super Construid Servicios comunes	Baños	Aseos	Dormitorio Ppal	Dorm 2 camas	Dorm 1 cama	Personas según ordenanza Madrid
Bloque 1										
Escalera 2										
Vivienda A	62,1	77,4	91,1		2		1	1	1	4
Vivienda B	72,7	80,7	95,2		2		1	1	1	4
Servicios Comunes				19,7						
Bloque 2										
Escalera 1										
Vivienda A	13,9	69,3	80,5		2		1		2	4
Vivienda B	35,9	94,6	106,6		2		1	1	1	4
Servicios Comunes				18,7						
Bloque 3										
Escalera 1										
Vivienda A	36,6	85,1	97,4		2		1	2		4
Servicios Comunes				17,4						
Escalera 2										
Vivienda A	58,8	106,4	120,9		2		1	2		4
Vivienda B	59,6	101,6	116		2		1	2		4
Servicios Comunes				23,3						
Bloque 4										
Escalera 1										
Vivienda A	58,8	106,4	120,9		2		1	2		4
Vivienda B	59,6	101,6	116		2		1	2		4
Servicios Comunes				23,3						
Escalera 2										
Vivienda A	35,6	75,8	86,7		1		1	1	1	4
Servicios Comunes				17,4						
Bloque 5										
Escalera 1										
Vivienda A	26,1	108,3	123,9		3		1	2		4
Vivienda B	4,2	41	47,5		1		1			1,5
Servicios Comunes				18,3						
Bloque 6										
Escalera 1										
Vivienda A	62,1	77,4	91,1		2		1	1	1	4
Vivienda B	72,7	80,7	95,2		2		1	1	1	4
Servicios Comunes				19,7						

Tabla 3.11: Distribución Planta Ático

1.12. Planta cubierta

Es donde se colocaran los captadores solares. La cubierta tiene varias inclinaciones siendo la de los bloques centrales de $37,4^\circ$.

En ella hay dos cúpulas de cristal, patinillos y varias chimeneas que tendremos en cuenta por las sombras que pueden producir.

A continuación se muestra una Imagen 3.1 de la cubierta:

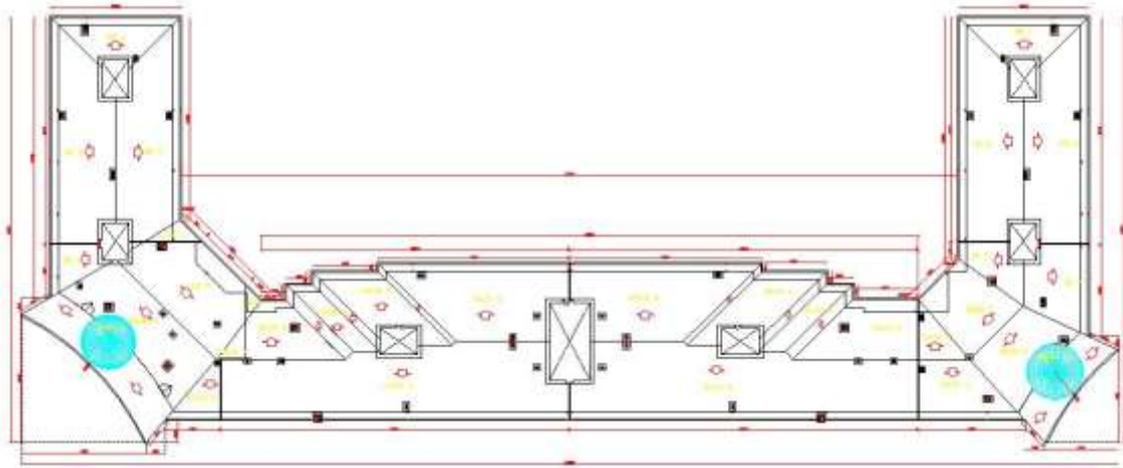


Imagen 3.1: Planta cubierta



IV. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ACS



1. INTRODUCCIÓN

Para dimensionar una instalación de Energía Solar térmica es necesario conocer:

- *Datos geográficos:* latitud del lugar de ubicación de los captadores.
- *Condiciones de uso de la instalación:* ACS, piscina, calefacción
- *Datos climatológicos:* radiación sobre captadores, temperatura exterior, temperatura del agua de red.

El consumo se calculará para el uso previsto en este proyecto, que es, Agua Caliente Sanitaria.

Este consumo necesario se puede obtener de manera directa haciendo uso de los datos de consumo medidos en años anteriores proporcionados por el usuario, esto es, midiendo directamente del contador de agua caliente. Datos que deben ser justificados y que en este proyecto no podemos obtener. Por lo que el consumo de ACS lo realizaremos por medio de estimaciones.

Existen diversas formas de estimar:

- **Con facturas de combustible:** esto se puede hacer cuando se conoce el consumo de combustible utilizado en cada mes para calentar ACS a partir del cual podríamos obtener el consumo diario de ACS de dicho mes.
- **Con el consumo de agua fría:** estimando que el consumo de ACS está comprendido entre un 25 y un 35 % del consumo total del agua fría de la red.
- **Por utilización de aparatos de consumo:** a partir del caudal que se expone en el DB HS del CTE en el punto 2.1.3 Condiciones mínimas de suministro

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría	Caudal instantáneo mínimo de ACS
	[dm ³ /s]	[dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Imagen 4.1: Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato (fuente: CTE)

- **A partir de los consumos unitarios y del porcentaje de ocupación:** que es la forma más usual de estimar la demanda mensual de ACS y será la que utilizemos como puede observarse en el apartado 2.2. **[3]**

2. CÁLCULO DE LA DEMANDA DE ACS

2.1. Datos geográficos

El principal dato geográfico de interés es la latitud del lugar, ya que de acuerdo con la misma se determinará la inclinación de los captadores.

En apartados posteriores veremos como la temperatura mínima nos servirá para obtener las propiedades del fluido caloportador.

Los datos los obtenemos del Pliego Condiciones Técnicas Solar B.T y la fuente es CENSOLAR.

PROVINCIA	ALTITUD (m) (de la capital)	LATITUD (°) (de la capital)	LONGITUD (°) (de la capital)	TEMP. MÍNIMA HISTÓRICA (°C)
30 MADRID	667	40,4	3,7 W	-16

Imagen 4.2: Altitud, latitud y temperatura mínima histórica (fuente: CENSOLAR)



2.2. Consumo ACS

Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la imagen 4.3 correspondiente al DB HE4 del CTE.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Imagen 4.3: Tabla 3.1 Demanda de referencia a 60 °C (fuente: CTE)

Como hemos descrito en el apartado anterior, el proyecto data de una instalación de ACS en un edificio de viviendas multifamiliares por lo que atendiendo al CTE el consumo estimado será de 22 litros por persona/día. (que coincide con los valores de consumo que aparecen en el ANEXO I de la Ordenanza Solar de Madrid).

Para el cálculo de personas se ha tenido en cuenta lo estipulado en el CTE y en la Ordenanza Solar de Madrid, para el uso residencial de viviendas, se utilizan como valores mínimos los que se relacionan a continuación:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Imagen 4.4: Tabla valores mínimos para el cálculo del número de personas para uso residencial (fuente: CTE)

En el apartado de Descripción del edificio, en cada una de las tablas se ha incorporado una columna con la estimación de personas de cada vivienda según establece el CTE y la Ordenanza Solar de Madrid, siendo el número total de personas en el edificio de **842**.



Para realizar el consumo de cada mes, vamos a tener en cuenta dos factores:

1. Horas de sol de cada mes que obtenemos a partir de los datos proporcionados por el Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos de la Universidad Carlos III de Madrid, los cuales muestran en la siguiente tabla, el Número medio de horas diarias de sol útiles para captadores orientados aproximadamente al ecuador e inclinados con un ángulo igual a la latitud.

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
De +25º a +45º (Hemisferio Norte)	8	9	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7,5

Imagen 4.5: Horas de sol (fuente: Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos de la Universidad Carlos III de Madrid)

2. DTIE 1.01 (Preparación de Agua Caliente para Usos Sanitarios) que establece una variación media del consumo mensual en viviendas, a través de la siguiente gráfica:

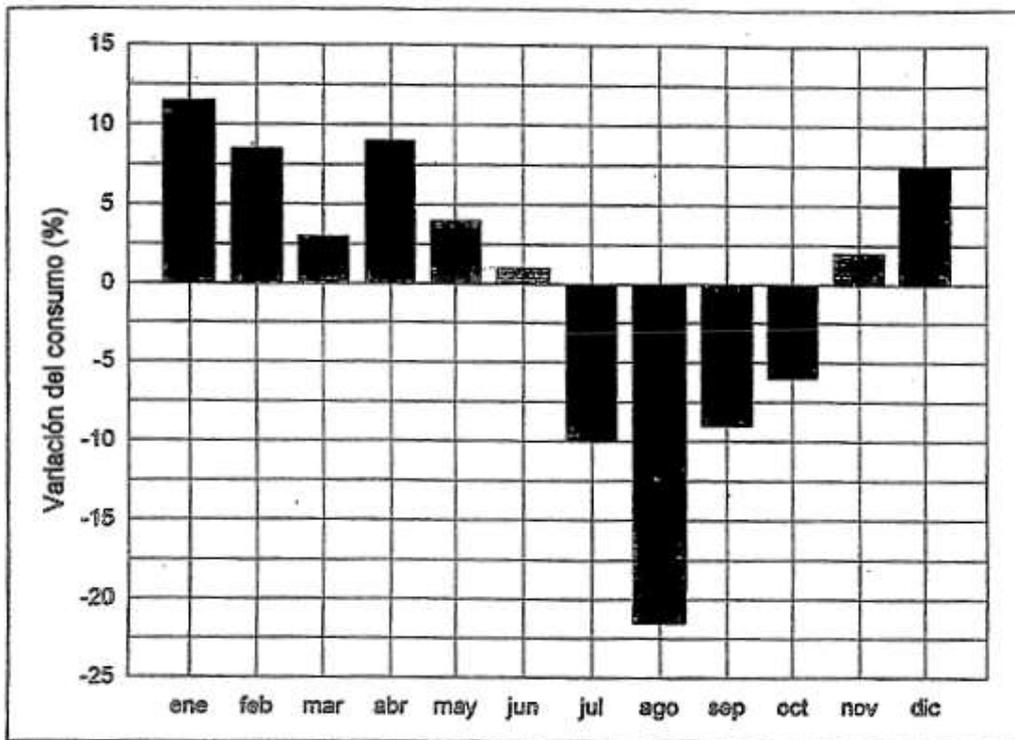


Imagen 4.6: Variación media del consumo mensual en viviendas (fuente: DTIE 1.01 Preparación de Agua Caliente para Usos Sanitarios)



Por lo que teniendo en consideración los factores anteriores, obtenemos los siguientes resultados para el consumo de nuestra instalación (Tabla 4.1):

Mes	Días/mes	Consumo mensual (l/mes)	Variación de consumo tabla	Variación de consumo (%)	Consumo mensual corregido (l/mes)	Horas de sol	m_{cons} (m^3/s)
Enero	31	574244	11,5	0,115	640282,06	8	7,17E-04
Febrero	28	518672	8,5	0,085	562759,12	9	6,20E-04
Marzo	31	574244	3	0,03	591471,32	9	5,89E-04
Abril	30	555720	9	0,09	605734,8	9,5	5,90E-04
Mayo	31	574244	4	0,04	597213,76	9,5	5,63E-04
Junio	30	555720	1	0,01	561277,2	9,5	5,47E-04
Julio	31	574244	-10	-0,1	516819,6	9,5	4,87E-04
Agosto	31	574244	-21,5	-0,215	450781,54	9,5	4,25E-04
Septiembre	30	555720	-9,5	-0,095	502926,6	9,5	4,90E-04
Octubre	31	574244	-6	-0,06	539789,36	9	5,37E-04
Noviembre	30	555720	2	0,02	566834,4	9	5,83E-04
Diciembre	31	574244	7,5	0,075	617312,3	8	6,91E-04
Anual		563438,33		-0,00041667	562766,8383	9,083	5,70E-04

Tabla 4.1: Resultados obtenidos para el consumo de la instalación

Dado que el fluido de consumo es agua, y su densidad es $\rho = 1000\text{kg}/\text{m}^3$, obtenemos los siguientes valores (Tabla 4.2):

Mes	m_{cons} (kg/s)
Enero	0,717161806
Febrero	0,620325309
Marzo	0,588880247
Abril	0,590384795
Mayo	0,563302924
Junio	0,547053801
Julio	0,487473684
Agosto	0,42518538
Septiembre	0,490181871
Octubre	0,537424691
Noviembre	0,583162963
Diciembre	0,691434028
Total anual	0,570164292

Tabla 4.2: Consumo corregido



Es decir que el consumo medio anual que denominaremos m_{cons} , será:

$$m_{cons} = 0,57016 \frac{kg}{s} \quad [4.1]$$

2.3. Condiciones climáticas

El dimensionado de una instalación solar precisa, para cada mes, el conocimiento de las condiciones climáticas del lugar donde se encuentra ubicada la instalación, en este proyecto y tal y como se ha indicado anteriormente, el edificio está ubicado:

- Radiación horizontal e inclinada que incide sobre el captador
- Horas útiles que incide la radiación solar
- Temperatura ambiente
- Temperatura del agua de red

Todos estos datos se obtienen de bases de estadísticas proporcionadas por centros meteorológicos, en nuestro caso, la fuente utilizada ha sido CENSOLAR y el Documento del cual hemos obtenido los datos, ha sido el Pliego Condiciones Técnicas Solar B.T proporcionado por el Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos de la Universidad Carlos III de Madrid.

A continuación vamos a mostrar cada uno de estos datos ya que serán los que utilizaremos para el cálculo de toda la instalación. **[3]**

Radiación horizontal que incide sobre el captador (H)

Los datos sobre Madrid de la radiación sobre superficie horizontal en MJ/m², son los siguientes:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
30 MADRID	6,7	10,6	13,6	18,8	20,9	23,5	26	23,1	16,9	11,4	7,5	5,9	15,4

Imagen 4.7: Energía en MJ que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes (fuente: CENSOLAR)

Radiación sobre superficie horizontal modificada

En algunos casos se puede tomar la radiación sobre superficie horizontal modificada por un factor en función de la instalación solar:

- 0,95 si la instalación está dentro de un casco urbano
- 1,05 si está en atmósfera limpia o está en zona de montaña
- Coeficientes de corrección más severos en el caso de prever importantes sombras en invierno.



En este proyecto no hemos tenido en cuenta estos factores de corrección ya que hemos considerado aplicar el coeficiente de inclinación k que va a depender de la inclinación del tejado del edificio. **[3]**

Radiación inclinada que incide sobre el captador

La radiación incidente sobre la superficie inclinada del plano de los captadores, es la energía teórica que se puede esperar que incida en un día medio del mes considerado, por cada metro cuadrado de captador. **[3]**

Para conocerla se multiplica la radiación horizontal (H) por el coeficiente correspondiente a la inclinación elegida (k), y que en nuestro caso será el de la inclinación del tejado del edificio esto es: $34,7^\circ$ y cogemos la tabla de latitud 40° que es la que coincide con la latitud de Madrid.

$$E = H \cdot k \quad [4.2]$$

LATITUD = 40°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02	1,01	1,02	1,03	1,05	1,08	1,09	1,09
10	1,14	1,11	1,08	1,05	1,03	1,02	1,03	1,06	1,1	1,14	1,17	1,16
15	1,2	1,16	1,12	1,07	1,03	1,02	1,04	1,08	1,14	1,21	1,25	1,24
20	1,25	1,2	1,14	1,08	1,03	1,02	1,03	1,09	1,17	1,26	1,32	1,3
25	1,3	1,23	1,16	1,08	1,02	1	1,02	1,09	1,19	1,3	1,38	1,36
30	1,34	1,26	1,17	1,07	1,01	0,98	1,01	1,09	1,2	1,34	1,43	1,41
35	1,37	1,28	1,17	1,06	0,98	0,95	0,98	1,07	1,21	1,37	1,47	1,45
40	1,39	1,29	1,16	1,04	0,95	0,92	0,95	1,05	1,21	1,39	1,5	1,48
45	1,4	1,29	1,15	1,01	0,91	0,88	0,92	1,03	1,2	1,39	1,52	1,5
50	1,41	1,28	1,13	0,98	0,87	0,83	0,87	0,99	1,18	1,39	1,54	1,52
55	1,4	1,27	1,1	0,94	0,82	0,78	0,82	0,95	1,15	1,38	1,54	1,52
60	1,39	1,24	1,07	0,89	0,77	0,72	0,77	0,9	1,12	1,36	1,53	1,51
65	1,37	1,21	1,03	0,84	0,71	0,66	0,71	0,85	1,07	1,34	1,51	1,5
70	1,34	1,17	0,98	0,78	0,64	0,59	0,64	0,79	1,02	1,3	1,49	1,47
75	1,3	1,13	0,92	0,72	0,57	0,52	0,57	0,73	0,97	1,25	1,45	1,44
80	1,25	1,08	0,86	0,65	0,5	0,45	0,5	0,66	0,9	1,2	1,41	1,4
85	1,2	1,02	0,8	0,58	0,43	0,37	0,42	0,58	0,84	1,14	1,35	1,35
90	1,14	0,95	0,73	0,5	0,35	0,29	0,34	0,5	0,76	1,07	1,29	1,29

Imagen 4.8: Factor de corrección k para superficies inclinadas. Representa el cociente entre la energía total incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal. (Fuente: CENSOLAR).



Como la inclinación del tejado del edificio es 34,7 interpolamos entre $k=30$ y $k=35$ obteniendo los valores que se expresan en la Tabla 4.3:

Mes	H (MJ/m ²)	k	E(J/m ²)
Enero	6,7	1,3682	9166940
Febrero	10,6	1,2788	13555280
Marzo	13,6	1,17	15912000
Abril	18,8	1,0606	19939280
Mayo	20,9	0,9818	20519620
Junio	23,5	0,9518	22367300
Julio	26	0,9818	25526800
Agosto	23,1	1,0712	24744720
Septiembre	16,9	1,2094	20438860
Octubre	11,4	1,3682	15597480
Noviembre	7,5	1,4676	11007000
Diciembre	5,9	1,4476	8540840
Año	15,4	1,19641667	17276343,3

Tabla 4.3: Datos radiación incidente sobre la superficie inclinada del plano de los captadores

Irradiación solar en Madrid (I)

Para calcular la irradiación que se obtiene por cada metro cuadrado de panel solar, tenemos en cuenta las horas de sol en el horizonte, descontando las horas iniciales y finales del día. [3]

Y la irradiación será:

$$I = \frac{E(\frac{J}{m^2})}{\text{horas de sol (s)}} \quad [4.3]$$

Los resultados correspondientes a cada mes se muestran a continuación (Tabla 4.4):



Mes	H (MJ/m ²)	k	E(J/m ²)	Horas de sol	I(w/m ²)
Enero	6,7	1,3682	9166940	8	318,2965278
Febrero	10,6	1,2788	13555280	9	418,3728395
Marzo	13,6	1,17	15912000	9	491,1111111
Abril	18,8	1,0606	19939280	9,5	583,019883
Mayo	20,9	0,9818	20519620	9,5	599,9888889
Junio	23,5	0,9518	22367300	9,5	654,0146199
Julio	26	0,9818	25526800	9,5	746,3976608
Agosto	23,1	1,0712	24744720	9,5	723,5298246
Septiembre	16,9	1,2094	20438860	9,5	597,6274854
Octubre	11,4	1,3682	15597480	9	481,4037037
Noviembre	7,5	1,4676	11007000	9	339,7222222
Diciembre	5,9	1,4476	8540840	8	296,5569444
Año	15,4	1,19641667	17276343,3	9,08333333	520,8368093

Tabla 4.4: Irradiación solar

Temperatura de agua de red (T_{red})

A efectos del cálculo de la carga de consumo, los valores de temperatura de agua fría se van a tomar de los proporcionados por CENSOLAR.

La utilización de otros datos de temperaturas de agua fría deberá ser justificada indicando la procedencia y proceso de obtención de los mismos.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
30 MADRID	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3

Imagen 4.9: Temperatura media del agua de la red general, en °C (fuente: CENSOLAR)

Temperatura ambiente media (T_{amb})

Utilizaremos los datos aportados por CENSOLAR de Temperatura ambiente media durante las horas de sol y que se muestran a continuación:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
30 MADRID	6	8	11	13	18	23	28	26	21	15	11	7	15,6

Imagen 4.10: Temperatura ambiente media durante las horas de sol, en °C (fuente: CENSOLAR)



3. DEMANDA ENERGÉTICA DE ACS

La carga es la demanda térmica que la instalación debe satisfacer, es decir, el consumo energético que, para el caso de ACS es directamente proporcional al consumo volumétrico y lo hallaremos a partir de la fórmula 3.1.:

$$Q = m \cdot Cp \cdot (T_{uso} - T_{red}) \quad [4.4]$$

Siendo:

- Q: la carga o energía calorífica necesaria en (MJ)
- m: ACS diaria consumida en (kg)
- Cp: calor específico del agua (4,17 KJ/°CKg)
- $T_{uso}-T_{red}$: grados que hay que suministrar al agua (°C)

La temperatura de uso será de 60°C tal y como indica el CTE para sistemas de ACS.

La temperatura de red será la indicada en el apartado anterior. **[3]**

En la tabla 4.5 se muestran los resultados obtenidos:

Mes	Consumo mensual corregido (l/mes)	Cp (KJ/°CKg)	T uso	T red	Q(MJ)
Enero	640282,06	4,17	60	6	144178,71
Febrero	562759,12	4,17	60	7	124375,39
Marzo	591471,32	4,17	60	9	125788,21
Abril	605734,8	4,17	60	11	123769,79
Mayo	597213,76	4,17	60	12	119538,31
Junio	561277,2	4,17	60	13	110004,72
Julio	516819,6	4,17	60	14	99136,336
Agosto	450781,54	4,17	60	13	88348,674
Septiembre	502926,6	4,17	60	12	100665,79
Octubre	539789,36	4,17	60	11	110295,16
Noviembre	566834,4	4,17	60	9	120548,67
Diciembre	617312,3	4,17	60	6	139006,38
Total anual	562766,8383				1405656,1

Tabla 4.5: Demanda energética (MJ)

Por lo tanto la demanda energética total de nuestra instalación será:

$$Q = 1405656,1 \text{ MJ} \quad [4.5]$$



V. PÉRDIDAS EN EL COLECTOR



1. PÉRDIDAS EN EL COLECTOR

1.1. Introducción.

En general, se define el rendimiento de un captador como la relación entre el flujo energético que le llega (es decir, la radiación solar) y la energía útil que se transmite al fluido caloportador. Así, el rendimiento instantáneo de un captador varía en función de la insolación, la temperatura del agua que entra al captador, la temperatura ambiente, la temperatura de la placa y los materiales utilizados en la construcción del captador. Por este motivo, los fabricantes facilitan unas curvas de rendimiento que permiten evaluar la variación de la eficiencia de cada captador en función de las condiciones nombradas.

El problema de estas curvas de rendimiento que ofrecen los fabricantes es que no tienen en cuenta las pérdidas producidas por el viento.

Por ello se hará un análisis más concreto de todas las pérdidas producidas en el colector, en base al *Artículo: TRANSFERENCIA DE CALOR EN COLECTORES SOLARES PLANOS, CONSIDERANDO VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO. Rodríguez, M. C., Rodríguez, P. A., Salgado, R., Venegas, M., Lecuona, A.* en el cual se desarrolla y valida un modelo de pérdidas en colectores en estado no estacionario contabilizando las pérdidas por viento, tanto en módulo como en dirección.

Con las medidas experimentales realizadas han obtenido correlaciones empíricas para el número de Nusselt tanto para las caras exteriores del colector como para la capa de aire presente en el interior del mismo, caracterizando todos los procesos de transferencia de calor del colector, tanto en las superficies internas como externas, y estas correlaciones serán las que utilicemos para el cálculo de pérdidas en el colector ya que el modelo elaborado permite predecir el comportamiento real del colector bajo unas condiciones específicas de viento y envejecimiento.

La modelización está basada en realizar un balance de energía no estacionario sobre el colector de forma que se determinan en detalle las pérdidas térmicas. Los procesos de transferencia de calor contemplados en el modelo son: radiación existente entre la superficie acristalada y el cielo, convección forzada externa sobre el cristal de los colectores, conductividad en el cristal, convección natural en la capa de aire interna entre el cristal y el absorbedor, radiación entre el absorbedor y el cristal debida a la diferencia de temperaturas existentes entre ambos, conductividad en el aislante, conductividad en el tubo de cobre, convección forzada en la parte trasera de los colectores.

Por tanto en este apartado, las correlaciones utilizadas van a ser las que aparecen en el artículo citado anteriormente **[1]**, además de las expresiones obtenidas del libro Fundamentos de transferencia de calor. Frank P. Incropera. David P. Dewitt. **[11]**.

A continuación se muestra el circuito que aparece en el artículo (imagen 5.1). [1]

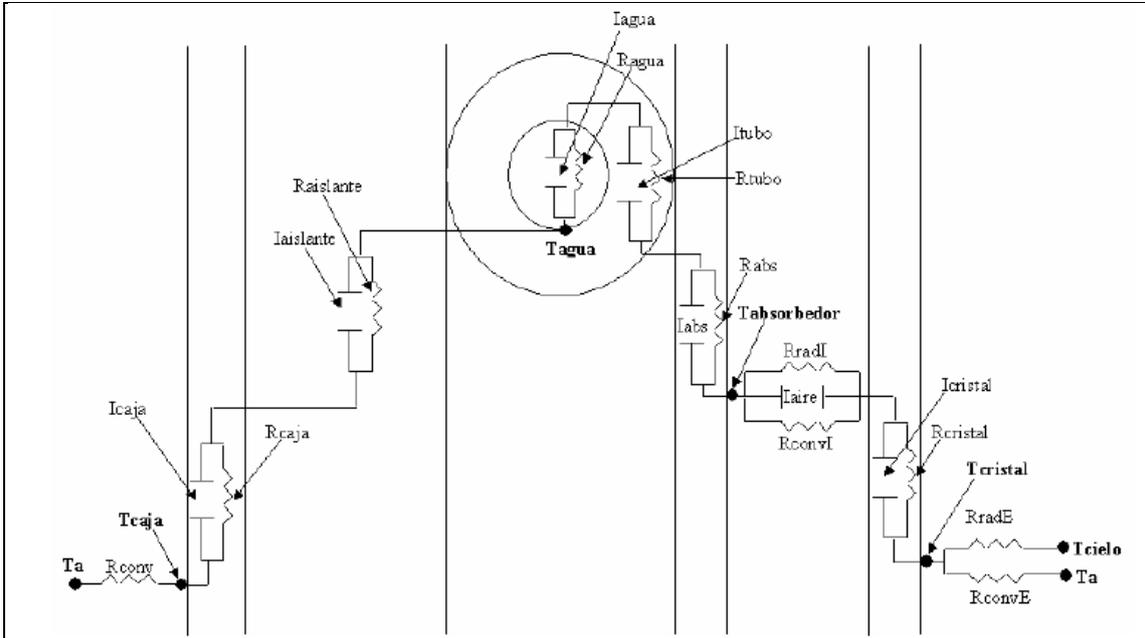


Imagen 5.1: Esquema de resistencias térmicas del colector (fuente: TRANSFERENCIA DE CALOR EN COLECTORES SOLARES PLANOS, CONSIDERANDO VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO)

El circuito de la Imagen 5.1 queda reducido al siguiente esquema:

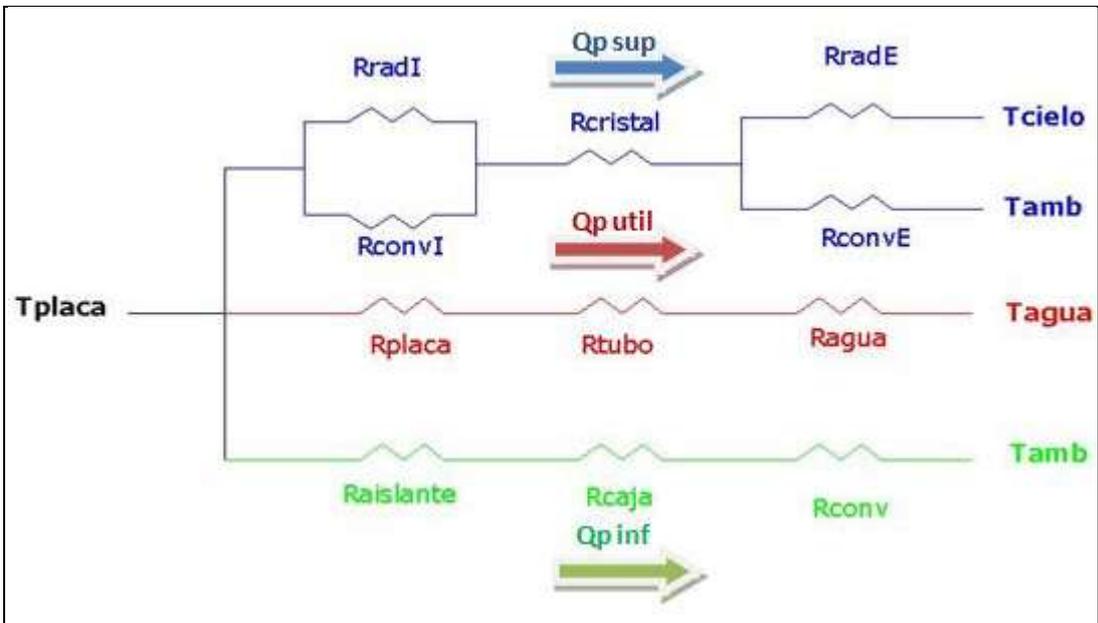


Imagen 5.2: Esquema de resistencias



Como puede observarse tenemos tres ramas en las que calcularemos las pérdidas correspondientes.

1.2. Pérdidas en la rama Inferior.

En este tramo del colector tenemos que calcular las pérdidas que se producen en el aislante que es fibra de vidrio, en la caja de aluminio y las pérdidas con el ambiente.

Resistencia de conducción del aislante.

Toda la carcasa se recubre de un aislamiento de 25 mm de Poliuterano rígido, más una lámina de aluminio y 25 mm de lana mineral.

Por lo tanto tenemos dos aislantes y calculamos la resistencia mediante esta expresión [11]:

$$R_{aislante} = \frac{\text{espesor } (e)}{k \cdot A} \quad [5.1]$$

La conductividad térmica (k) del Poliuterano rígido es 0,020 W/mK, por lo que la Resistencia del aislante será:

$$R_{aislante} = \frac{\text{espesor } (e)}{k \cdot A} = \frac{0,025m}{\frac{0,02W}{mK} \cdot 2,75m^2} = 0,4545 \frac{K}{W} \quad [5.2]$$

La conductividad térmica (k) de la lana mineral es 0,035 W/mK, por lo que la Resistencia del aislante será:

$$R_{aislant e} = \frac{\text{espesor } (e)}{k \cdot A} = \frac{0,025m}{\frac{0,035W}{mK} \cdot 2,75m^2} = 0,2597 \frac{K}{W} \quad [5.3]$$

Por tanto, la resistencia total del aislante:

$$R_{aislante} = 0,4545 \frac{K}{W} + 0,2597 \frac{K}{W} = 0,7142 \frac{K}{W} \quad [5.4]$$

Que será la misma para cada mes.



Resistencia de conducción de la caja

El fondo del colector está formado por aluminio anodizado de 1,5 mm. de espesor.

La conductividad térmica (k) del aluminio es 205 W/mK, por lo que la Resistencia de la caja será **[11]**:

$$R_{caja} = \frac{\text{espesor } (e)}{k \cdot A} = \frac{0,015m}{\frac{205W}{mK} \cdot 2,75m^2} = 2,66075 \cdot 10^{-5} \frac{K}{W} \quad [5.5]$$

Resistencia de convección en la parte posterior del colector

Para hallarla se han usado las correlaciones utilizadas en el artículo **[1]**, consideramos que en nuestra instalación situada en Madrid el flujo será paralelo y la correlación del Nusselt es:

$$Nu = 8,948 \cdot Re^{0,385} \cdot Pr^{1/3} \quad [5.6]$$

Para ello necesitamos calcular el Reynolds de cada mes en función de la velocidad media del aire que es un dato sacado de METEORED. **[11]**

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot L}{\mu} \quad [5.6]$$

Con la correlación del Nusselt podremos calcular el coeficiente de convección: **[11]**

$$h = \frac{Nu \cdot k}{L} \quad [5.7]$$

y así obtener el valor de la resistencia de convección. **[11]**

$$R_{conv} = \frac{1}{h \cdot A} \quad [5.8]$$

Siendo:

- h: Coeficiente de convección exterior [W/m²·K]
- A: Área del colector con un valor de A = 2,75 m²
- k: Conductividad térmica del aire y cuyo valor estimamos en: k_{aire}= 0,024 W/m·K
- ρ: Densidad del aire que es igual a ρ_{aire}= 1,184 kg/m³
- v: Velocidad del aire en [m/s] dato obtenido de METEORED
- Pr: Es el número de Prandtl y cuyo valor Pr_{aire}=0,76 [-]



- μ : Viscosidad dinámica del aire con un valor estimado en: $\mu_{\text{aire}}=1,82 \cdot 10^{-5}$ (Pa/m²)

Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla 5.1:

Mes	velocidad aire (m/s)	Reynolds	Nusselt caja	h conv (W/m ² ·K)	R conv
Enero	2,561111111	3,67E+05	1132,89006	12,3588007	0,02942327
Febrero	3,913888889	5,60E+05	1333,8196	14,55075929	0,02499089
Marzo	4,672222222	6,69E+05	1427,93806	15,57750613	0,02334368
Abril	3,541666667	5,07E+05	1283,4761	14,0015574	0,02597114
Mayo	3,725000000	5,33E+05	1308,65884	14,27627824	0,02547137
Junio	3,319444444	4,75E+05	1251,85206	13,65656788	0,02662721
Julio	3,183333333	4,56E+05	1231,83472	13,43819695	0,02705991
Agosto	3,788888889	5,42E+05	1317,25512	14,37005587	0,02530515
Septiembre	2,519444444	3,61E+05	1125,75833	12,28099995	0,02960967
Octubre	1,994444444	2,85E+05	1028,90262	11,22439225	0,03239698
Noviembre	1,997222222	2,86E+05	1029,4541	11,23040832	0,03237962
Diciembre	1,988888889	2,85E+05	1027,79826	11,21234462	0,03243179

Tabla 5.1: Resistencia de convección en la parte posterior del colector

A partir de estos datos de resistencias podremos obtener el valor de las pérdidas producidas en la rama inferior, lo haremos de la siguiente manera:

$$Q_{p_{inf}} = \frac{T_{caja} - T_{amb}}{R_{conv}} \quad [5.9]$$

La Temperatura ambiente como indicamos en apartados posteriores la tomamos de CENSOLAR.

La Temperatura de la caja la calculamos a partir de la siguiente correlación que utiliza el artículo mencionado anteriormente: **[1]**

$$T_{caja} = 1,021 \cdot T_{amb} - 1,762 \quad [5.10]$$

En la tabla 5.2 se muestran los resultados obtenidos para cada mes:



Mes	T ambiente (K)	T caja (K)	R conv (K/W)	Qpinf (W)
Enero	279	283,097	0,02942327	139,243518
Febrero	281	285,139	0,02499089	165,62038
Marzo	284	288,202	0,02334368	180,005872
Abril	286	290,244	0,02597114	163,412176
Mayo	291	295,349	0,02547137	170,740719
Junio	296	300,454	0,02662721	167,272472
Julio	301	305,559	0,02705991	168,478035
Agosto	299	303,517	0,02530515	178,501242
Septiembre	294	298,412	0,02960967	149,005372
Octubre	288	292,286	0,03239698	132,296299
Noviembre	284	288,202	0,03237962	129,772983
Diciembre	280	284,118	0,03243179	126,974197

Tabla 5.2: Valores obtenidos en la rama inferior

Cálculo de la temperatura de la placa

Una vez conocido el flujo de calor que circula por la rama inferior, podremos calcular la Temperatura de la placa del siguiente modo:

$$T_{placa} = [Q_{pinf} \cdot (R_{aislante} + R_{caja})] + T_{caja} \quad [5.11]$$

Los datos obtenidos se muestran en la tabla 5.3:

Mes	Qpinf	Tcaja (K)	R aislante (K/W)	Rcaja (K/W)	Tplaca (K)
Enero	139,2435178	283,097	0,71428571	2,6608E-05	382,5603605
Febrero	165,6203800	285,139	0,71428571	2,6608E-05	403,4436782
Marzo	180,0058721	288,202	0,71428571	2,6608E-05	416,7824124
Abril	163,4121765	290,244	0,71428571	2,6608E-05	406,9713312
Mayo	170,7407187	295,349	0,71428571	2,6608E-05	417,3111992
Junio	167,2724716	300,454	0,71428571	2,6608E-05	419,9387876
Julio	168,4780347	305,559	0,71428571	2,6608E-05	425,9049362
Agosto	178,5012415	303,517	0,71428571	2,6608E-05	431,0226363
Septiembre	149,0053724	298,412	0,71428571	2,6608E-05	404,8483735
Octubre	132,2962992	292,286	0,71428571	2,6608E-05	386,7868767
Noviembre	129,7729834	288,202	0,71428571	2,6608E-05	380,9004411
Diciembre	126,9741967	284,118	0,71428571	2,6608E-05	374,8172332

Tabla 5.3: Temperatura de la placa

1.3. Calor en la rama útil

Para hallar el flujo de calor que circula por la rama útil es necesario conocer la Temperatura del agua que circula por dentro del colector, la Resistencia del fluido caloportador, la Resistencia de los tubos y la Resistencia de la placa, a continuación vamos a desarrollar todos estos términos.

Temperatura del agua

La calcularemos a partir de los datos aportados por el fabricante del colector elegido para este proyecto.

Con las curvas de normalización del rendimiento del captador sacaremos la temperatura a la que circula el agua (imagen 5.3).

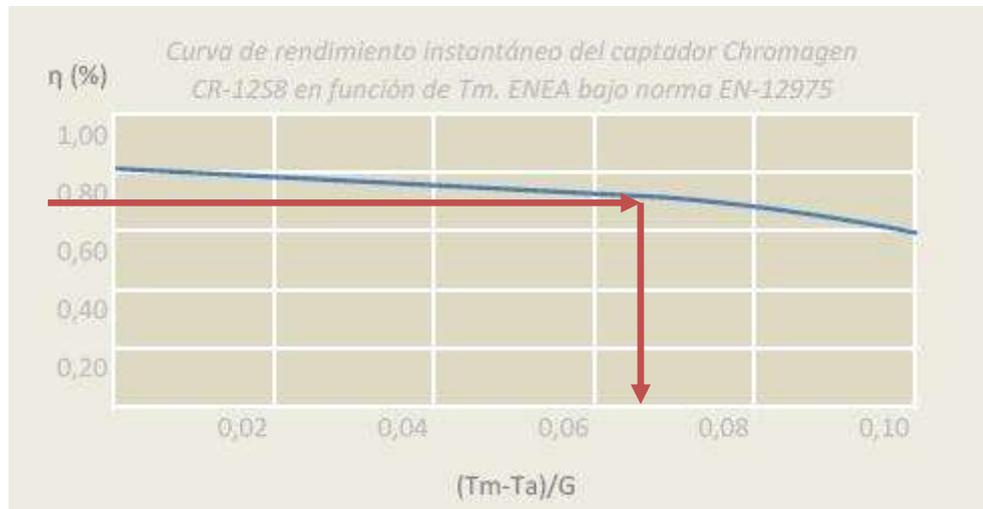


Imagen 5.3: Curva de rendimiento instantáneo del captador (fuente: www.chromagen.es)

$$T_{agua} = (0,075 \cdot I) + T_{amb} \quad [5.12]$$

Siendo:

- I: Irradiación solar en W/m^2 calculada en el apartado de Demanda de ACS
- 0,075: valor obtenido de la gráfica normalizada del fabricante. Este valor será de 0,075 que es aproximadamente el valor con eficiencia media (0,7) ya que está entre 0,8 y 0,6.

Con todo esto obtenemos los datos siguientes (Tabla 5.4):



Mes	T ambiente (K)	I(w/m ²)	Tagua (k)
Enero	279	318,296528	302,87224
Febrero	281	418,37284	312,377963
Marzo	284	491,111111	320,833333
Abril	286	583,019883	329,726491
Mayo	291	599,988889	335,999167
Junio	296	654,01462	345,051096
Julio	301	746,397661	356,979825
Agosto	299	723,529825	353,264737
Septiembre	294	597,627485	338,822061
Octubre	288	481,403704	324,105278
Noviembre	284	339,722222	309,479167
Diciembre	280	296,556944	302,241771

Tabla 5.4: Valores Temperatura de agua

Resistencia de la placa

La resistencia de la placa es de conducción, para calcularla necesitaríamos conocer el valor del espesor y con la conductividad térmica del cobre (385 W/m·K) y el área del colector. Vamos a tomar un valor aproximado que obtenemos del artículo. **[1]**

$$R_{placa} = 0,012 \frac{K}{W} \quad [5.13]$$

Resistencia del fluido caloportador

El fluido caloportador para la protección contra heladas, elegido para la instalación es Ethylene Glycol.

Sabiendo que la temperatura mínima histórica en Madrid es de -16°C (fuente: CENSOLAR) y tal y como indica el CTE restaremos 5 °C, con lo que tomaremos como temperatura mínima -11 °C. **[3]**

Con las tablas de propiedades de agua más Ehtylene Glycol (THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF BRINES Models. M. Conde Engineering, Zurich 2002), obtenemos los siguientes valores de propiedades para el fluido caloportador: **[13]**

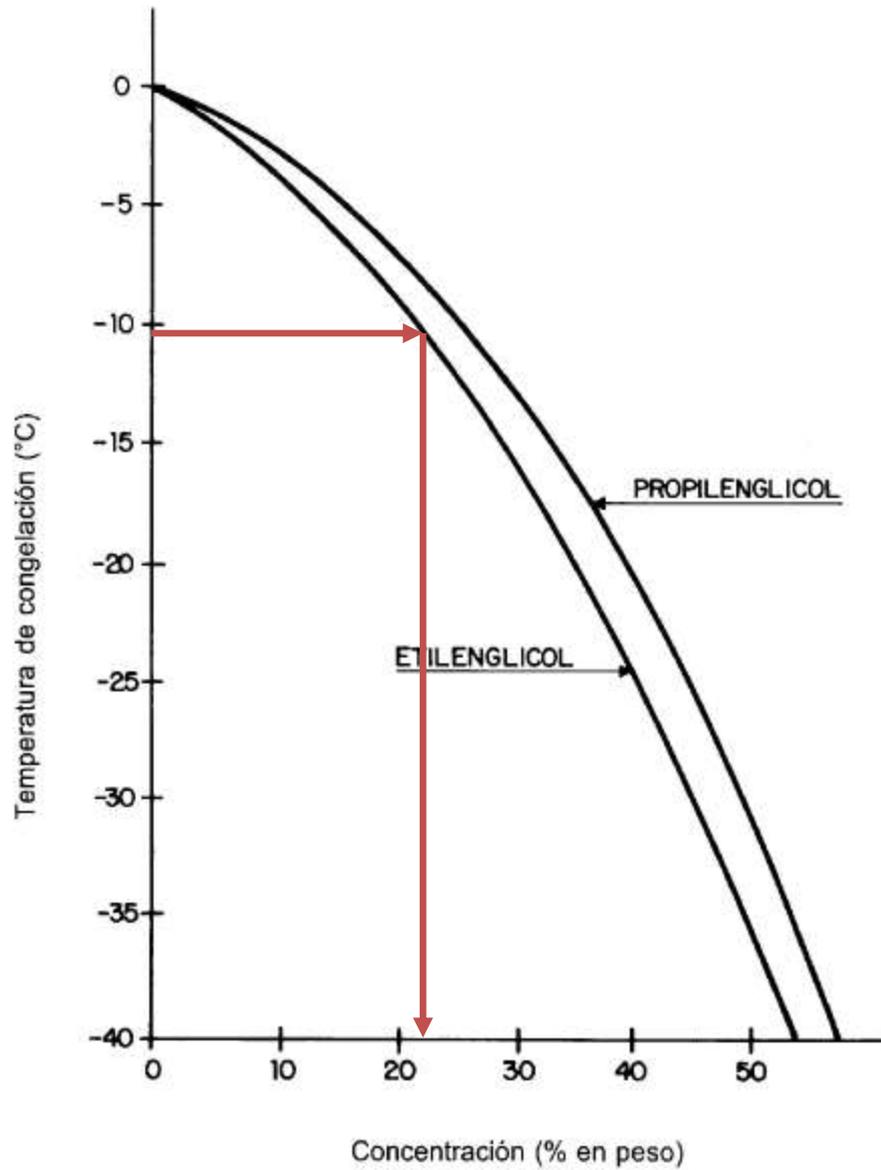


Imagen 5.4: Curvas de congelación de dos preparados comerciales a base de etilenglicol y propilenglicol respectivamente, en función de la concentración

A partir de la concentración (0,22) obtenida y considerando una temperatura de trabajo de 45 °C, podremos obtener las siguientes propiedades:

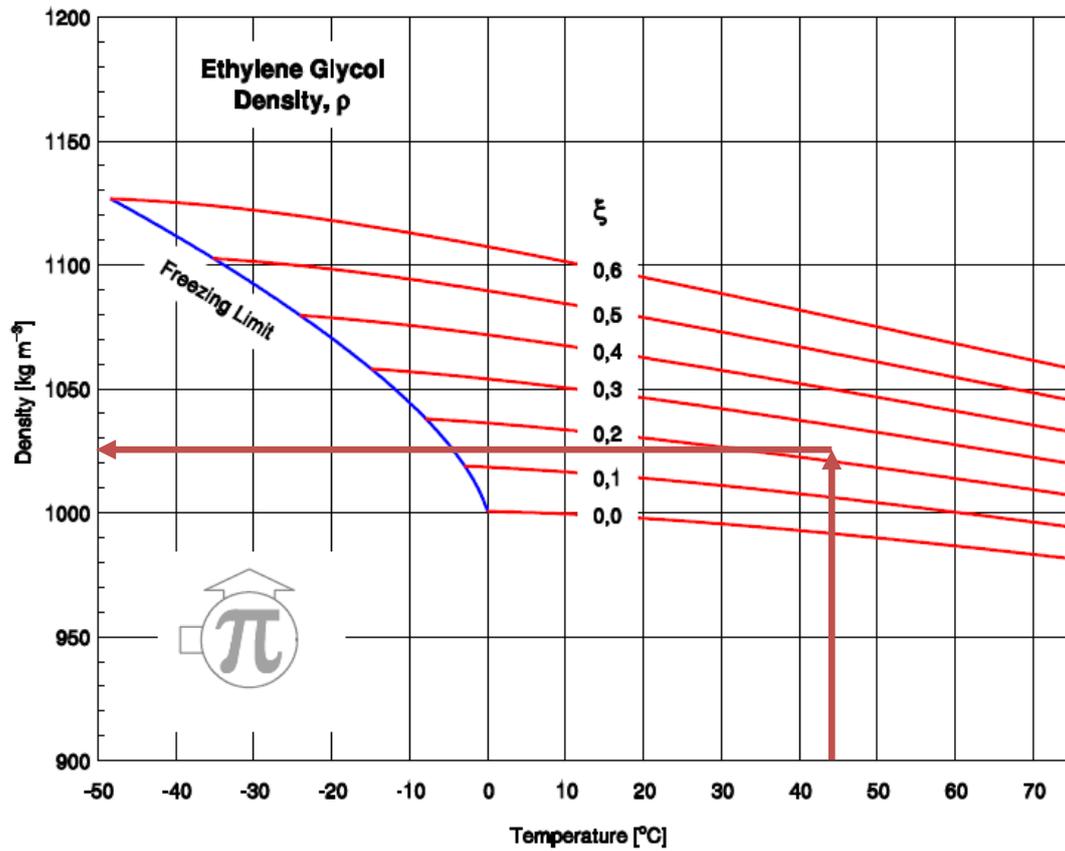


Imagen 5.5: Densidad & Temperatura (fuente: THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF BRINES Models. M. Conde Engineering, Zurich 2002)

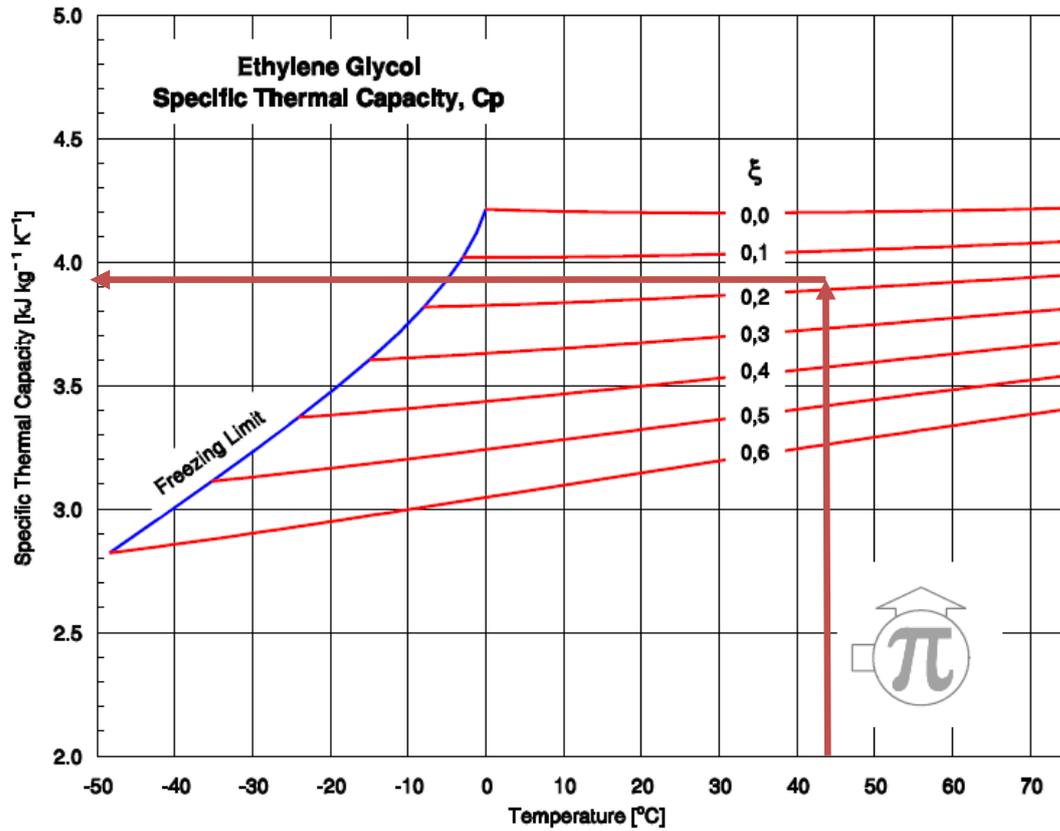


Imagen 5.6: Calor específico & Temperatura (fuente: THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF BRINES Models. M. Conde Engineering, Zurich 2002)

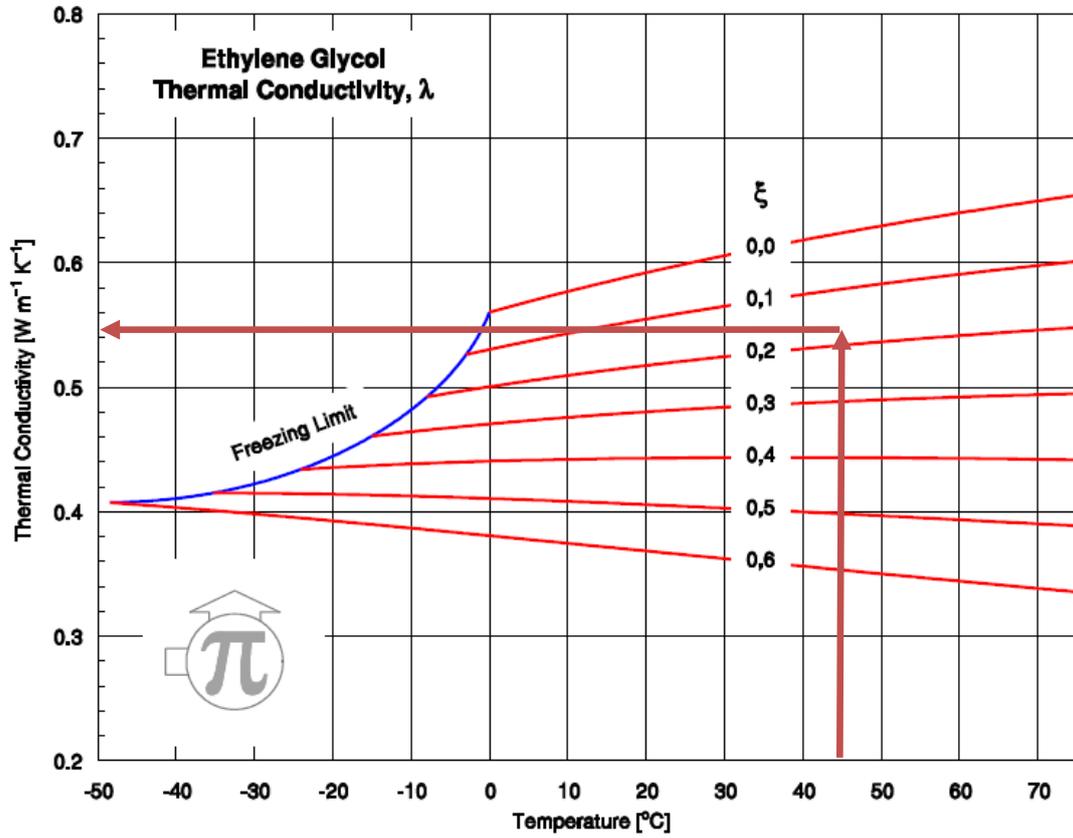


Imagen 5.7: Conductividad térmica & Temperatura (fuente: THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF BRINES Models. M. Conde Engineering, Zurich 2002)

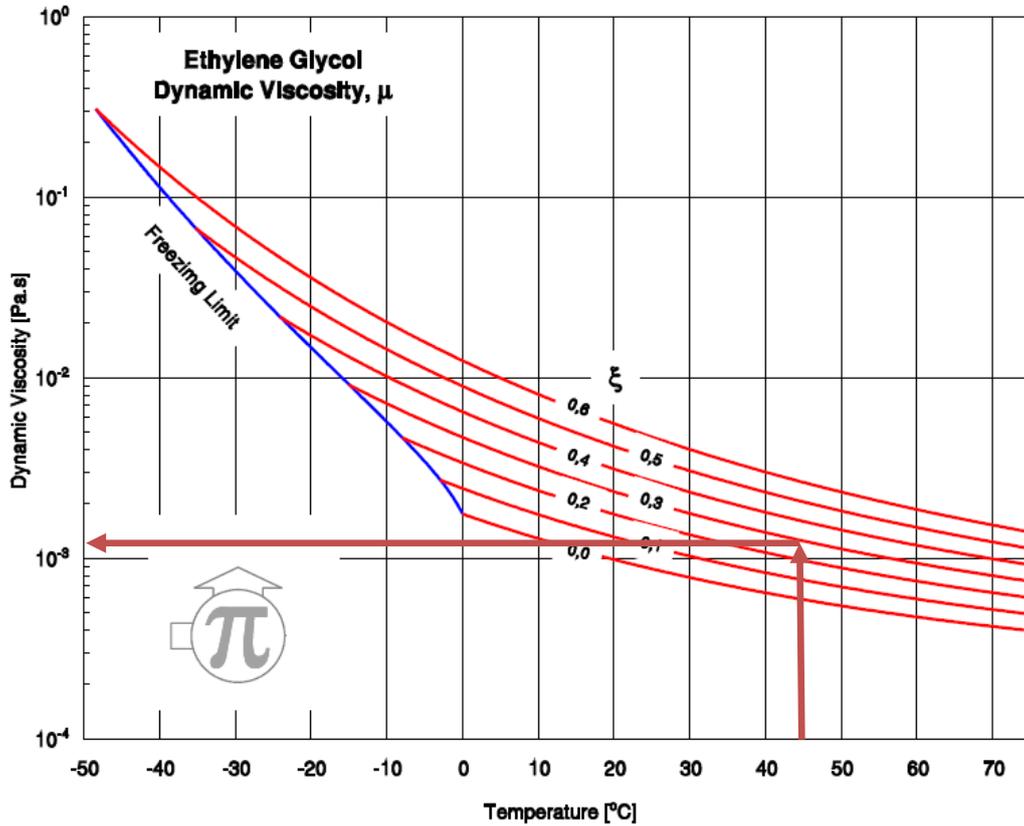


Imagen 5.8: Viscosidad dinámica & Temperatura (fuente: THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF BRINES Models. M. Conde Engineering, Zurich 2002)

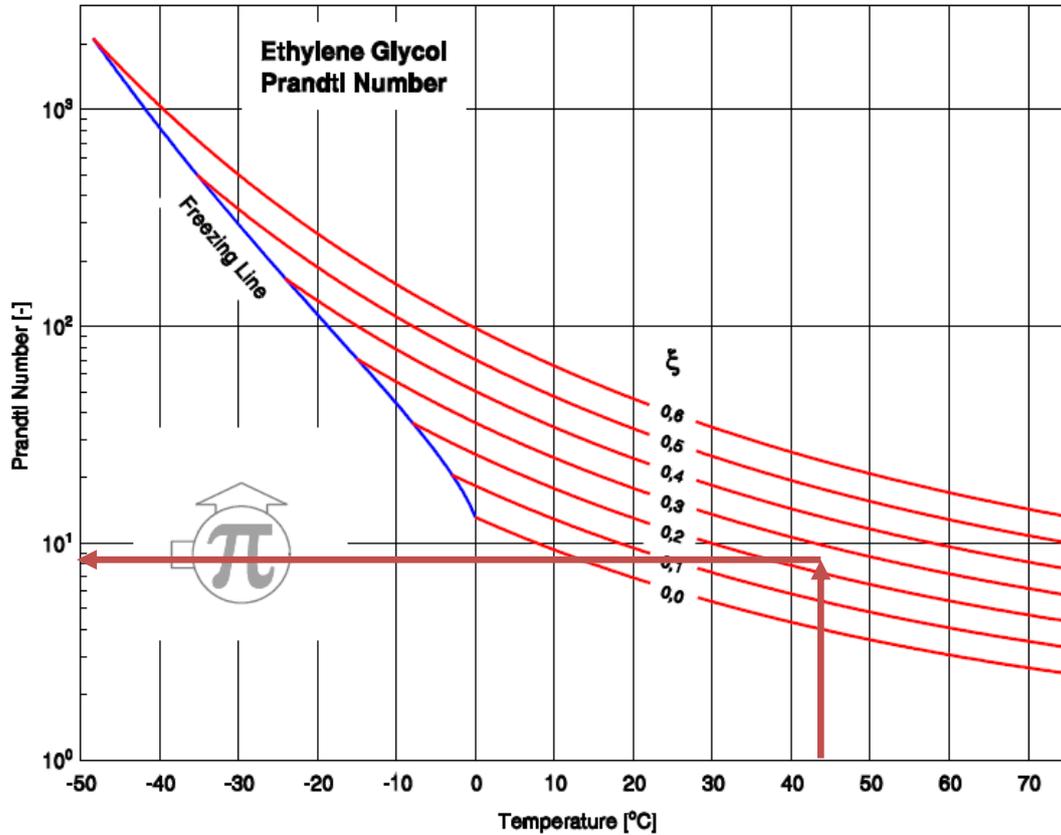


Imagen 5.9: Número Prandtl & Temperatura (fuente: THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF BRINES Models. M. Conde Engineering, Zurich 2002)

Resumen de datos (tabla 5.5):

Fluido caloportador: Ethylen Glycol	
Densidad	1025 kg/m ³
Calor específico	3900 J/kgK
Viscosidad dinámica	0,0012589 Pa·s
Prandtl	7,9432 [-]
Conductividad térmica	0,54 W/mK

Tabla 5.5: Resumen datos obtenidos

La resistencia del fluido caloportador es de convección interna y se usarán las ecuaciones siguientes:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad [5.14]$$



$$h = \frac{Nu \cdot k}{D} \quad [5.15]$$

$$R_{agua} = \frac{1}{h \cdot A_{tubos}} \quad [5.16]$$

Siendo:

- h: Coeficiente de convección interior $[W/m^2 \cdot K]$
- A: Área de los tubos con valor de $A = 1,16113264 \text{ m}^2$
- k: Conductividad térmica del fluido caloportador y cuyo valor: $k_{fluido} = 0,54 \text{ W/m} \cdot K$
- ρ : Densidad del fluido que es igual a $\rho_{fluido} = 1025 \text{ kg/m}^3$
- v: Velocidad del fluido en $[m/s]$ dato obtenido en párrafos posteriores
- Pr: Es el número de Prandtl y cuyo valor $Pr_{fluido} = 7,9432 [-]$
- μ : Viscosidad dinámica del fluido con un valor estimado en: $\mu_{fluido} = 0,0012589 \text{ (Pa} \cdot s)$

Para el cálculo del número de Nusselt, utilizaremos la ecuación de Dittus-Boelter:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr^{0.4} \quad [5.17]$$

El único dato que nos falta es la velocidad del fluido caloportador, lo haremos a partir del caudal recomendado por el fabricante que es $45 \text{ l/h} \cdot \text{m}^2$.

El área de los tubos será:

$$A = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot L \cdot n^{\circ} \text{tubos} \quad [5.18]$$

Siendo:

- R: el radio interior será igual a 7 mm, ya que el radio exterior es de 8 mm
- L: longitud de los tubos que corresponde con la longitud de largo del colector, es decir: 2,2 m
- N° tubos: es igual a 12

Por lo tanto:

$$A_{tubos} = 2 \cdot \pi \cdot 7 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 2,2 \text{ m} \cdot 12 = 1,16113 \text{ m}^2 \quad [5.19]$$



Y como:

$$Q = \frac{45l}{h \cdot m^2} \cdot \frac{10^{-3}m^3/l}{3600s/h} = 1,25 \cdot \frac{10^{-5}m^3}{s \cdot m^2} \quad [5.20]$$

La velocidad será:

$$v = 1,25 \cdot \frac{10^{-5}m^3}{s \cdot 1,16113m^2} = 1,07654 \cdot 10^{-5}m/s \quad [5.21]$$

A continuación se muestran los datos obtenidos para la Resistencia del fluido caloportador (tabla 5.6):

velocidad	Q (l/h* m ²)	Reynolds	Nutssel	h	Ragua (K/W)
1,07654E-05	45	0,06135626	0,00564956	0,43582349	3,61595089

Tabla 5.6: Datos Resistencia del fluido caloportador

Resistencia de los tubos

El colector está formado por 12 tubos de diámetro 8 mm y dos tubos distribuidores de fluido de diámetro 22 mm.

Por lo que calcularemos la resistencia de conducción de cada uno de los tubos.

Para el cálculo de la resistencia de conducción utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_{tubo\ 1} = \frac{\ln\left(\frac{Re}{Ri}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k_{cobre} \cdot L} = \frac{\ln\left(\frac{8 \cdot 10^{-3}}{7 \cdot 10^{-3}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 385 \cdot 2,2} = 2,51 \cdot 10^{-5}K/W \quad [5.22]$$

Como el colector dispone de 12 tubos, dividiremos la resistencia anterior entre 12:

$$R_{tubo\ 1} = 2,0909 \cdot 10^{-6}K/W \quad [5.23]$$

Para el tubo distribuidor de fluido procedemos del mismo modo:

$$R_{distribuidor\ fluido} = \frac{\ln\left(\frac{Re}{Ri}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k_{cobre} \cdot L} = \frac{\ln\left(\frac{28 \cdot 10^{-3}}{27 \cdot 10^{-3}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 385 \cdot 2,2} = 6,83 \cdot 10^{-6}K/W \quad [5.24]$$



Como los tubos y los tubos distribuidores de fluido están n paralelo, la resistencia total, que denominamos R_{tubo} será:

$$R_{tubo} = \frac{1}{R_{tubo\ 1}} + \left(\frac{1}{R_{distribuidor\ fluido}} \cdot 2 \right) = 5,51 \cdot 10^5 K/W \quad [5.25]$$

Una vez calculados todos los parámetros podemos hallar el flujo de calor que circula por la rama útil, siendo este:

$$Q_{p_{util}} = \frac{T_{placa} - T_{agua}}{R_{agua} + R_{tubo} + R_{placa}} \quad [5.26]$$

A continuación se muestran los valores obtenidos para cada mes (tabla 5.7):

Mes	Rplaca (K/W)	Rtubo total (K/W)	Ragua (K/W)	Tagua (K)	Tplaca (K)	Qputil (W)
Enero	0,012	551424,275	3,61595089	291,7318611	320,929448	0,00014451
Febrero	0,012	551424,275	3,61595089	297,7349136	330,138039	0,00016514
Marzo	0,012	551424,275	3,61595089	303,6444444	337,109575	0,00017400
Abril	0,012	551424,275	3,61595089	309,3207953	334,64307	0,00014008
Mayo	0,012	551424,275	3,61595089	314,9995556	341,739234	0,00014746
Junio	0,012	551424,275	3,61595089	322,1605848	345,901912	0,00013581
Julio	0,012	551424,275	3,61595089	330,8559064	351,334463	0,00012499
Agosto	0,012	551424,275	3,61595089	327,9411930	352,015767	0,00014101
Septiembre	0,012	551424,275	3,61595089	317,9050994	338,896743	0,00011974
Octubre	0,012	551424,275	3,61595089	307,2561481	328,23089	0,00011367
Noviembre	0,012	551424,275	3,61595089	297,5888889	323,461305	0,00012952
Diciembre	0,012	551424,275	3,61595089	291,8622778	318,616875	0,00013161

Tabla 5.7: Valores obtenidos en la rama útil

1.4. Pérdidas en la rama superior

En este tramo necesitamos hallar la temperatura del cielo, la radiación exterior del cristal, la resistencia de convección del aire en el exterior, la resistencia del cristal, la temperatura del cristal, la resistencia de convección natural en el aire interior y la resistencia de radiación interior entre placa y cristal.

Temperatura del cielo

La temperatura del cielo es un valor que se obtiene por correlaciones. La utilizada en esta instalación corresponde a la Ecuación Henderson - Thompson (Brokker et al. 1992), la cual aparece en el artículo ALMACENAMIENTO DE GRANOS.



MODELIZACIÓN DE LA MIGRACIÓN DE HUMEDAD POR EFECTO DE LA RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 11, 2007. A. Gastón, R. Abalone, A. Cassinera, M. A. Lara. **[10]**:

$$\sigma \cdot T_{\text{cielo}}^4 = T_{\text{amb}}^4 \cdot \sigma \cdot \varepsilon_c \quad [5.27]$$

Siendo:

- σ : La cte de Stefan-Boltzman con un valor de valor $5,67 \cdot 10^{-8} (\text{W}/\text{m}^2\text{K}^4)$
- T_{ambiente} : corresponde a la temperatura ambiente de CENSOLAR
- ε_c : La emisividad del cielo con un valor de 0,82.

Por lo tanto a partir de la anterior correlación obtenemos los siguientes valores para la temperatura del cielo (tabla 5.8):

Mes	T amb (K)	T cielo (K)
Enero	279	265,49361
Febrero	281	267,39679
Marzo	284	270,25156
Abril	286	272,15474
Mayo	291	276,91269
Junio	296	281,67064
Julio	301	286,42859
Agosto	299	284,52541
Septiembre	294	279,76746
Octubre	288	274,05792
Noviembre	284	270,25156
Diciembre	280	266,4452

Tabla 5.8: Valores Temperatura del cielo para cada mes

Temperatura del cristal

La Temperatura del cristal la calculamos a partir de la siguiente correlación obtenida del artículo: *TRANSFERENCIA DE CALOR EN COLECTORES SOLARES PLANOS, CONSIDERANDO VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO* **[1]**:

$$T_{\text{cristal}} = 1,042 \cdot T_{\text{amb}} - 2,34 \quad [5.28]$$

Obteniendo los siguientes valores (Tabla 5.9):



Mes	T cristal (K)
Enero	288,378
Febrero	290,462
Marzo	293,588
Abril	295,672
Mayo	300,882
Junio	306,092
Julio	311,302
Agosto	309,218
Septiembre	304,008
Octubre	297,756
Noviembre	293,588
Diciembre	289,420

Tabla 5.9: Valores Temperatura del cristal

Resistencia de radiación exterior

La calculamos a partir de la correlación que aparece en el mismo artículo:

$$R_{rad E} = \frac{1}{\varepsilon_{cristal} \cdot \sigma \cdot A \cdot [(T_{cristal})^2 + (T_{cielo})^2] \cdot (T_{cristal} + T_{cielo})} \quad [5.29]$$

Siendo:

- σ : Constante de Stefan-Boltzman= $5,67 \cdot 10^{-8}$ (W/m²·K⁴)
- A: Superficie de absorción útil, es decir, el área del panel (m²)
- $\varepsilon_{cristal}$: Emisividad del cristal con un valor de 0,1

Las temperaturas del cielo y del cristal son las calculadas en los apartados anteriores.

En la tabla 5.10 se muestran los valores correspondientes a cada mes:



Mes	RradE (K/W)
Enero	0,75360917
Febrero	0,73756383
Marzo	0,71433890
Abril	0,69939482
Mayo	0,66381468
Junio	0,63060760
Julio	0,59957898
Agosto	0,61174066
Septiembre	0,64361857
Octubre	0,68486469
Noviembre	0,71433890
Diciembre	0,74552895

Tabla 5.10: Datos calculados para la Resistencia de radiación exterior

Resistencia del cristal

La cubierta transparente está formada por vidrio templado de 3,2 mm de espesor y coeficiente de transmisividad del 91%. **[11]**

La conductividad térmica (k) del vidrio es 0,8 W/mK, por lo que la Resistencia del cristal será:

$$R_{cristal} = \frac{\text{espesor } (e)}{k \cdot A} = \frac{0,032m}{\frac{0,8W}{mK} \cdot 2,75m^2} = 0,01454K/W \quad [5.30]$$

Que será la misma para cada mes.

Resistencia de Radiación entre la placa y el cristal

Esta resistencia se calcula a través de la correlación 5.31 que encontramos en el artículo: **[1]**

$$R_{radl} = \frac{(\epsilon_{IRcristal} + \epsilon_{IRplaca} - \epsilon_{IRcristal} \cdot \epsilon_{IRplaca})}{\epsilon_{IRcristal} \cdot \epsilon_{IRplaca} \cdot \sigma \cdot A \cdot [(T_{placa})^2 + (T_{cristal})^2] \cdot (T_{placa} + T_{cristal})} \quad [5.31]$$

Siendo:

- σ : Constante de Stefan-Boltzman= $5,67 \cdot 10^{-8}$ (W/m²·K⁴)
- A: Superficie de absorción útil, es decir, el área del panel (m²)
- $\epsilon_{cristal}$: Emisividad del cristal con un valor de 0,1
- ϵ_{placa} : Emisividad de la placa con un valor de 0,06



Las temperaturas del cristal y de la placa son las calculadas en los apartados anteriores.

En la tabla 5.11 se muestran los valores correspondientes a cada mes:

Mes	RradI (K/W)
Enero	1,07533901
Febrero	0,96561303
Marzo	0,89690023
Abril	0,93132364
Mayo	0,87111929
Junio	0,84460411
Julio	0,80710305
Agosto	0,79496222
Septiembre	0,91136391
Octubre	1,01526874
Noviembre	1,06151699
Diciembre	1,11167653

Tabla 5.11: Datos calculados para la Resistencia entre placa y cristal

Resistencia de convección exterior

Para calcular la resistencia de convección del aire exterior se han usado las correlaciones que aparecen en el artículo [1], consideramos que en nuestra instalación situada en Madrid el flujo que vamos a considerar será paralelo y la correlación del Nusselt es:

$$Nu = 0,105 \cdot Re^{0,646} \cdot Pr^{1/3} \quad [5.32]$$

Para ello necesitamos calcular el Reynolds de cada mes en función de la velocidad media del aire que es un dato sacado de METEORED.

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot L}{\mu} \quad [5.33]$$

Con la correlación del Nusselt podremos calcular el coeficiente de convección exterior:

$$h_{convE} = \frac{Nu \cdot k}{L} \quad [5.34]$$



Y así obtener el valor de la resistencia de convección.

$$R_{convE} = \frac{1}{h \cdot A} \quad [5.35]$$

Siendo:

- h: Coeficiente de convección exterior [W/m²·K]
- A: Área del colector con un valor de A = 2,75 m²
- k: Conductividad térmica del aire y cuyo valor estimamos en: k_{aire}= 0,024 W/m·K
- ρ: Densidad del aire que es igual a ρ_{aire}= 1,184 kg/m³
- v: Velocidad del aire en [m/s] dato obtenido de METEORED
- Pr: Es el número de Prandtl y cuyo valor Pr_{aire}=0,76 [-]
- μ: Viscosidad dinámica del aire con un valor estimado en: μ_{aire}=1,82·10⁻⁵ (Pa/m²)

Los datos obtenidos se muestran en la tabla 5.12:

Mes	velocidad aire (m/s)	Reynolds	Nusselt cristal	h convE (W/m ² ·K)	R convE (K/W)
Enero	2,561111111	3,67E+05	376,6078697	4,108449488	0,088509391
Febrero	3,913888889	5,60E+05	495,3015847	5,403290015	0,067299065
Marzo	4,672222222	6,69E+05	555,3372514	6,05822456	0,060023586
Abril	3,541666667	5,07E+05	464,3364698	5,065488762	0,071787024
Mayo	3,725000000	5,33E+05	479,7248397	5,233361888	0,069484276
Junio	3,319444444	4,75E+05	445,3001924	4,85782028	0,07485587
Julio	3,183333333	4,56E+05	433,4175361	4,728191303	0,076908133
Agosto	3,788888889	5,42E+05	485,0240784	5,291171765	0,06872511
Septiembre	2,519444444	3,61E+05	372,6383287	4,065145404	0,08945224
Octubre	1,994444444	2,85E+05	320,4273712	3,495571323	0,104027734
Noviembre	1,997222222	2,86E+05	320,7155956	3,498715588	0,103934245
Diciembre	1,988888889	2,85E+05	319,8504959	3,489278137	0,104215356

Tabla 5.12: Datos calculados para la Resistencia de convección exterior

Resistencia de convección interior

La convección natural en el aire interior del colector se va a asemejar al flujo con cavidad rectangular inclinada. La correlación empírica que utilizamos es la que aparece en la expresión [5.36], y que nuevamente obtenemos del artículo [1].

$$Nu_l = 4,328 \cdot 10^{-10} \cdot (Ra_l)^2 - 1,478 \cdot 10^{-6} \cdot Ra_l + 1,001 \quad [5.36]$$

La resistencia de convección interna se calculará del siguiente modo:

$$R_{convI} = \frac{1}{h_l \cdot A} \quad [5.37]$$



$$h_i = \frac{K \cdot Nu_i}{L} \quad [5.38]$$

Siendo:

- h_i : Coeficiente de convección interior ($W/m^2 \cdot K$)
- K : Conductividad térmica del aire ($W/m \cdot K$)
- Nu_i : nº de Nusselt para flujo interno []
- Ra : nº de Rayleigh []

El número de Rayleigh lo calculamos a partir de la siguiente expresión:

$$Ra_i = Gr \cdot Pr \quad [5.39]$$

Donde:

- Pr : el número de Prandtl del aire 0,76
- Gr : el número de Grashof:

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_{placa} - T_{cristal}) \cdot L^3}{\nu} \quad [5.40]$$

Siendo:

- g : gravedad cuyo valor es $9,8$ (m/s^2)
- β : Coeficiente de Pasividad Térmica (K^{-1})
- L : Longitud entre el cristal y la placa $26,8 \cdot 10^{-3}$ (m)
- ν : Viscosidad cinemática del aire $1,55 \cdot 10^{-5}$ ($N \cdot s/m^2$)

El coeficiente de pasividad térmica β se calcula del siguiente modo:

$$\beta = \frac{1}{\left(\frac{T_{cristal} + T_{placa}}{2}\right)} \quad [5.41]$$

A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada mes (tabla 5.13):



Mes	β	Gr	Ra	Nusselt cristal-placa	hconvI (W/m ² ·K)	RconvI (K/W)
Enero	0,00298090	220436,753	167531,9321	12,90076302	0,24094810	1,50918957
Febrero	0,00288224	255684,639	194320,3255	17,05649088	0,31856481	1,14148315
Marzo	0,00281543	272334,839	206974,4778	19,23556616	0,35926349	1,01217177
Abril	0,00284639	248745,185	189046,3407	16,18922050	0,30236676	1,20263338
Mayo	0,00278477	254576,129	193477,8583	16,91633715	0,31594715	1,15094047
Junio	0,00275470	246242,380	187144,2089	15,88233575	0,29663506	1,22587114
Julio	0,00271294	244120,016	185531,2118	15,62455314	0,29182045	1,24609624
Agosto	0,00270182	258397,290	196381,9401	17,40205447	0,32501892	1,11881600
Septiembre	0,00282145	223394,900	169780,1240	13,22565071	0,24701604	1,47211637
Octubre	0,00292166	204238,236	155221,0595	11,19928354	0,20916950	1,73847701
Noviembre	0,00296521	203281,883	154494,2315	11,10293028	0,20736990	1,75356383
Diciembre	0,00301097	201891,317	153437,4010	10,96364552	0,20476848	1,77584152

Tabla 5.13: Datos calculados para la Resistencia de convección interior

Por lo tanto a partir de las resistencias y temperaturas calculadas en este apartado podemos conocer el flujo de calor que circula en la rama superior siendo este la suma del flujo que circula entre la temperatura del cristal y la temperatura del cielo más el flujo que circula entre la temperatura del cristal y la temperatura ambiente.

$$Q_{p_{sup}} = \frac{T_{cristal} - T_{cielo}}{R_{radE}} + \frac{T_{cristal} - T_{amb}}{R_{convE}} \quad [5.42]$$

En la tabla 5.14 se muestran los resultados obtenidos para cada mes:

Mes	Qpsup (W)	Qpsup1 (W)	Qpsup2 (W)
Enero	136,321248	30,3663901	105,954858
Febrero	171,868462	31,2721542	140,596308
Marzo	192,405790	32,6685835	159,737207
Abril	168,357026	33,6251561	134,731870
Mayo	178,327662	36,1084360	142,219226
Junio	173,545800	38,7267137	134,819086
Julio	175,436817	41,4847930	133,952024
Agosto	189,043755	40,3644742	148,679281
Septiembre	149,543829	37,6628973	111,880932
Octubre	128,385255	34,6025722	93,7826830
Noviembre	124,919217	32,6685835	92,2506339
Diciembre	121,206528	30,8167778	90,3897501

Tabla 5.14: Valores obtenidos en la rama superior



1.5. Resumen de valores obtenidos

Resumen de Temperaturas:

Mes	T amb (K)	T cielo (K)	T cristal (K)	T caja (K)	Tagua (K)	Tplaca (K)
Enero	279	265,49361	288,378	283,097	302,87224	382,560360
Febrero	281	267,39679	290,462	285,139	312,377963	403,443678
Marzo	284	270,25156	293,588	288,202	320,833333	416,782412
Abril	286	272,15474	295,672	290,244	329,726491	406,971331
Mayo	291	276,91269	300,882	295,349	335,999167	417,311199
Junio	296	281,67064	306,092	300,454	345,051096	419,938788
Julio	301	286,42859	311,302	305,559	356,979825	425,904936
Agosto	299	284,52541	309,218	303,517	353,264737	431,022636
Septiembre	294	279,76746	304,008	298,412	338,822061	404,848374
Octubre	288	274,05792	297,756	292,286	324,105278	386,786877
Noviembre	284	270,25156	293,588	288,202	309,479167	380,900441
Diciembre	280	266,4452	289,420	284,118	302,241771	374,817233

Tabla 5.15: Resumen valores de Temperaturas

Resumen de resistencias:

Mes	RradE (K/W)	Rcristal (K/W)	R aislante (K/W)	Rplaca (K/W)	Rcaja (K/W)
Enero	0,75360917	0,01454545	0,71428571	0,012	2,6608E-05
Febrero	0,73756383	0,01454545	0,71428571	0,012	2,6608E-05
Marzo	0,71433890	0,01454545	0,71428571	0,012	2,6608E-05
Abril	0,69939482	0,01454545	0,71428571	0,012	2,6608E-05
Mayo	0,66381468	0,01454545	0,71428571	0,012	2,6608E-05
Junio	0,63060760	0,01454545	0,71428571	0,012	2,6608E-05
Julio	0,59957898	0,01454545	0,71428571	0,012	2,6608E-05
Agosto	0,61174066	0,01454545	0,71428571	0,012	2,6608E-05
Septiembre	0,64361857	0,01454545	0,71428571	0,012	2,6608E-05
Octubre	0,68486469	0,01454545	0,71428571	0,012	2,6608E-05
Noviembre	0,71433890	0,01454545	0,71428571	0,012	2,6608E-05
Diciembre	0,74552895	0,01454545	0,71428571	0,012	2,6608E-05

Tabla 5.16: Resumen valores de Resistencias



Mes	R _{tubo total} (K/W)	R _{convI} (K/W)	R _{radI} (K/W)	R _{convE} (K/W)	R _{conv} (K/W)	R _{agua} (K/W)
Enero	551424,275	1,50918957	1,07533901	0,08850939	0,02942327	3,61595089
Febrero	551424,275	1,14148315	0,96561303	0,06729906	0,02499089	3,61595089
Marzo	551424,275	1,01217177	0,89690023	0,06002359	0,02334368	3,61595089
Abril	551424,275	1,20263338	0,93132364	0,07178702	0,02597114	3,61595089
Mayo	551424,275	1,15094047	0,87111929	0,06948428	0,02547137	3,61595089
Junio	551424,275	1,22587114	0,84460411	0,07485587	0,02662721	3,61595089
Julio	551424,275	1,24609624	0,80710305	0,07690813	0,02705991	3,61595089
Agosto	551424,275	1,1188160	0,79496222	0,06872511	0,02530515	3,61595089
Septiembre	551424,275	1,47211637	0,91136391	0,08945224	0,02960967	3,61595089
Octubre	551424,275	1,73847701	1,01526874	0,10402773	0,03239698	3,61595089
Noviembre	551424,275	1,75356383	1,06151699	0,10393425	0,03237962	3,61595089
Diciembre	551424,275	1,77584152	1,11167653	0,10421536	0,03243179	3,61595089

Tabla 5.17: Resumen valores de Resistencias

Resumen del calor total

Por último mostramos el total de flujo de calor que se pierde en las ramas inferior y superior y el calor obtenido en la rama útil.

Mes	Q _{pinf} (W)	Q _{putil} (W)	Q _{psup} (W)	Q _{ptotal} (W)
Enero	139,243518	0,00014451	136,321248	275,564910
Febrero	165,620380	0,00016514	171,868462	337,489007
Marzo	180,005872	0,00017400	192,405790	372,411837
Abril	163,412176	0,00014008	168,357026	331,769343
Mayo	170,740719	0,00014746	178,327662	349,068528
Junio	167,272472	0,00013581	173,545800	340,818407
Julio	168,478035	0,00012499	175,436817	343,914976
Agosto	178,501242	0,00014101	189,043755	367,545138
Septiembre	149,005372	0,00011974	149,543829	298,549321
Octubre	132,296299	0,00011367	128,385255	260,681668
Noviembre	129,772983	0,00012952	124,919217	254,692330
Diciembre	126,974197	0,00013161	121,206528	248,180856

Tabla 5.18: Resumen valores de Calor



VI. ANÁLISIS DE UN SISTEMA ACS SOLAR

1. ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN

El sistema de ACS Solar se divide en dos circuitos:

- **Circuito primario:** Circuito formado por los colectores y las tuberías que los unen, en el que el fluido de trabajo recoge la energía térmica producida en los paneles y la transfiere al intercambiador de calor.
- **Circuito secundario:** Circuito en el que se recoge la energía captada en el circuito primario transfiriendo el calor hasta el agua de consumo. Este circuito está compuesto por:
 - Intercambiador de calor: Intercambiador que realiza la transferencia de calor entre el fluido que circula por el circuito primario y el fluido que circula por el circuito secundario o el contenido en el tanque de almacenamiento.
 - Tanque de almacenamiento: Intercambiador o mezclador que realiza la transferencia de calor entre el fluido que circula por el circuito secundario y el agua procedente de la red de distribución.
 - Caldera de respaldo: encargada de satisfacer la demanda de agua caliente a los puntos de consumo.

En la imagen 6.1 se muestra el esquema de la instalación:

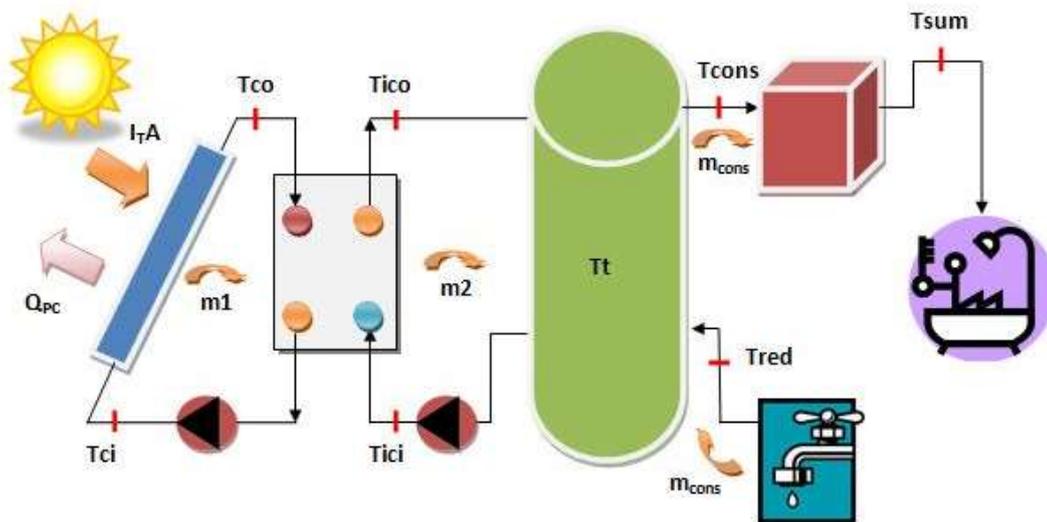


Imagen 6.1: Esquema de la instalación



2. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN

Se realiza un balance energético de los componentes de la instalación y se llega a un sistema de 7 ecuaciones con 7 incógnitas que realizaremos en dos fases.

En la primera fase determinaremos el Área de colectores y utilizaremos la contribución solar mínima que viene expresada en el CTE, realizaremos el sistema de ecuaciones con valores medios anuales, y obtendremos un área de colectores así como el número de colectores necesarios.

En la segunda fase realizaremos el sistema de 7 ecuaciones con el Área de colectores ya fijado y calcularemos la contribución solar mínima para cada mes, teniendo en cuenta las especificaciones del CTE: "El dimensionado de la instalación estará limitado por el cumplimiento de la condición de que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110 % de la demanda energética y en no más de tres meses el 100 % y a estos efectos no se tomarán en consideración aquellos periodos de tiempo en los cuales la demanda energética se sitúe un 50 % por debajo de la media correspondiente al resto del año, tomándose medidas de protección."

Los datos de los que partimos y que son conocidos

- Radiación sobre el plano horizontal
- Resistencias térmicas del colector
- Eficiencia intercambiador calor (ϵ_{IC})
- Caudal consumo (m_{cons})
- Temperatura de la red (T_{red})
- Temperatura ambiente (T_0)
- Densidad de los fluidos ($\rho_{agua-ethylene\ glicol}$, ρ_{agua})
- Calor específico de los fluidos $Cp_{agua-ethylene\ glicol}$, Cp_{agua})
- Temperatura de suministro (T_{sum})

Los parámetros variables que encontraremos son:

- Caudal circuito primario (m_1)
- Caudal circuito secundario (m_2)

Las incógnitas que tendremos en el sistema de ecuaciones son:

- Temperatura de entrada a colectores (T_{ci})
- Temperatura de salida de colectores (T_{co})
- Temperatura de entrada al tanque (T_{ici})
- Temperatura de salida del tanque (T_{ico})
- Temperatura de consumo (T_{cons})
- Temperatura media del tanque (T_t)
- Área de colectores (A)

3. ECUACIONES DEL SISTEMA

3.1. Balance de energía en los colectores solares

Se realiza en el siguiente esquema:

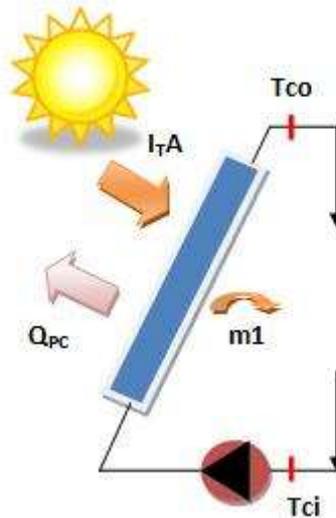


Imagen 6.2: Balance de energía en el colector

Para realizar el balance de energía aplicamos el primer principio de la termodinámica sobre nuestros colectores y tendremos:

$$\frac{dE_c}{dt} = I_T \cdot a_0 \cdot A - \dot{Q}_{pc} - \dot{m}_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci}) \quad [6.1]$$

Siendo:

- El primer término de la ecuación es cero ya que consideramos que es un estado estacionario $\frac{dE_c}{dt} = 0$.
- I_T , es la Radiación en el plano inclinado que depende de la latitud y de la inclinación. Este parámetro se calculó anteriormente.
- A , es el área de colectores
- a_0 , es el coeficiente óptico del colector, y que corresponde a 0,8080 para el colector elegido en la instalación.
- \dot{Q}_{pc} , es el flujo de calor debido a las pérdidas producidas en el colector, y que hemos calculado en el apartado anterior. Este flujo de calor es la suma de las pérdidas de la rama útil más las pérdidas de la rama superior y más las pérdidas de la rama inferior.
- El término compuesto por $\dot{m}_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci})$ corresponde al calor útil

De esta primera ecuación conocemos todos los parámetros excepto los términos T_{co}, T_{ci} , que como expresamos anteriormente serán dos de las siete incógnitas que debemos resolver.

3.2. Balance de energía en el intercambiador de calor

Este balance de energía se realiza en el siguiente esquema:

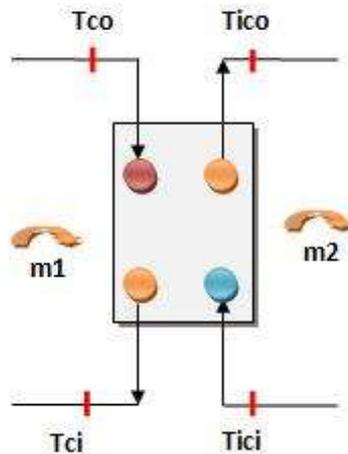


Imagen 6.3: Balance de energía en el intercambiador de calor

En el intercambiador se produce un proceso estacionario, por lo que el balance de energía en el intercambiador queda:

$$\dot{m}_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci}) = \dot{m}_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici}) \quad [6.2]$$

El intercambiador vamos a considerarlo simétrico por lo que:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

3.3. Eficiencia en el intercambiador

Éste será un valor adimensional (estimado en 0,7) que mide la transferencia energética del intercambiador frente a lo máximo que se podría intercambiar en condiciones ideales. Al definirlo obtenemos la siguiente ecuación:

$$\varepsilon_{IC} = \frac{\dot{m}_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici})}{C_{min} \cdot (T_{co} - T_{ici})} \quad [6.3]$$

Siendo C_{min} el mínimo valor de $\dot{m}_1 \cdot C_{p1}$ y $\dot{m}_2 \cdot C_{p2}$

3.4. Contribución solar mínima actual

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. Se indican, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria (ACS).

Tomando una temperatura de referencia de 60 °C, que será la Temperatura de suministro.

Según el plano mostrado en el apartado 3.1.2 Zonas climáticas del DB-HE4 del CTE, Madrid corresponde a la zona climática IV.



Imagen 6.4: Mapa de zonas climáticas (fuente: www.junkers.es)

En la imagen 6.5, obtenida del CTE, sacaremos el valor de la contribución solar mínima:

La contribución solar mínima anual de nuestra instalación según el apartado 2.1 Contribución solar mínima del DB-HE4 del CTE será:

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

Imagen 6.5: Datos contribución mínima anual (fuente: CTE)

Del siguiente esquema haremos el balance para obtener la contribución solar mínima:

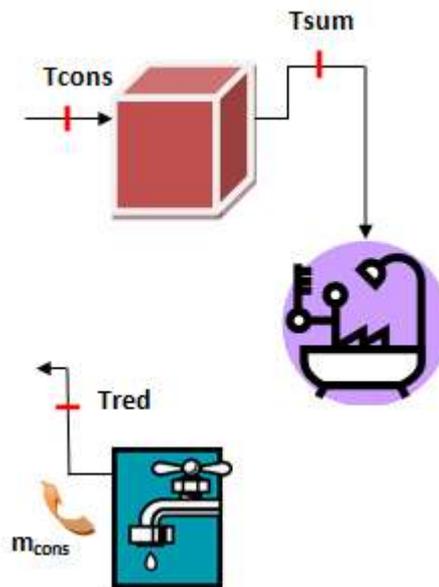


Imagen 6.6: Esquema

La contribución solar mínima anual la podemos expresar como se muestra a continuación:

$$f = \frac{\dot{m}_{cons} \cdot c_{p_{cons}} \cdot (T_{cons} - T_{red})}{\dot{m}_{cons} \cdot c_{p_{cons}} \cdot (T_{sum} - T_{red})} \quad [6.4]$$

Y a partir de esta expresión obtenemos la cuarta ecuación de nuestro sistema:

$$f = \frac{(T_{cons} - T_{red})}{(T_{sum} - T_{red})} \quad [6.5]$$

3.5. Balance de energía en el tanque

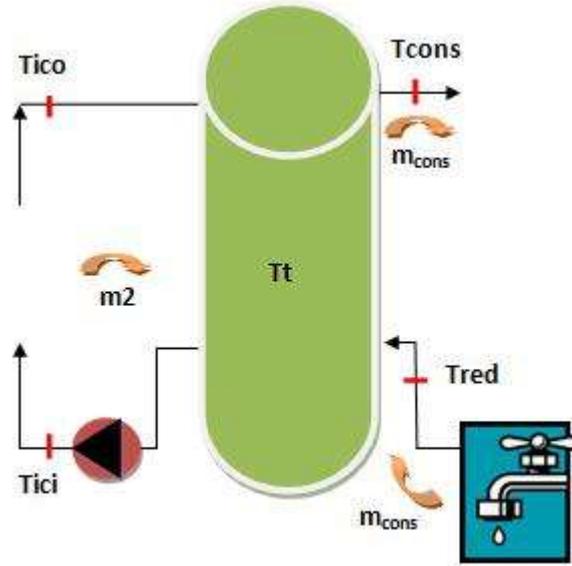


Imagen 6.7: Balance de energía en el tanque

Para realizar el balance de energía en el tanque de acumulación, usaremos la siguiente expresión:

$$\dot{m}_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici}) = \dot{m}_{cons} \cdot C_{pcons} \cdot (T_{cons} - T_{red}) \quad [6.6]$$

3.6. Grado de estratificación del tanque

La estratificación térmica consiste en conseguir mantener un gradiente elevado de temperaturas en el tanque de acumulación ya que el agua caliente está arriba y el agua fría debajo, por lo que debemos conseguir la máxima estratificación posible ya que el rendimiento de la instalación depende directamente de este logro al ser el agua de la parte inferior del tanque la que va a alimentar al campo de colectores.

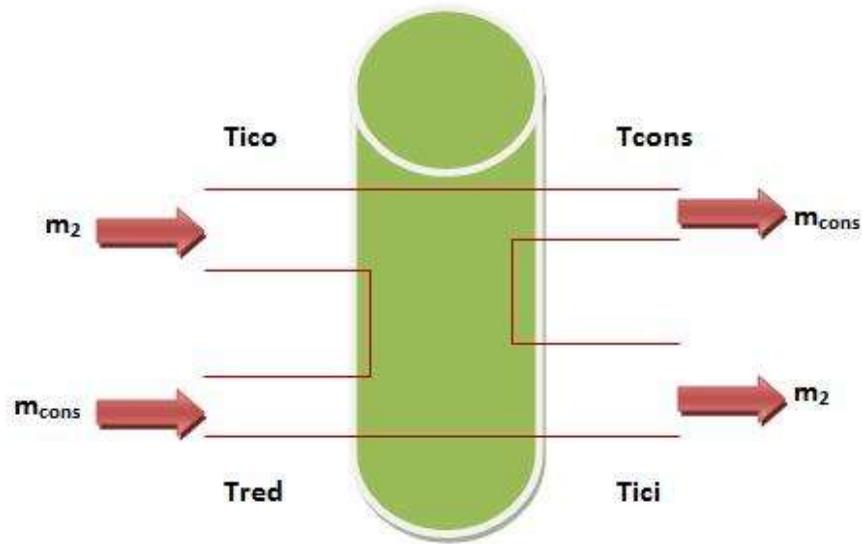


Imagen 6.8: Balance tanque

Consideramos que el tanque está completamente mezclado por lo tanto:

$$\dot{m}_2 \cdot C_p \cdot T_{ico} + \dot{m}_{cons} \cdot C_p \cdot T_{red} = (\dot{m}_2 + \dot{m}_{cons}) \cdot C_p \cdot T_t \quad [6.7]$$

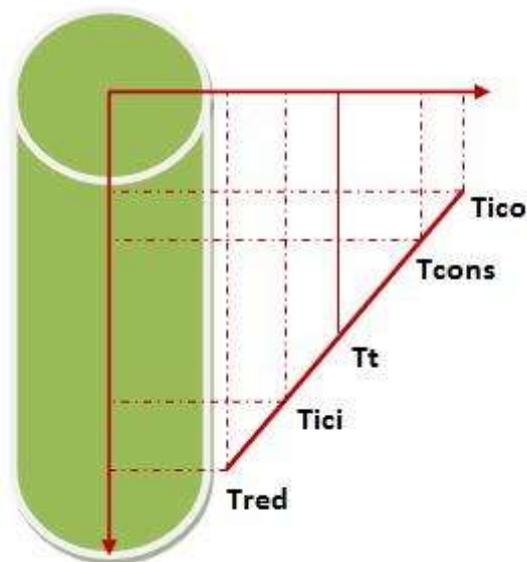


Imagen 6.9: Estratificación en el tanque



Y obtenemos la siguiente ecuación:

$$T_t = \frac{T_{ico} \cdot \dot{m}_2 + T_{red} \cdot \dot{m}_{cons}}{\dot{m}_2 + \dot{m}_{cons}} \quad [6.8]$$

Para que en el tanque exista estratificación debe ocurrir que:

$$(0 \leq E_t \leq 1)$$

En nuestra instalación consideraremos un valor de $E_t = 0,25$

$$E_t = \frac{T_{cons} - T_t}{T_{ico} - T_t} \quad [6.9]$$

4. CALCULO DEL ÁREA CAPTADORA

Para calcular el área captadora necesaria, fijaremos el valor de la contribución solar mínima a partir del valor mínimo estimado en el CTE, que para las condiciones que explicamos anteriormente toma un valor:

$$f = 0,7$$

Resolveremos el sistema de siete ecuaciones con valores medios anuales.

Los datos de los que partimos y que son conocidos:

- Radiación sobre el plano horizontal (I_T)
- Resistencias térmicas del colector
- Eficiencia intercambiador calor (ϵ_{IC})
- Caudal consumo (\dot{m}_{cons})
- Temperatura de la red (T_{red})
- Temperatura ambiente (T_0)
- Densidad de los fluidos ($\rho_{\text{agua-ethylene glicol}}$, ρ_{agua})
- Calor específico de los fluidos $Cp_{\text{agua-ethylene glicol}}$, Cp_{agua})
- Temperatura de suministro (T_{sum})

a. Radiación sobre el plano horizontal

La radiación sobre el plano horizontal ya la tenemos calculada



Y los valores obtenidos son:

Mes	H (MJ/m ²)	k	E(J/m ²)	Horas de sol	I(w/m ²)
Enero	6,7	1,3682	9166940	8	318,2965278
Febrero	10,6	1,2788	13555280	9	418,3728395
Marzo	13,6	1,17	15912000	9	491,1111111
Abril	18,8	1,0606	19939280	9,5	583,019883
Mayo	20,9	0,9818	20519620	9,5	599,9888889
Junio	23,5	0,9518	22367300	9,5	654,0146199
Julio	26	0,9818	25526800	9,5	746,3976608
Agosto	23,1	1,0712	24744720	9,5	723,5298246
Septiembre	16,9	1,2094	20438860	9,5	597,6274854
Octubre	11,4	1,3682	15597480	9	481,4037037
Noviembre	7,5	1,4676	11007000	9	339,7222222
Diciembre	5,9	1,4476	8540840	8	296,5569444
Año	15,4	1,19641667	17276343,3	9,08333333	520,8368093

Tabla 6.1: Valores radiación sobre el plano horizontal

Por tanto tomaremos como valor $I_T = 520,837 \text{ W/m}^2$

b. Resistencias térmicas del colector.

Estos datos los hemos calculado en el capítulo anterior, en la tabla 6.2 se muestran los resultados obtenidos:

Mes	Qpinf (W)	Qputil (W)	Qpsup (W)	Qptotal (W)
Enero	139,243518	0,00014451	136,321248	275,56491
Febrero	165,62038	0,00016514	171,868462	337,489007
Marzo	180,005872	0,000174	192,40579	372,411837
Abril	163,412176	0,00014008	168,357026	331,769343
Mayo	170,740719	0,00014746	178,327662	349,068528
Junio	167,272472	0,00013581	173,5458	340,818407
Julio	168,478035	0,00012499	175,436817	343,914976
Agosto	178,501242	0,00014101	189,043755	367,545138
Septiembre	149,005372	0,00011974	149,543829	298,549321
Octubre	132,296299	0,00011367	128,385255	260,681668
Noviembre	129,772983	0,00012952	124,919217	254,69233
Diciembre	126,974197	0,00013161	121,206528	248,180856
Anual				315,057194

Tabla 6.2: Valores calor en las ramas



Siendo por tanto $Q_p = 315,057194 W$

b. Eficiencia intercambiador calor

Como indicamos anteriormente, será un valor adimensional (estimado en 0,7) que mide la transferencia energética del intercambiador frente a lo máximo que se podría intercambiar en condiciones ideales.

Por lo que: $\varepsilon_{IC} = 0,7$

c. Caudal de consumo

Para el cálculo de consumo, hemos tenido en cuenta los factores de las horas de sol medias al mes, y la variación de consumo que aparece en el Documento DTIE 1.01 (Preparación de Agua Caliente para Usos Sanitarios)

Mes	Días/mes	Consumo mensual (l/mes)	Variación de consumo tabla	Variación de consumo (%)	Consumo mensual corregido (l/mes)	Horas de sol	$m_{\text{cons}} (m^3/s)$
Enero	31	574244	11,5	0,115	640282,06	8	7,17E-04
Febrero	28	518672	8,5	0,085	562759,12	9	6,20E-04
Marzo	31	574244	3	0,03	591471,32	9	5,89E-04
Abril	30	555720	9	0,09	605734,8	9,5	5,90E-04
Mayo	31	574244	4	0,04	597213,76	9,5	5,63E-04
Junio	30	555720	1	0,01	561277,2	9,5	5,47E-04
Julio	31	574244	-10	-0,1	516819,6	9,5	4,87E-04
Agosto	31	574244	-21,5	-0,215	450781,54	9,5	4,25E-04
Septiembre	30	555720	-9,5	-0,095	502926,6	9,5	4,90E-04
Octubre	31	574244	-6	-0,06	539789,36	9	5,37E-04
Noviembre	30	555720	2	0,02	566834,4	9	5,83E-04
Diciembre	31	574244	7,5	0,075	617312,3	8	6,91E-04
Total anual		563438,33		-0,00041667	562766,8383	9,083	5,70E-04

Tabla 6.3: Valores consumo corregido

Dado que el fluido de consumo es agua, y su densidad es $\rho = 1000kg/m^3$, obtenemos los siguientes valores (tabla 6.4):



Mes	m_{cons} (kg/s)
Enero	0,717161806
Febrero	0,620325309
Marzo	0,588880247
Abril	0,590384795
Mayo	0,563302924
Junio	0,547053801
Julio	0,487473684
Agosto	0,42518538
Septiembre	0,490181871
Octubre	0,537424691
Noviembre	0,583162963
Diciembre	0,691434028
Total anual	0,570164292

Tabla 6.4: Valores consumo medio anual

Es decir que el consumo medio anual que denominaremos m_{cons} será:

$$m_{\text{cons}} = 0,57016 \text{ kg/s} \quad [6.10]$$

e. Temperatura de red, temperatura de suministro y temperatura ambiente.

Las temperaturas de red y ambiente las hemos obtenido del Pliego Condiciones Técnicas Solar B.T y la fuente es CENSOLAR. La temperatura de suministro la obtenemos del CTE.

A continuación se muestran los valores:

Mes	T sum		T red		T ambiente To	
	(K)	(°C)	(K)	(°C)	(K)	(°C)
Enero	333	60	279	6	279	6
Febrero	333	60	280	7	281	8
Marzo	333	60	282	9	284	11
Abril	333	60	284	11	286	13
Mayo	333	60	285	12	291	18
Junio	333	60	286	13	296	23
Julio	333	60	287	14	301	28
Agosto	333	60	286	13	299	26
Septiembre	333	60	285	12	294	21
Octubre	333	60	284	11	288	15
Noviembre	333	60	282	9	284	11
Diciembre	333	60	279	6	280	7
MEDIA	333 K	60 °C	283,25 K	10,25 °C	258,583 K	15,583 °C

Tabla 6.5: Valores de Temperaturas



f. Propiedades de los fluidos.

El fluido 1 será Ehtylene Glycol y sus propiedades las calculamos en el capítulo anterior.

El fluido 2 será agua de red al igual que el fluido de consumo.

Fluido	Ehtylene Glycol + Agua Fluido 1	Agua Fluido 2
Densidad	1025 kg/m ³	1000 kg/m ³
Calor especifico	3900 J/kgK	4170 J/kgK

Tabla 6.6: Propiedades de los fluidos

En este apartado vamos a calcular el gasto másico correspondiente a cada fluido. Para ello es necesario fijar un área captadora que estimaremos del siguiente modo:

$$A = 0,5 \cdot N_{personas}^0 = 0,5 \cdot 842 = 421m^2 \quad [6.11]$$

También es necesario tomar un valor de caudal que facilita el fabricante, y que tomaremos como valor 45 l/h·m², que es que utilizamos a la hora de calcular las pérdidas.

Por tanto:

$$\dot{m}_1 = \rho_{agua-ethylene\ glycol} \cdot A \cdot Q \quad [6.11]$$

$$Q = \frac{45l}{h \cdot m^2} \cdot \frac{10^{-3}m^3/l}{3600s/h} = 1,25 \cdot \frac{10^{-5}m^3}{s \cdot m^2} \quad [6.12]$$

$$\dot{m}_1 = 1025 \frac{kg}{m^3} \cdot 421 m^2 \cdot 1,25 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s \cdot m^2} = 5,394 \frac{kg}{s} \quad [6.13]$$

Como el intercambiador hemos estimado que es simétrico, los caudales másicos del circuito primario y secundario serán iguales y de valor:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = 5,394 \frac{kg}{s} \quad [6.14]$$

g. Solución del sistema

Procedemos a calcular el sistema de ecuaciones con los datos especificados anteriormente.

Siendo nuestras incógnitas:

- Temperatura de entrada a colectores (T_{ci})
- Temperatura de salida de colectores (T_{co})



- Temperatura de entrada al tanque (T_{ici})
- Temperatura de salida del tanque (T_{ico})
- Temperatura de consumo (T_{cons})
- Temperatura media del tanque (T_t)
- Área de colectores (A)

4.1. Cálculo de la Temperatura de consumo (T_{cons})

El valor de la temperatura de consumo lo podemos saber directamente de la ecuación [6.5], ya que conocemos todos los valores excepto el de la temperatura de consumo, por tanto:

$$f = \frac{(T_{cons} - T_{red})}{(T_{sum} - T_{red})} \quad [6.5]$$

$$0,7 = \frac{(T_{cons} - 283,25)}{(333 - 283,25)} \quad [6.15]$$

$$T_{cons} = 283,25 + 0,7 \cdot (333 - 283,25) \quad [6.16]$$

Obtenemos un valor para la temperatura de consumo de:

Tcons	
318,075 K	45,075 °C

Tabla 6.7: Temperatura de consumo

4.2. Cálculo de la Temperatura del tanque (T_t) y de la Temperatura a la salida del tanque (T_{ico}).

Utilizaremos para el cálculo de estas dos temperaturas las ecuaciones [6.8] y [6.9], ya que las dos únicas incógnitas son estas temperaturas.

$$T_t = \frac{T_{ico} \cdot \dot{m}_2 + T_{red} \cdot \dot{m}_{cons}}{\dot{m}_2 + \dot{m}_{cons}} \quad [6.8]$$

$$E_t = \frac{T_{cons} - T_t}{T_{ico} - T_t} \quad [6.9]$$

Sustituyendo los valores conocidos, nos queda:



$$T_t = \frac{T_{ico} \cdot 5,473 + 283,25 \cdot 0,57}{5,473 + 0,57} \quad [6.17]$$

$$0,25 = \frac{318,075 - T_t}{T_{ico} - T_t} \quad [6.18]$$

Despejamos T_{ico} en función de T_t en la ecuación [6.9] y usaremos este valor en la ecuación [6.8]:

$$T_{ico} = \frac{T_{cons} - 0,75T_t}{0,25} = 1272,3 - 3 \cdot T_t \quad [6.19]$$

$$T_t = \frac{(1272,3 - 3 \cdot T_t) \cdot 5,473 + 283,25 \cdot 0,57}{5,473 + 0,57} \quad [6.20]$$

Y así obtenemos los siguientes valores para las temperaturas del tanque y de salida del tanque:

Tico		Tt	
320,726922 k	47,7269223 °C	317,191026 K	44,1910259 °C

Tabla 6.8: Temperatura de salida del tanque. Temperatura del tanque

4.3. Cálculo de la Temperatura de entrada al tanque (Tici)

La calculamos a partir de la ecuación [6.6] ya que es la única incógnita de la ecuación.

$$m_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici}) = m_{cons} \cdot Cp_{cons} \cdot (T_{cons} - T_{red}) \quad [6.6]$$

$$T_{ici} = T_{ico} - \frac{m_{cons} \cdot Cp_{cons} \cdot (T_{cons} - T_{red})}{m_2 \cdot Cp_2} \quad [6.21]$$

$$T_{ici} = 319,5834 - \frac{0,57 \cdot 4170 \cdot (318,075 - 283,25)}{5,473 \cdot 4170} \quad [6.22]$$

Tici	
317,098936 K	44,0989356 °C

Tabla 6.9: Temperatura de entrada al tanque

Para comprobar que los valores de Temperaturas calculados son concordantes tendremos en cuenta el siguiente esquema de la imagen 6.10:

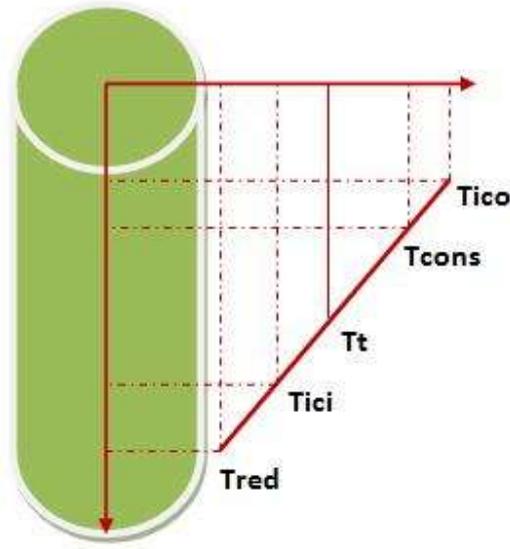


Imagen 6.10: Estratificación del tanque

Por tanto:

$$T_{ico} > T_{cons} > T_t > T_{ici} > T_{red} \quad [6.23]$$

$$320,726922 \text{ K} > 318,075 \text{ K} > 317,191026 \text{ K} > 317,098936 \text{ K} > 283,25 \text{ K} \quad [6.24]$$

Vemos que efectivamente se cumple esta relación, por lo que continuamos con los cálculos.

4.4. Cálculo de la Temperatura de salida del colector (Tco)

Utilizamos la ecuación (3):

$$\varepsilon_{IC} = \frac{m_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici})}{C_{min} \cdot (T_{co} - T_{ici})} \quad [6.3]$$

Siendo nuestra única incógnita la temperatura buscada, por tanto:

$$T_{co} = \frac{m_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici})}{C_{min} \cdot \varepsilon_{IC}} + T_{ici} \quad [6.25]$$

C_{min} es el mínimo valor de $m_1 \cdot C_{p1}$ y $m_2 \cdot C_{p2}$ y que por tanto será el de $m_1 \cdot C_{p1}$, ya que:

m1·Cp1	21036,84 J/K·s
m2·Cp2	22822,41 J/K·s

Tabla 6.10: Características fluidos



Por lo que:

$$T_{co} = \frac{22822,41 \cdot (320,726922 - 317,098936)}{20523,75 \cdot 0,7} + 317,098936 \quad [6.26]$$

Tco	
322,862252 K	49,8622516 °C

Tabla 6.11: Temperatura de salida del colector

4.5. Cálculo de la temperatura de entrada al colector (Tci)

Utilizaremos la ecuación (2)

$$\dot{m}_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci}) = \dot{m}_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici}) \quad [6.2]$$

De modo que, despejando T_{ci}, nos queda:

$$T_{ci} = T_{co} - \frac{\dot{m}_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici})}{\dot{m}_1 \cdot C_{p1}} \quad [6.27]$$

$$T_{ci} = 322,862252 - \frac{22822,41 \cdot (320,726922 - 317,098936)}{20523,75} \quad [6.28]$$

Tci	
318,82793 K	45,8279304 °C

Tabla 6.12: Temperatura de entrada al colector

4.6. Cálculo del área de colectores

Por último calculamos el área de captadores necesaria, lo haremos despejando de la ecuación (1):

$$\frac{dE_c}{dt} = I_T \cdot a_0 \cdot A - \dot{Q}_{pc} - \dot{m}_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci}) \quad [6.1]$$

El área es:

$$A = \frac{[\dot{m}_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci})] + \dot{Q}_{pc}}{I_T \cdot a_0} \quad [6.29]$$

$$A = \frac{20523,75 \cdot (322,862252 - 318,82793) + 315,057194}{520,837 \cdot 0,8080} \quad [6.30]$$



Dándonos un valor de Área de captadores igual:

$$A = 197,49838449701 \text{ m}^2 \quad [6.31]$$

Como cada panel tiene un área de:

$$A_{panel} = L \cdot A = 2,2 \text{ m} \cdot 1,285 \text{ m} = 2,75 \text{ m}^2 \quad [6.32]$$

El número total de colectores necesario será:

$$N^{\circ}_{paneles} = \frac{A}{A_{panel}} = 71,8175943625492 \approx 72 \text{ paneles} \quad [6.33]$$

5. CÁLCULO DE LA CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

Una vez calculada el área de captadores procedemos a calcular las Temperaturas anteriormente descritas y la contribución solar mínima, debiendo ser esta mayor que 0'7 y lo haremos para todos los meses del año resolviendo de nuevo el sistema de 7 ecuaciones descrito anteriormente.

Los datos de partida conocidos son:

- Radiación sobre el plano horizontal
- Resistencias térmicas del colector
- Eficiencia intercambiador calor (ϵ_{IC})
- Caudal consumo (m_{cons})
- Temperatura de la red (T_{red})
- Temperatura ambiente (T_0)
- Densidad de los fluidos ($\rho_{agua-ethylene\ glicol}$, ρ_{agua})
- Calor específico de los fluidos $Cp_{agua-ethylene\ glicol}$, Cp_{agua})
- Temperatura de suministro (T_{sum})
- Área de captadores (A)

A continuación mostramos los datos que ya utilizamos en otros apartados:



Mes	I(w/m ²)	Eficiencia IC ε _{ic}	Caudal de consumo m _{cons} (kg/s)	T _{sum} (K)	T _{red} (K)	T _{amb} (K)	Q _p (K)	a ₀
Enero	318,296528	0,7	0,71716181	333	279	279	275,564865	0,808
Febrero	418,37284	0,7	0,62032531	333	280	281	337,488955	0,808
Marzo	491,111111	0,7	0,58888025	333	282	284	372,411781	0,808
Abril	583,019883	0,7	0,5903848	333	284	286	331,769298	0,808
Mayo	599,988889	0,7	0,56330292	333	285	291	349,068481	0,808
Junio	654,01462	0,7	0,5470538	333	286	296	340,818365	0,808
Julio	746,397661	0,7	0,48747368	333	287	301	343,914937	0,808
Agosto	723,529825	0,7	0,42518538	333	286	299	367,545093	0,808
Septiembre	597,627485	0,7	0,49018187	333	285	294	298,549284	0,808
Octubre	481,403704	0,7	0,53742469	333	284	288	260,681633	0,808
Noviembre	339,722222	0,7	0,58316296	333	282	284	254,69229	0,808
Diciembre	296,556944	0,7	0,69143403	333	279	280	248,180815	0,808

Tabla 6.13: Datos conocidos

El área que utilizaremos será:

$$A = 72 \text{ paneles} \cdot A_{\text{panel}} = 72 \cdot 2,75 = 198 \text{ m}^2 \quad [6.34]$$

Los caudales máxicos varían respecto del apartado anterior ya que ahora tenemos distinto valor de área, por lo tanto:

$$\dot{m}_1 = \rho_{\text{agua-ethylene glicol}} \cdot A \cdot Q \quad [6.35]$$

$$Q = \frac{45l}{h \cdot m^2} \cdot \frac{10^{-3}m^3/l}{3600s/h} = 1,25 \cdot \frac{10^{-5}m^3}{s \cdot m^2} \quad [6.36]$$

$$\dot{m}_1 = 1025 \frac{kg}{m^3} \cdot 198 \text{ m}^2 \cdot 1,25 \cdot 10^{-5} \frac{m^3}{s \cdot m^2} = 2,536 \frac{kg}{s} \quad [6.37]$$

Como el intercambiador hemos estimado que es simétrico, los caudales máxicos del circuito primario y secundario serán iguales y de valor:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = 2,536 \frac{kg}{s} \quad [6.38]$$



Siendo nuestras incógnitas:

- Temperatura de entrada a colectores (T_{ci})
- Temperatura de salida de colectores (T_{co})
- Temperatura de entrada al tanque (T_{ici})
- Temperatura de salida del tanque (T_{ico})
- Temperatura de consumo (T_{cons})
- Temperatura media del tanque (T_t)
- Contribución solar mínima (f)

Las ecuaciones utilizadas son:

$$\frac{dE_c}{dt} = I_T \cdot a_0 \cdot A - \dot{Q}_{pc} - \dot{m}_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci}) \quad [6.1]$$

$$\dot{m}_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci}) = \dot{m}_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici}) \quad [6.2]$$

$$\varepsilon_{IC} = \frac{\dot{m}_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici})}{C_{min} \cdot (T_{co} - T_{ici})} \quad [6.3]$$

$$f = \frac{(T_{cons} - T_{red})}{(T_{sum} - T_{red})} \quad [6.5]$$

$$\dot{m}_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici}) = \dot{m}_{cons} \cdot C_{pcons} \cdot (T_{cons} - T_{red}) \quad [6.6]$$

$$T_t = \frac{T_{ico} \cdot \dot{m}_2 + T_{red} \cdot \dot{m}_{cons}}{\dot{m}_2 + \dot{m}_{cons}} \quad [6.8]$$

$$E_t = \frac{T_{cons} - T_t}{T_{ico} - T_t} \quad [6.9]$$

a. Cálculo de las temperaturas desconocidas

La resolución del sistema se ha realizado por medio de Excel, obteniendo los siguientes resultados de temperaturas:



INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS EN MADRID

Mes	Tcons		Tt		Tico	
	(K)	(°C)	(K)	(°C)	(K)	(°C)
Enero	295,935526	22,935526	294,832708	21,8327081	299,24398	26,2439798
Febrero	305,744777	32,7447774	304,281818	31,2818184	310,133655	37,1336546
Marzo	313,844165	40,8441655	312,121372	39,1213721	319,012546	46,0125457
Abril	321,752106	48,7521061	319,704753	46,7047534	327,894164	54,8941643
Mayo	325,715473	52,7154727	323,603445	50,6034453	332,051555	59,0515547
Junio	331,717342	58,7173419	329,41081	56,4108104	338,636937	65,6369366
Julio	345,574283	72,5742833	342,926396	69,9263961	353,517945	80,5179448
Agosto	351,078483	78,0784835	348,497573	75,497573	358,821215	85,8212149
Septiembre	331,628945	58,6289447	329,509876	56,5098757	337,986152	64,9861516
Octubre	318,249942	45,2499422	316,550871	43,5508706	323,347157	50,3471571
Noviembre	304,245111	31,2451106	303,052691	30,0526913	307,822369	34,8223687
Diciembre	295,368923	22,3689226	294,338834	21,338834	298,459188	25,4591882

Tabla 6.14: Datos obtenidos para Temperatura de consumo. Temperatura de tanque. Temperatura de salida del tanque

Mes	Tici		Tco		Tci	
	(K)	(°C)	(K)	(°C)	(K)	(°C)
Enero	294,525444	21,5254435	302,021175	29,0211755	296,774163	23,7741631
Febrero	303,92925	30,9292502	313,78539	40,7853898	306,886092	33,8860921
Marzo	311,727231	38,727231	323,300474	50,3004738	315,199204	42,1992039
Abril	319,235163	46,2351629	332,990605	59,9906051	323,361796	50,3617956
Mayo	323,141242	50,1412421	337,29591	64,2959102	327,387643	54,3876425
Junio	328,920602	55,9206018	344,355694	71,3556936	333,551129	60,5511294
Julio	342,424929	69,4249294	360,046977	87,0469767	347,711544	74,7115436
Agosto	348,071246	75,0712461	365,148339	92,1483394	353,194374	80,1943741
Septiembre	329,106329	56,106329	343,212562	70,2125615	333,338199	60,3381988
Octubre	316,196122	43,1961219	327,556052	54,5560521	319,604101	46,604101
Noviembre	302,782538	29,7825379	310,788669	37,7886692	305,184377	32,1843773
Diciembre	294,062129	21,0621292	301,047172	28,0471716	296,157642	23,1576419

Tabla 6.15: Datos obtenidos para Temperatura de entrada del tanque. Temperatura de salida del colector. Temperatura de entrada del colector.

Como hicimos en el apartado anterior vamos a comprobar que los valores de Temperaturas calculados son concordantes, para ello, tendremos en cuenta el siguiente esquema:

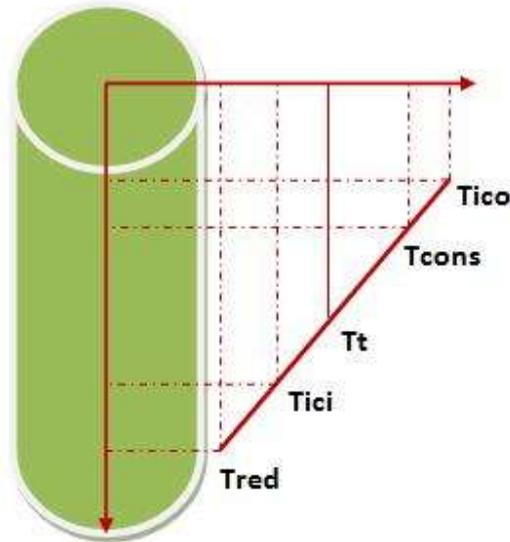


Imagen 6.11: Estratificación del tanque

Por tanto:

$$T_{ico} > T_{cons} > T_t > T_{ici} > T_{red} \quad [6.39]$$

Vemos que efectivamente se cumple esta relación en todos los meses del año, por lo que continuamos con los cálculos.

b. Cálculo de la contribución solar mínima (f)

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales.

La contribución solar mínima anual de nuestra instalación según el apartado 2.1 Contribución solar mínima del DB-HE4 del CTE debe ser mayor que 0,7:



INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS EN MADRID

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

Y además señala que: el dimensionado de la instalación estará limitado por el cumplimiento de la condición de que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110 % de la demanda energética y en no más de tres meses el 100 % y a estos efectos no se tomarán en consideración aquellos periodos de tiempo en los cuales la demanda energética se sitúe un 50 % por debajo de la media correspondiente al resto del año, tomándose medidas de protección.

Estos son los valores obtenidos para cada mes:

Mes	f
Enero	0,31362085
Febrero	0,48575052
Marzo	0,6243954
Abril	0,77045115
Mayo	0,84823901
Junio	0,97270940
Julio	1,27335398
Agosto	1,38464858
Septiembre	0,97143635
Octubre	0,69897841
Noviembre	0,43617864
Diciembre	0,30312820

Tabla 6.16: Contribución solar mínima

Podemos observar que en los meses de Julio y Agosto la contribución solar mínima supera el 110% por lo que para disipar el calor sobrante instalaremos aerotermos. Teniendo en cuenta la disipación que debemos diseñar los valores finales de contribución solar mínima serán:



Mes	f
Enero	0,31362085
Febrero	0,48575052
Marzo	0,6243954
Abril	0,77045115
Mayo	0,84823901
Junio	0,9727094
Julio	1
Agosto	1
Septiembre	0,97143635
Octubre	0,69897841
Noviembre	0,43617864
Diciembre	0,3031282

Tabla 6.17: Contribución solar mínima corregida

Para calcular la fracción solar mínima anual sumaremos los 12 valores que se obtienen del numerador de la ecuación [6.5] y lo dividiremos entre los 12 valores que se obtienen del denominador de la ecuación [6.5].

$$f = \frac{(T_{cons} - T_{red})}{(T_{sum} - T_{red})} \quad [6.5]$$

Por tanto:

$$f = \frac{\sum_1^{12} (T_{cons} - T_{red})}{\sum_1^{12} (T_{sum} - T_{red})} = \frac{441,855076622919}{597} = 0,740125 \quad [6.40]$$

A continuación se representan los valores de contribución solar mínima obtenidos para cada mes del año, junto con la anual (gráfico 6.1):

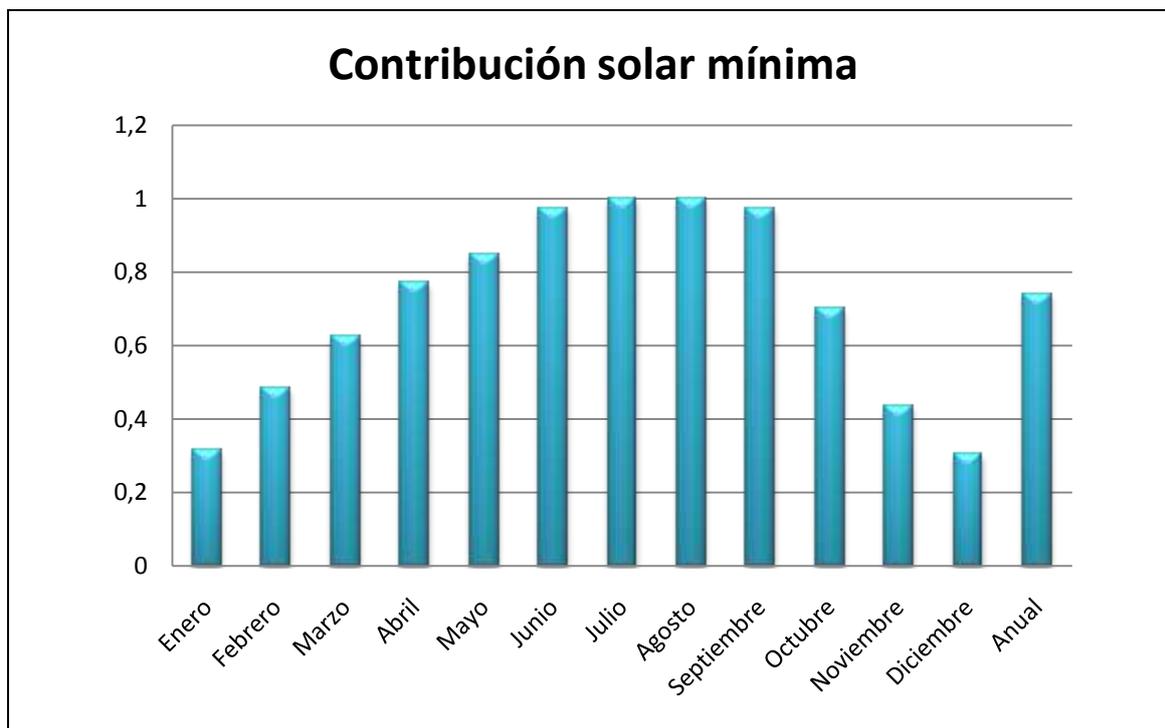


Gráfico 6.1: Contribución solar mínima

Por último con estos resultados obtenemos la Energía Solar aprovechable (MJ) proporcionada por nuestra instalación.

Mes	Demanda ACS (MJ)	Contribución solar	Energía solar (MJ)
Enero	144178,714	0,313620853	45217,4513
Febrero	124375,393	0,485750518	60415,4117
Marzo	125788,206	0,624395402	78541,5773
Abril	123769,792	0,770451146	95358,5778
Mayo	119538,306	0,848239015	101397,055
Junio	110004,718	0,972709404	107002,624
Julio	99136,3357	1	99136,3357
Agosto	88348,674	1	88348,674
Septiembre	100665,788	0,971436349	97790,4058
Octubre	110295,16	0,698978413	77093,9358
Noviembre	120548,672	0,43617864	52580,7557
Diciembre	139006,384	0,303128196	42136,7543
Anual	117138,012	0,740125	86696,77105

Tabla 6.18: Demanda ACS. Contribución solar mínima. Energía solar



En el gráfico 6.2 podemos observar de forma más intuitiva la contribución solar que obtenemos con la instalación diseñada frente a la demanda energética, en cada mes del año y la media anual.

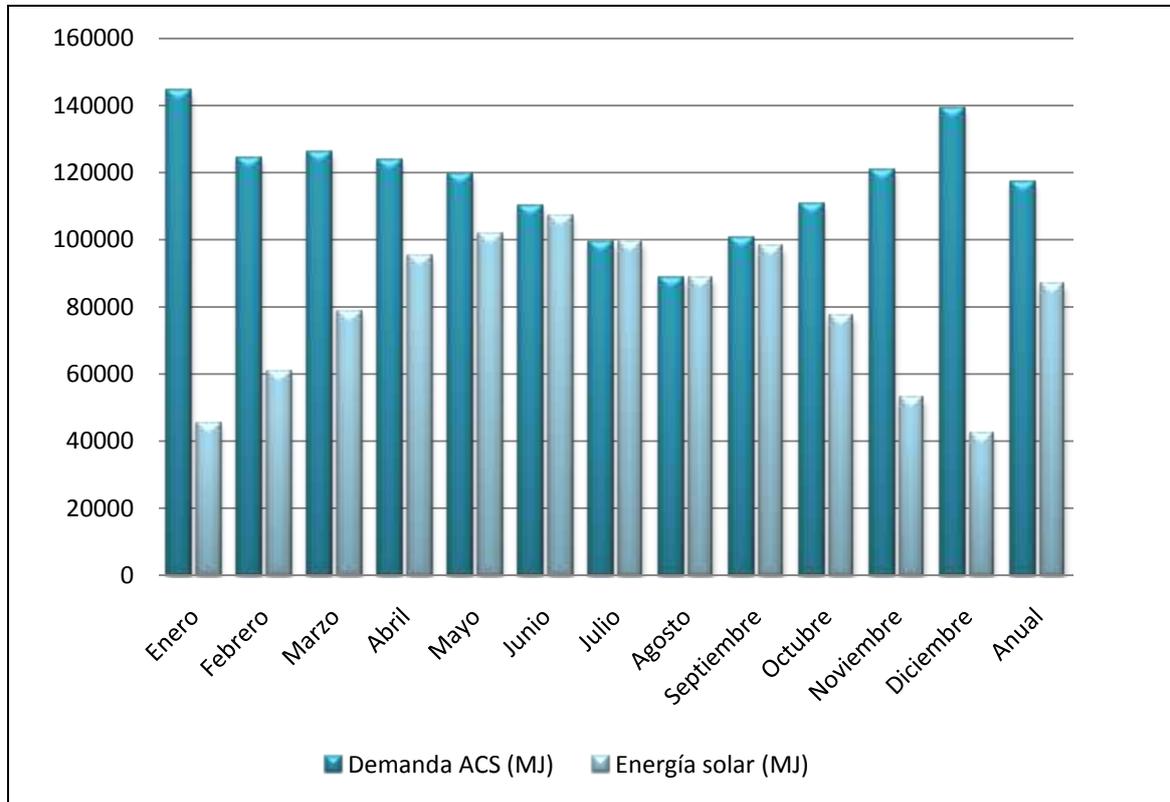


Gráfico 6.2: Demanda ACS. Energía solar obtenida



VII. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

1. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

Los circuitos pueden ser abiertos o cerrados:

1.1. Circulación del fluido en circuito abierto (sistema directo)

En este caso, el fluido caloportador se utiliza directamente. No hay intercambiador de calor, ya que el propio fluido que circula por los colectores es el que luego va al depósito para su posterior utilización. Las ventajas de este tipo de circuitos es que es la solución más sencilla para obtener agua caliente solar, por ejemplo, para calentar el agua de una piscina. Además proporciona un buen rendimiento térmico, pues no se producen pérdidas de temperatura en el intercambiador de calor. Por el contrario tiene las desventajas de que no puede existir ningún material contaminante, ni en el colector ni en las tuberías. Y que al emplear agua de red general, hay mayor riesgo de corrosión de las tuberías e incrustaciones calcáreas. Tampoco se puede prevenir la congelación del fluido mediante anticongelantes. **[3]**

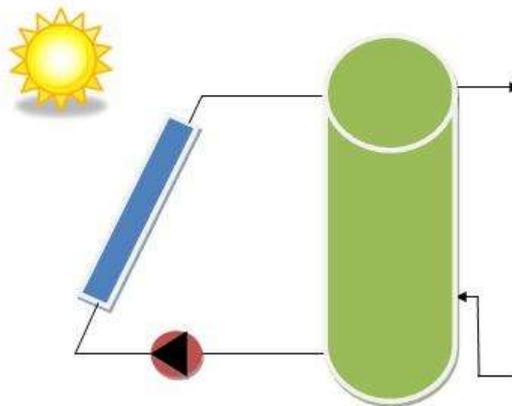


Imagen 7.1: Esquema circuito abierto

1.2. Circulación del fluido en circuito cerrado (sistema indirecto)

Es el más utilizado para instalaciones de ACS. En este caso existen dos circuitos separados: el que contiene el fluido caloportador (primario) y aquel por el que circula el agua caliente de consumo (secundario). El calor del fluido caloportador es cedido por medio de un intercambiador de calor al circuito secundario. Los dos circuitos, por tanto, no tienen conexión directa.

Las ventajas de estos circuitos son que podemos elegir el fluido más adecuado para el circuito primario, añadir anticongelante, emplear algún fluido especial, etc. Por el contrario el inconveniente que tienen respecto al sistema abierto es que la instalación es más cara y compleja. **[3]**

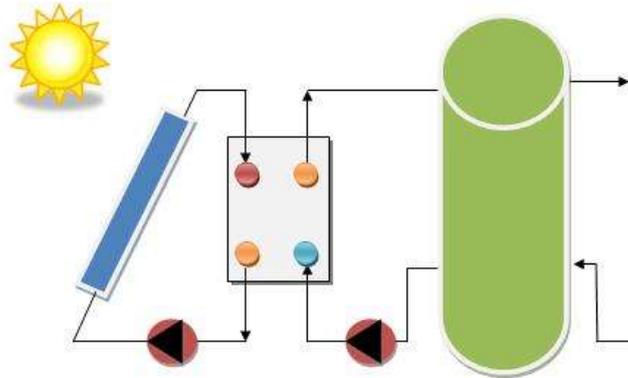


Imagen 7.2: Esquema circuito cerrado

El sistema de ACS Solar será cerrado y estará formado por dos circuitos separados.

- **Circuito primario:** Circuito formado por los colectores y las tuberías que los unen, en el que el fluido de trabajo recoge la energía térmica producida en los paneles y la transfiere al intercambiador de calor.
- **Circuito secundario:** Circuito en el que se recoge la energía captada en el circuito primario transfiriendo el calor hasta el agua de consumo.

1.3. Sala de máquinas

Las salas de máquinas no pueden utilizarse para fines diferentes a los de alojar equipos y aparatos al servicio de las instalaciones y en ellas además no se podrá realizar trabajos ajenos a los propios de la instalación

No se debe utilizar la sala de máquinas como almacén ni se debe colocar en ella depósitos de almacenamiento de combustibles. [3]

A partir de este apartado se va a dimensionar toda la instalación, esta la hemos dividido en dos simétricas, dado que los valores calculados en capítulos anteriores son bastante elevados para realizar una sola instalación.

Por tanto, la instalación estará formada por una primera instalación de 36 captadores en el lado izquierdo, y otra completamente igual en el lado derecho formada también por 36 captadores.

Los cálculos se han realizado teniendo en cuenta toda la instalación y finalmente se dividen entre las 2 instalaciones propuestas.

Las tuberías de ambas instalaciones discurrirán por el patinillo central para que así haya menor longitud de tuberías horizontales a la sala de caldera. Estas están ubicadas en el sótano -1.

En el capítulo de planos se puede observar la ubicación de las dos zonas de captación, así como las salas de calderas en el Sótano -1.



2. DIMENSIONADO DEL CIRCUITO PRIMARIO

Los elementos que debemos dimensionar en este circuito serán: colectores, tuberías, bomba y vaso de expansión. Además de válvulas, instrumentos de medida y de control, purgadores para eliminar el aire que se introduce en el circuito y los disipadores de calor para compensar el sobrecalentamiento de los meses de verano.

2.1 Colector

El captador, colector o panel solar, es el elemento de la instalación que recoge la energía del sol y la transfiere a un fluido líquido. Se trata en esencia de un dispositivo que transforma en calor la energía que transporta la radiación solar, con procesos añadidos de transferencia de calor mediante radiación, convección y conducción.

Existen diversos tipos de captadores solares, se dividen en dos grupos:

- **Colectores Solares sin concentración:** Los cuales se caracterizan por no poseer métodos de concentración de energía solar, son usados en las aplicaciones de la energía solar térmica de baja temperatura. Pertenecen a este grupo:
 - **Colector solar de Placa Plana:** En general un colector de placa plana actúa como un receptor que recoge la energía procedente del Sol y calienta una placa. La energía almacenada en la placa es transferida al fluido. Su aplicación es la producción de agua caliente sanitaria, climatización de piscinas y calefacción.
 - **Colectores de Aire:** Son colectores de tipo plano cuya principal característica es tener como fluido caloportador el aire. No tienen una temperatura máxima límite (los procesos convectivos tienen una menor influencia en el aire) y trabajan mejor en condiciones de circulación normal, pero en contraposición poseen una baja capacidad calorífica y el proceso de transferencia de calor entre placa y fluido es malo. Su aplicación principal es la calefacción.
 - **Colectores de Vacío:** Van dotados de una doble cubierta envolvente, herméticamente cerrada, aislada del interior y del exterior, y en la cual se ha hecho el vacío. Su finalidad es la de reducir las pérdidas por convección. Son más caros, además de perder el efecto del vacío con el paso del tiempo. Su aplicación principal es la producción de agua caliente sanitaria y climatización de piscinas.
 - **Tubos de Calor:** Poseen una simetría cilíndrica, formados por dos tubos concéntricos; uno exterior de vidrio y uno interior pintado de negro o con pintura selectiva. El fluido circula por el tubo del interno. Su aplicación principal es la calefacción.
 - **Colectores Cónicos o esféricos:** Su principal característica es que constituyen simultáneamente la unidad de captación y de



almacenamiento. Su superficie de captación es cónica o esférica con una cubierta de vidrio de la misma geometría. Con estas geometrías se consigue que la superficie iluminada a lo largo del día, en ausencia de sombra, sea constante. Su instalación es sencilla, pero presentan problemas de estratificación del agua y la superficie útil de captación es pequeña. Su aplicación principal es la producción de agua caliente sanitaria por medio de energía solar.

- **Colectores Solares de Concentración:** Usan sistemas especiales con el fin de aumentar la intensidad de la radiación sobre la superficie absorbente y de este modo conseguir altas temperaturas en el fluido caloportador. La principal complicación que presentan es la necesidad de un sistema de seguimiento para conseguir que el colector esté permanentemente orientado en dirección al Sol. Pertenecen a este grupo:
 - **Concentradores cilíndricos:** Su superficie reflectora es la mitad de un cilindro. Su aplicación principal es la producción de vapor en una central térmica
 - **Concentradores paraboloídes:** Su superficie reflectora presenta una geometría de paraboloide de revolución. Su aplicación principal es la producción de vapor en una central térmica.

Según la clasificación anterior se ha decidido utilizar el captador plano ya que es el utilizado básicamente en instalaciones de producción de agua caliente sanitaria mediante energía solar. Se compone de los siguientes elementos:

- Caja exterior, que contiene al conjunto
 - Cubierta transparente, situada en la cara superior del captador
 - Absorbedor metálico, encargado de transformar la radiación solar en energía térmica y transmitirla al fluido caloportador que circula por su interior.
 - Aislamiento posterior y lateral de la caja, que reduce las pérdidas de calor.
- [2]

Normativa de aplicación

El apartado 3.3.2.1 de la Sección HE4, del DB HE del CTE, establece que el captador seleccionado debe tener la certificación emitida por un organismo competente en la materia, según lo regulado en RD 891/1980 de 14 de abril sobre homologación de captadores solares y en la Orden de 28 de Junio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación o certificación de los captadores solares, o condiciones que considere la reglamentación que la sustituya.

En el Apéndice C de la Sección HE4, Normas de Referencia, se incluye también las normas UNE- EN 12975-1:2001, Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares, UNE-EN 12976-1:2001, Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares prefabricados, UNE-EN 12977-1:2002, Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares a medida.

El captador solar selectivo de alta eficiencia utilizado es del fabricante, CHROMAGEN, el modelo elegido es el **CR-12 S8**. Las características técnicas se muestran en el Anexo de especificaciones técnicas



Imagen 7.3: Captador solar CR-12 S8 (fuente: www.chromagen.es)

Cubierta transparente

La cubierta transparente es la superficie superior o tapa de la carcasa y es el primer elemento sobre el que incide la radiación solar que es parcialmente reflejada, otra parte absorbida y el resto atraviesa la cubierta. El porcentaje de radiación que atraviesa la cubierta define la eficiencia del material que la compone, ya que la propiedad óptica de transparencia total es la más deseable.

Las funciones principales que ha de cumplir una cubierta son:

- Originar el efecto invernadero y reducir al mismo tiempo las pérdidas por convección, mejorando así el rendimiento del colector.
- Asegurar la estanqueidad del colector al agua y al aire, en unión con la carcasa y las juntas.
- Proteger la superficie absorbedora de posibles daños externos.

La cubierta transparente puede ser de vidrio solar o plástico con características adecuadas.

Habitualmente se utiliza el llamado vidrio solar, que se trata de vidrio templado, de bajo contenido en hierro y con sus características optimizadas para disminuir la reflectividad y permitir el paso de la radiación entre $0.3 \mu\text{m}$ y $3 \mu\text{m}$, pero con un coeficiente de transmisión para longitudes de ondas largas superiores a $3 \mu\text{m}$ (emitidas por el absorbedor), lo más bajo posible, favoreciendo de esta manera el efecto invernadero en el interior de la placa.

El plástico ha sido un material muy usado en los orígenes del aprovechamiento solar térmico, especialmente en países como Alemania, por su ligereza y economía, además de su escasa fragilidad. Sin embargo soporta mal la intemperie,



especialmente la acción de los rayos ultravioletas y amarillea en general, como consecuencia de su composición orgánica. Este envejecimiento conduce asimismo al resquebrajamiento y rotura, sumando también pérdidas de aislamiento. Por todo ello son escasos los captadores que tienen actualmente cubierta de este material.

[2]

La Cubierta transparente del colector utilizado en esta instalación está formada por vidrio templado de 3,20 mm. de grosor diseñado para reducir la reflexión y templado para aumentar su resistencia y duración. Su bajo contenido en óxido de hierro (0.03%) permite una alta transmisión solar del 91%.

El absorbedor

El absorbedor es el elemento del captador encargado de transformar la radiación solar incidente sobre el colector en calor y transmitírselo al fluido caloportador. En la mayoría de los colectores solares el absorbedor es una placa metálica sobre la cual están soldados o embutidos los tubos por donde circula el fluido caloportador, con un recorrido más o menos sinuoso a fin de lograr la máxima transmisión de calor entre la placa y el líquido. Por este motivo tanto la soldadura como los materiales que forman el circuito de agua y del absorbedor, han de tener un coeficiente de conductividad alto. El diseño del circuito y sus materiales constituyen una de las claves de un buen captador solar, con la dificultad añadida de la apreciable pérdida de carga que se origina, constituyendo estos datos parte de las características que han de ser proporcionadas por el fabricante.

El CTE impone ciertas limitaciones a los absorbedores, prescribiendo el apartado 3.4.1 de la Sección HE4, en su párrafo primero, que los captadores con absorbente de hierro no pueden ser utilizados bajo ningún concepto, además en su párrafo segundo dice que, cuando se utilicen captadores con absorbente de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro. Por otra parte, el párrafo quinto dice que deben quedar modificadas substancialmente en el transcurso del periodo de vida previsto por el fabricante, incluso en las condiciones de temperaturas máximas del captador.

Con estas limitaciones, el material habitualmente empleado es el cobre, aunque necesita algún tratamiento superficial. A la hora de evaluar un absorbedor existen dos parámetros que definen la capacidad del mismo, la absorción o coeficiente de absorción α , y la emisividad o coeficiente de emisión ϵ .

Las pinturas, de color negro u oscuro, absorben muy bien la radiación solar (coeficiente de absorción del orden 0,9) pero tienen un coeficiente de emisión sensiblemente igual al coeficiente de absorción. Dicho de otra forma, las pérdidas por emisión de radiación son bastantes elevadas y crecen rápidamente con la temperatura, por lo que estos revestimientos no son indicados para ser utilizados a temperaturas muy elevadas. Otro defecto importante de las pinturas es el importante deterioro que sufren por la acción continuada de la radiación ultravioleta, y por las variaciones de temperatura entre el día y la noche.



Se suelen emplear las denominadas superficies selectivas, constituidas por metales pulimentados recubiertos por capas delgadas de pintura negra a base de óxidos de cromo, níquel, hierro, cobre o titanio. Las superficies selectivas tendrán una mayor o menor emisividad, dependiendo del metal utilizado en la aleación. Las superficies de mayor calidad están constituidas por óxidos de metal en una matriz cerámica, dentro de las cuales una de las de menor emisividad, y más utilizada por los colectores de alta calidad, es la de óxidos de titanio. [2]

El absorbedor consiste en aletas de cobre soldadas ultrasónicamente a conductos de cobre que proporcionan una óptima transferencia de calor entre aleta y conducto, lo que asegura una alta eficiencia. Las aletas de cobre están revestidas con pintura de cromo negro que permite una superficie de captación altamente eficiente

Además está formado por conductos de cobre de 8 mm soldados a los conductos principales de 22 mm con una distribución óptima del flujo. Siendo la conexión de tubería por medio de cuatro conectores hembra B.S.P. de bronce.

Aislamiento posterior y lateral de la carcasa.

El aislamiento térmico del colector tiene por misión reducir las pérdidas de la energía captada a través de la carcasa, cuyo material suele tener un coeficiente de transmisión elevado al ser habitualmente metálico. Se dispone entre la carcasa y la placa absorbente en la parte posterior y lateral del colector.

El apartado 3.3.2.1 de la Sección HE4, del DB del CTE, recomienda en las instalaciones destinadas exclusivamente a la producción de agua caliente sanitaria mediante energía solar, que los captadores tengan un coeficiente global de pérdidas, referido a la curva de rendimiento en función de la temperatura ambiente y temperatura de entrada, menor de $10 \text{ Wm}^2/\text{°C}$, según los coeficientes definidos en la normativa en vigor.

Los materiales aislantes utilizados para los colectores han de cumplir unos requisitos mínimos en función de las condiciones en las que han de trabajar, que son:

- Resistencia a alta temperatura: En la placa absorbente se va a alcanzar una temperatura elevada, alrededor de 150°C , debiendo el aislamiento ser capaz de resistirla sin deteriorarse, ni degradarse por factores geológicos.
- Ausencia de vapores. Los materiales aislantes no deben desprender vapores a altas temperaturas, por su posible toxicidad y por los efectos negativos en el rendimiento debidos a un depósito de los mismos sobre el absorbedor o la cubierta transparente.
- Resistencia a la humedad. El rendimiento de los aislantes no debe alterarse por la humedad que se puede generar dentro del colector, bien porque entre los orificios de ventilación, o bien por la rotura de alguna junta de estanqueidad. En el caso de utilizar materiales que, como la lana de vidrio, pierden gran parte de sus cualidades aislantes impregnando de humedad, deben estar cuidadosamente protegidos contra las condensaciones y la penetración accidental de agua que puedan humedecerlos.



El cumplimiento simultáneo de estas condiciones resulta complicado. Por resistencia térmica, los más adecuados son las lanas de roca y de vidrio, pero son sensibles a la humedad. El poliuretano rígido inyectado, y el poliestireno expandido tienen buen comportamiento ante la humedad, pero se deterioran por encima de los 100 °C. Todos ellos tienen baja conductividad térmica y constituyen un buen material de aislamiento térmico en seco. En algunos casos se recurre a la estratificación de los materiales, con el fin de aprovechar mejor sus cualidades, y se sitúan láminas de aluminio en posición intermedia. **[2]**

Una espuma de poliuretano rígido, de 25 mm que cumple con las normas de los Estados Unidos y de Europa, se encuentra situada debajo y alrededor de la superficie de captación. Una capa de 25 mm de lana mineral protege el poliuretano, proporcionando así un aislamiento adicional para mantener el calor en el captador.

Carcasa

Es la encargada de proteger y soportar los elementos que constituyen el colector solar, además de servir de enlace con el edificio, por medio de los soportes. Debe cumplir los siguientes requisitos:

- Rigidez y resistencia estructural que asegure la estabilidad. Es de suma importancia ya que debe resistir la presión del viento.
- Resistencia de los elementos de fijación: mecánica para los esfuerzos a transmitir; y química para soportar la corrosión.
- Resistencia a la intemperie. A los efectos corrosivos de la atmósfera y a la inestabilidad química debido a las inclemencias del tiempo.
- Aireación del interior del colector para evitar la condensación del agua. Se realiza por medio de dos técnicas:
- Vacío en el interior del colector cuando éste está frío, para que la carcasa no esté sometida a una presión muy alta cuando el aire en su interior se calienta.
- Practicar unos orificios en la carcasa para permitir la aireación del colector, así como la evacuación de la condensación. Los orificios se localizan en la parte posterior para evitar la entrada del agua de lluvia y la pérdida de aire caliente del interior del colector.
- Evitar toda geometría que permita la acumulación de agua hielo o nieve en el exterior del colector.
- Facilitar el desmontaje de la cubierta para poder tener fácil acceso a la placa captadora. **[2] [3]**

La carcasa del modelo está formada por aluminio anodizado AL6063-T5 de 1,5 mm. de espesor.

2.2 Rendimiento del captador solar

El rendimiento de un captador solar se define como el cociente entre la cantidad de energía que se obtiene (calor obtenido en el fluido caloportador) y la energía solar incidente en un periodo de tiempo determinado.



$$\eta_c = \frac{\int Q_u \cdot dt}{A \cdot \int I \cdot dt} \quad [7.1]$$

Siendo:

- Q_u : cantidad de energía entregada al fluido caloportador
- I : irradiancia sobre el colector
- A : área del colector

En el caso de un colector solar determinado y en la unidad de tiempo, se desarrolla la expresión anterior para estas condiciones concretas, cuya expresión será:

$$\eta_c = \frac{Q_u}{A \cdot I} \quad [7.2]$$

Desarrollando las expresiones Q_u e I en función de la temperatura del agua, la temperatura ambiente, la radiación recibida y los factores que determinan las pérdidas ópticas y térmicas, el rendimiento de un captador solar se expresa del siguiente modo:

$$\eta = F_R(\tau\alpha) - F_R U_L \cdot \frac{(T_e - T_{amb})}{I} \quad [7.3]$$

Siendo:

- η : rendimiento del captador
- $F_R(\tau\alpha)$: factor de eficiencia óptica
- $F_R U_L$: coeficiente global de pérdidas, también llamado U_o , (W/m^2K)
- T_e : Temperatura de entrada al captador (K)
- T_{amb} : Temperatura ambiente exterior (K)
- I : Irradiancia solar en el plano del captador (W/m^2)

El dato del rendimiento del colector es un dato facilitado por el fabricante. Además facilitará la gráfica del rendimiento de la cual se obtienen los parámetros fundamentales del captador $F_R(\tau\alpha)$ y $F_R U_L$.

- $F_R(\tau\alpha)$: indica el rendimiento del captador considerando solo el valor de las pérdidas ópticas.
- $F_R U_L$: define las pérdidas térmicas, que depende de la Temperatura de entrada del fluido al captador en (W/m^2K), y en los catálogos comerciales de los captadores se denomina como U_o .

De la ecuación del rendimiento se deduce inmediatamente que cuanto mayor sea el factor de eficiencia óptica de un captador y menor se coeficiente global de pérdidas, mejor será su rendimiento. **[2]**



2.3 Estructura soporte

Los captadores deben montarse sobre algún tipo de estructura base o soporte que permita fijar el panel a la estructura del edificio de manera segura, además de mantener la posición e inclinación marcada.

El apartado 3.3.2.3, Estructura soporte, de la Sección HE4, del DB HE del CTE, establece las condiciones generales que deben cumplir este tipo de estructuras:

1. Se aplicará a la estructura soporte las exigencias del Código Técnico de la Edificación en cuanto a seguridad.
2. El cálculo y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transferir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.
3. Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuadas, de forma que no se produzcan flexiones en el captador, superiores a las permitidas por el fabricante.
4. Los topes de sujeción de captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los captadores.
5. En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, la estructura y la estanqueidad entre captadores se ajustará a las exigencias indicadas en la parte correspondiente del Código Técnico de la Edificación y demás normativa de aplicación.

Estas condiciones generales se deben particularizar a la instalación proyectada, que admite diversas posibilidades de anclaje dependiendo de la forma de colocación elegida. La posición habitual de los captadores suele ser la cubierta del edificio por su mejor soleamiento debido a la ausencia de obstáculos, aunque también pueden situarse en zonas libres de la parcela. Podemos distinguir tres situaciones de implantación:

- Superficie o cubierta horizontal
- Superficie arquitectónica
- Integración arquitectónica

Instalación del campo de colectores sobre superficies horizontales

En el caso de instalaciones del campo de captadores sobre una superficie horizontal, es necesario construir una estructura auxiliar metálica anclada al resto de la estructura, o cimentada cuando se trata de superficie libre, sobre la que se montarán los captadores y parte del circuito hidráulico que le corresponda. Normalmente son estructuras trianguladas adaptadas a la inclinación de los captadores y muy a menudo son suministradas por la propia industria que construye éstos.

Aunque se trata de una estructura ligera y con escasas solicitaciones, es necesario realizar el correspondiente cálculo ya que hay que aplicar las exigencias del Código



Técnico de la Edificación en cuanto a seguridad, contenidas en el Documento Básico DB SE, Seguridad Estructural, y particularmente en el DB SE-A sobre acero.

La acción específica sobre esta estructura es la del viento, siendo las restantes bastante menores respecto a ella.

En las instalaciones en cubierta, realizadas frecuentemente en el periodo final del proceso constructivo, hay que tener cuidado para no perforar la cubierta y provocar puntos de rotura en la impermeabilización. Si no se han dejado esperas de conexión con la estructura general del edificio es preferible la construcción de muretes o bancadas de hormigón sobre los que se anclarán los soportes.

Es muy importante tener en cuenta el DB SE-A Seguridad Estructural Acero, que en su apartado 3, Durabilidad, establece que ha de prevenirse la corrosión del acero mediante una estrategia global que considere en forma jerárquica al edificio en su conjunto (situación, uso, etc.), la estructura (exposición, ventilación, etc.), los elementos (materiales, tipos de sección, etc.) y, especialmente, los detalles. Además, en el proyecto de edificación se indicarán las protecciones adecuadas a los materiales para evitar su corrosión, de acuerdo con las condiciones ambientales internas y externas del edificio. Aunque no le confiere carácter obligatorio, el mencionado apartado 3 del DB SE-A, indica que se podrá utilizar la norma UNE-ENV 1090-1:1997, para todas las especificaciones referentes a los métodos y productos de recubrimiento y protección de las superficies.

Superposición arquitectónica

En el apartado 2.1 de la Sección HE4, del DB HE del CTE, indica que se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal con el fin de favorecer la autolimpieza de los módulos.

La superposición es muy habitual en las cubiertas inclinadas, donde su instalación supone habitualmente que la inclinación de los captadores coincide con la de la cubierta, normalmente ya existente. Es muy habitual en viviendas unifamiliares y para su instalación se levanta una teja en las cuatro esquinas sobre las que se van a instalar los anclajes de sujeción.

Es importante a la hora de instalar las fijaciones el dejar totalmente estancas las perforaciones que se puedan hacer sobre el tejado de manera que posteriormente a la colocación no se produzcan filtraciones de agua de lluvia. Cada fabricante tiene sus propios sistemas de anclaje con sus correspondientes soluciones, que hay que seguir escrupulosamente.

Integración arquitectónica

La solución de integración arquitectónica se define en el apartado 2.1 de la Sección HE4, del DB HE del CTE, cuando los módulos cumplen una doble función energética y arquitectónica y, además, sustituyen elementos constructivos convencionales o son elementos constituyentes de la composición arquitectónica.

El apartado 2.1 indica también que una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.

Esta alternativa cuenta ya con diversas soluciones para integración en la cubierta inclinada, con una Imagen semejante a las claraboyas, e incluso alternando ventanas con captadores con una estética semejante de marcos, vierteaguas, etc.

Menos frecuente es la integración en elementos de cerramiento verticales, aunque es de suponer que será una solución cada vez más frecuente en edificios en altura faltos de superficie de cubierta, que quieran aprovechar además la reducción de aportación permitida en el párrafo 8 del apartado 2.1 de la Sección HE4.

En cuanto a las condiciones de durabilidad y protección a la corrosión, deben cumplirse las condiciones generales ya expuestas. **[2]**

Los captadores solares se montarán de forma que aprovechen al máximo la radiación solar, por lo que se orientarán hacia el sur geográfico (ya que estamos en el hemisferio norte) y la inclinación será la del tejado $34,7^\circ$ que se aproxima a la del lugar de la instalación Madrid



Imagen 7.4: Esquema orientación paneles

Las estructuras para los captadores se han diseñado de forma modular para facilitar su transporte. Fabricadas en acero y galvanizadas en caliente están dotadas de una resistencia a la corrosión que las hacen aptas para cualquier tipo de ambiente. Este tipo de estructura está disponible tanto para cubiertas planas como para cubiertas inclinadas para la realización de instalaciones superpuestas en las cubiertas tejadas.

Para la instalación de los paneles se usaran los anclajes facilitados por el fabricante CHROMAGEN para cubiertas inclinadas. Los soportes con sus detalles se pueden observar en el Anexo de planos.

2.4 Conexión de captadores

En la práctica los colectores no se instalan por separado, si no que se agrupan formando baterías reduciendo de esta forma el número de accesorios a utilizar por colector, con el consiguiente abaratamiento de la obra.

El acoplamiento entre baterías puede ser en serie o en paralelo:

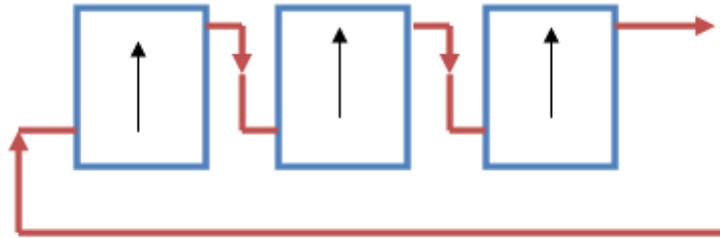


Imagen 7.4: Esquema Acoplamiento en serie de captadores

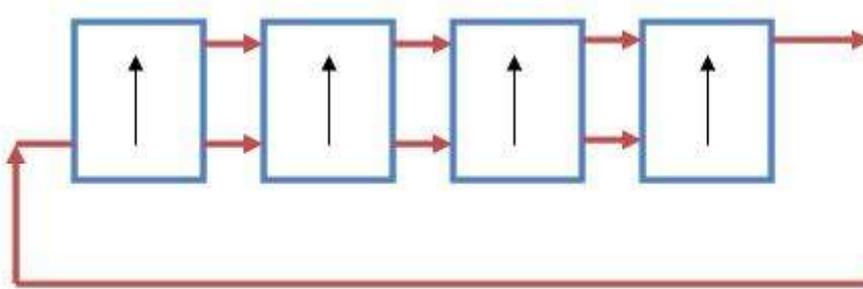


Imagen 7.5: Esquema Acoplamiento en paralelo de captadores

La diferencia fundamental entre ambos tipos de conexión es la temperatura que se obtiene a la salida de la batería (mayor en serie) y el caudal que es calentado a esa temperatura (mayor en paralelo).

El número de captadores que se pueden colocar en paralelo, tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante, recomendándose no superar las 8 unidades.

El número de captadores conexiónados en serie pertenecientes a una misma batería no será superior a tres, y el número de baterías conectadas e serie no podrá ser mayor que de dos. **[3]**

El fabricante CHROMAGEN ofrece baterías de 2, 3, 4 y 5 captadores.

Los cálculos realizados, como hemos visto anteriormente, datan de la necesidad de 72 paneles.

El tejado del edificio tiene una inclinación de $34,7^\circ$ que utilizaremos para la colocación de los captadores.

Al ser un edificio de grandes dimensiones, vamos a dividir la instalación en dos, haciendo toda la instalación de forma simétrica. Es decir, colocaremos 36 paneles en cada una de las instalaciones y dimensionaremos a partir de ahora para dos instalaciones.

2.5 Determinación de sombras

La distancia d , medida sobre la horizontal, entre una fila de captadores y un obstáculo de altura h , que pueda producir sombra sobre la instalación será igual o superior al valor obtenido por la siguiente expresión:

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - \text{latitud})} \quad [7.4]$$

Siendo:

- D = separación entre filas
- H = altura del obstáculo o diferencia de altura entre la parte alta de una fila de captadores y la parte baja de la siguiente.

El RITE, en la ITE 10.3.1 establece que la distancia entre la primera fila de captadores y los obstáculos (de altura h) que puedan producir sombras sobre las superficies captadoras será mayor que el valor obtenido mediante esta expresión:

$$d = 1,732 \cdot h \quad [7.5]$$

En el tejado de la vivienda multifamiliar que estudiamos en este proyecto, como obstáculos, tenemos seis chimeneas que producen sombras, como podemos observar en la Imagen 7.6:



Imagen 7.6: Alzado edificio con situación de chimeneas

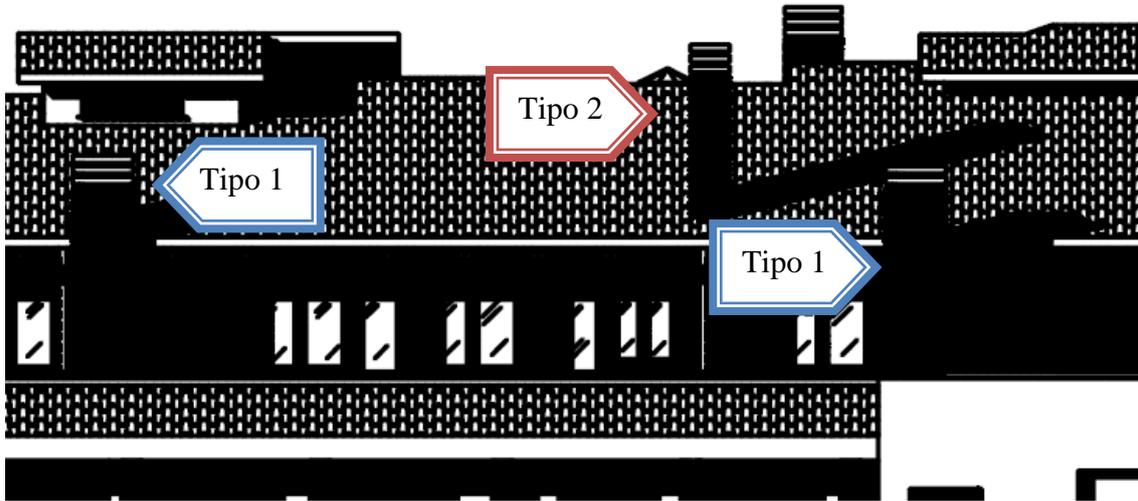


Imagen 7.7: Detalle chimeneas del tejado

En resumen tenemos cuatro chimeneas (tipo 1) con una altura que produzca sombra de 1,1427 metros en primera fila de colectores. Y otras 2 de altura 2,4362 metros situadas en el tejado.

Por tanto para las chimeneas (tipo 1) de 1,1427 metros, la distancia debe ser de:

$$d = 1,732 \cdot 1,1427 = 1,979 \text{ m} \quad [7.6]$$

Y para las chimeneas (tipo 2) de 2,4362 metros, la distancia debe ser:

$$d = 1,732 \cdot 2,4362 = 2,8569 \text{ m} \quad [7.7]$$

En el anexo de planos, se puede comprobar cómo sea tenido en cuenta estas dimensiones no colocando colectores en estas zonas de sombras. No superando los valores permitidos de pérdidas que establece el CTE en la tabla 2.4. [3]

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

Imagen 7.8: Tabla 2.4 Pérdidas límites (fuente: CTE)

2.6 Fluido de trabajo

El fluido de trabajo en el circuito primario tiene por función absorber la energía que recibe el captador para cederla posteriormente al acumulador.

Los fluidos utilizados para esta función deben:



- Ser resistentes a las temperaturas de trabajo
- Tener un calor específico elevado y una buena conductividad térmica, para realizar de manera eficaz el transporte y la transferencia de calor.
- Tener baja viscosidad, para evitar pérdidas de carga excesivas.
- No ser tóxicos
- Tener un coste bajo

El agua es un fluido excelente para este uso, con la salvedad de su alta heladicidad (es decir, opone poca resistencia a la helada), por lo que se utilizan mezclas de agua con anticongelantes, con el inconveniente de la posible toxicidad de estos últimos, siendo una cuestión en continua investigación para conseguir nuevos productos no contaminantes.

Las condiciones del fluido de trabajo se regulan en el apartado 3.2.2.1 de la Sección HE4, del DB HE del CTE, de la siguiente forma:

1. El fluido portador se seleccionará de acuerdo con las especificaciones del fabricante de los captadores. Pueden utilizarse como fluidos en el circuito primario agua de la red, agua desmineralizada o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar de instalación y de la calidad del agua empleada. En caso de utilización de otros fluidos térmicos se incluirán en el proyecto su composición y su calor específico.
2. El fluido de trabajo tendrá un pH a 20 °C entre 5 y 9, y un contenido en sales que se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:
 - a) 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 tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
 - b) el contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l, expresados como contenido en carbonato cálcico;
 - c) el límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.
3. Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

No hay que olvidar tampoco que la Sección HE4, del DB HE del CTE, regula en su apartado 3.2.2.2 Protección contra las heladas, que la instalación estará protegida con un producto químico no tóxico cuyo calor específico será superior o igual a 3 KJ/kg K, en 5 °C por debajo de la mínima histórica registrada con objeto de no producir daños en el circuito primario de captadores por heladas. Adicionalmente este producto químico mantendrá todas sus propiedades físicas y químicas dentro de los intervalos mínimo y máximo de temperatura permitida por todos los componentes y materiales de la instalación.

El anticongelante más utilizado actualmente es el glicol, o sus derivados etilenglicol y propilenglicol. Estos anticongelantes producen un aumento de la viscosidad del fluido, un menor calor específico de la mezcla respecto al agua y resultan contaminantes para el agua en caso de vertido a la red, aunque no se consideran tóxicos para los alimentos. El glicol es además combustible, por lo que su manipulación puede presentar riesgos, y tiene mayor penetración en los capilares



que el agua, con la consiguiente dificultad para asegurar la estanqueidad del circuito. Por todo ello es conveniente disponer de depósitos de vaciado para recuperar el fluido si es necesario realizar alguna reparación.

La situación habitual de la edificación conduce a la utilización de mezclas con anticongelantes, con las debidas precauciones, siendo especialmente importante para el rendimiento de la instalación seguir las especificaciones del fabricante.

Se han estudiado diversas alternativas para el uso del agua sin aditivos, evitando las heladas. El método que parece más sencillo es recircular el agua, de forma que gane calor del depósito de acumulación y no baje en ningún momento de 3 °C, valor que se considera el mínimo para evitar este riesgo. El inconveniente es el consumo de energía, por lo que sólo es aconsejable en climas templados con escaso riesgo de heladas. Además, como se requiere energía eléctrica para la circulación del fluido, existe el riesgo de deterioro si falla el suministro.

Otro sistema muy sencillo es el vaciado automático de la instalación si existe riesgo de heladas. Son los llamados sistemas "drain-back", utilizados usualmente en instalaciones de pequeño tamaño, debido al elevado volumen vertido en otros casos. Siempre puede concebirse algún sistema alternativo, sobre todo si se dispone de alguna fuente de energía residual, situación regulada por el punto 4 del apartado 3.2.2.2 de la Sección HE4. **[2]**

El fluido caloportador para la protección contra heladas, elegido para la instalación es Ethylene Glycol.

En apartados anteriores ya hemos expuesto todas sus propiedades y las tablas de las cuales las hemos obtenido. Por lo que en este apartado solo recordaremos sus propiedades:

Fluido caloportador: Ethylene Glycol	
Densidad	1025 kg/m ³
Calor específico	3900 J/kgK
Viscosidad dinámica	0,0012589 Pa·s
Prandtl	7,9432 [-]
Conductividad térmica	0,54 W/mK

Tabla 7.1: Resumen datos obtenidos

2.7 Tuberías

Todos los componentes de la instalación se encuentran unidos mediante las tuberías, que son el elemento lineal hueco, abierto por sus extremos, que realiza el transporte de los fluidos, configurando el circuito hidráulico.

En nuestra instalación solar térmica existirán al menos dos circuitos hidráulicos, el primario, del que forman parte los captadores y el intercambiador de calor, en el cual el fluido recoge la energía solar y la transmite al depósito de acumulación, y el secundario en el que se recoge la energía transferida desde el circuito primario



hasta el sistema de energía convencional auxiliar. Existirá también el circuito de consumo, por el que circula el agua de consumo, que coincide con el secundario.

Materiales

Los materiales de las tuberías los dicta el Código técnico ya que en el apartado 3.4.5, de la Sección HE4, del DB HE, establece en su punto primero que en el circuito primario podrán utilizarse tuberías de cobre y de acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosivo.

En el punto segundo del mismo apartado 3.4.5, se establece que en el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria, podrán utilizarse tuberías de cobre y de acero inoxidable. Podrán utilizarse también para las tuberías materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito y cuya utilización esté autorizada por las compañías de suministro de agua potable.

También tendremos en cuenta la restricción que hace en el apartado 3.2., de la Sección HE4, pues dice que ya que si la instalación debe permitir que el agua alcance una temperatura de 60 °C, no se admitirá la existencia de componentes de acero galvanizado.

Por todo esto, se ha decidido utilizar tuberías de cobre, ya que se pueden soldar fácilmente, tienen gran resistencia a la corrosión, son altamente dúctiles y maleables, por lo que tienen pocas incrustaciones y baja pérdida de carga. Además es el material más habitual para este tipo de instalaciones. **[2]**

Dimensionado

El dimensionado de las tuberías del circuito primario se realiza del mismo modo que cualquier circuito hidráulico, siguiendo las leyes de la dinámica de fluidos en tubos con sección constante.

Para el diseño de los tramos hay que conseguir evitar las pérdidas térmicas para ello lo mejor es que la longitud de los tramos sea corta y evitar al máximo los codos.

En los tramos horizontales consideramos una pendiente mínima del 1 % tal y como se expresa en el apartado 3.3.5.2 de la Sección HE4.

Las tres variables del cálculo de una tubería son el caudal del tramo, la pérdida de carga por rozamiento y la altura piezométrico o presión en el conducto. En los circuitos de ACS podemos considerar esta presión igual a cero, debiendo la bomba de circulación proporcionar la que necesitemos para el movimiento del fluido.

La ecuación de continuidad que establece la relación ente el caudal Q , la velocidad v y la sección S :

$$Q = v \cdot S = v \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad [7.7]$$



Siendo:

- Q , el caudal (m^3/s)
- V , velocidad del fluido (m/s)
- D , diámetro interior de la tubería (m)

La velocidad la fijaremos de acuerdo a lo establecido en la Sección HE4 del CTE, en el que se recomienda:

- En derivaciones interiores, no superar 1 m/s
- En acometidas y distribuidores, hasta 1,5 m/s
- En exterior y cámaras de instalaciones, hasta 2,5 m/s

También en el apartado 4.2.1 del HS4 limita la velocidad en las instalaciones de suministro en el interior d edificios para tuberías metálicas entre 0,50 m/s y 2,00 m/s .

Por tano teniendo en cuenta estos valores de velocidad y sabiendo el caudal facilitado por el fabricante obtenemos la sección de la tubería. **[2]**

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}} \quad [7.8]$$

1. Dimensionado tubería principal

El caudal para el circuito primario lo calculamos teniendo en cuenta que el caudal que circula por la tubería que llega hasta el cuarto de calderas situado en el sótano -1, será igual al caudal total que circula por todos los colectores, por tanto:

$$Q = Q_{captador} \cdot A \cdot N \quad [7.9]$$

Siendo:

- Q el caudal total del circuito primario (l/h)
- $Q_{captador}$ el caudal unitario del captador ($l/h \cdot m^2$) facilitado por el fabricante ($45 l/h \cdot m^2$).
- A el área del colector (m^2)
- N nº de captadores que en nuestro caso es 36.

Por tanto

$$Q = Q_{captador} \cdot A \cdot N = 45 \left(\frac{l}{h \cdot m^2} \right) \cdot 2,75 m^2 \cdot 36 = 4455 l/h \quad [7.10]$$

Teniendo en cuenta este caudal y considerando una velocidad de 1 m/s , obtenemos un diámetro:



$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,2375 \cdot 10^{-3} \left(\frac{m^3}{s}\right)}{1\left(\frac{m}{s}\right) \cdot \pi}} = 39,69 \text{ mm} \approx 42 \text{ mm} \quad [7.11]$$

Teniendo en cuenta la tabla de la norma UNE-EN 1057:1996 (imagen 7.9) en la que se definen los diámetros y espesores nominales recomendados para los tubos de cobre:

TUBERIAS NORMALIZADAS DE COBRE SEGUN UNE-EN 1.057												
D. EXT. (mm)	ESPESOR DE PARED NOMINAL (mm)											
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
6	5	4,8		4,4		4						
8	7	6,8		6,4		6						
10	9	8,8	8,6	8,4		8						
12	11	10,8	10,6	10,4		10						
14			12,6	12,4		12						
15	14		13,6	13,4		13		12,6	12			
16				14,4		14		13,6				
18		16,8		16,4		16		15,6	15			
22		20,8		20,4	20,2	20	19,8	19,6	19			
25						23		22,6	22			
28		26,8		26,4	26,2	26		25,6	25			
35			33,6	33,4		33	32,8	32,6	32	31		
40						38	37,8					
42				40,4		40		39,6	39	38		
54				52,4	52,2	52		51,6	51	50		
64									61	60	59	
66,7						64,7		64,3	63,7	62,7	61,7	
70										66	65	
76,1								73,7	73,1	72,1	71,1	
80						78					76	
88,9										84,9	83,9	82,9
108								105,6	105	104	103	102
133									130	129		127
159									156	155		153
219												213
267												261

EN NEGRILLA: DIMENSIONES EUROPEAS RECOMENDADAS.
NORMAL: OTRAS DIMENSIONES EUROPEAS.

Imagen 7.9: Tabla tuberías de Cobre según Norma UNE-EN 1057 (fuente: Ingenieros Consultores S.L.)

Por tanto el diámetro exterior será de 42 mm, el diámetro interior 40 mm y espesor 2 mm. Elegimos este diámetro ya que es más comercial.

En la imagen 7.10 se muestran los diámetros normalizados y sus correspondencias en pulgadas [13]:

Comparación de tuberías Diámetros Interiores en mm						
DENOMINACION PULGADAS	ACERO UNE 19.040		COBRE UNE-EN 1.057		POLIETILENO UNE 53.333	
	Denominación	Diámetro Interior	Denominación	Diámetro Interior	Denominación	Diámetro Interior
1/8	DN 6	6.2	8 x 1 mm	6.0		
1/4	DN 8	8.9	10 x 1 mm	8.0		
			12 x 1 mm	10.0		
3/8	DN 10	12.6	15 x 1 mm	13.0		
1/2	DN 15	16.1	18 x 1 mm	16.0	PE 20	16.0
3/4	DN 20	21.7	22 x 1 mm	20.0	PE 25	20.4
1	DN 25	27.3	28 x 1 mm	26.0	PE 32	26.0
1-1/4	DN 32	36.0	35 x 1 mm	33.0	PE 40	32.6
1-1/2	DN 40	41.9	42 x 1 mm	40.0	PE 50	40.8
			54 x 1.5 mm	51.0	PE 63	51.4
			64 x 2 mm	60.0	PE 75	61.4
2-1/2	DN 65	68.9			PE 90	73.6
3	DN 80	80.9			PE 110	90.0
					PE 125	102.2
4	DN 100	105.3			PE 140	114.6
5	DN 125	129.7			PE 160	130.8
					PE 180	147.2
6	DN 150	155.1			PE 200	163.6

Imagen 7.10: Comparación de tuberías (fuente: Ingenieros Consultores S.L.)

El modelo de tubería utilizado es el 172006 del grupo DISA (Distribución INGUSA): Tubo de cobre rígido 1 1/2 " tipo m.



Imagen 7.11: Tuberías de Cobre (fuente: DISA)



La longitud de esta tubería será de 40 m, ya que irá desde la azotea por patinillo hasta el cuarto de la caldera situado en el sótano -1.

Considerando que cada planta tienen una altura de 3 m y 4 el sótano -2, más las distancias horizontales necesarias, incluyendo algún metro más para no quedarnos cortos.

Por tanto serán necesarias 4 tuberías de 40 m, dos para la instalación 1 (una de subida de agua de red y otra de bajada del agua calentada en los captadores) y otras dos para la instalación 2.

2. Dimensionado tuberías azotea

En la azotea tendremos que dimensionar todas las tuberías que van recogiendo el agua de los colectores hasta desembocar en la tubería principal.

Como puede observarse en el anexo de planos, los colectores están situados en baterías de 5, 4 y 2 colectores, que proporciona el fabricante.

Conectaremos en paralelo las 8 baterías, formando 4 conexiones del siguiente modo:

- Primera conexión:

Agrupamos a las baterías de 2 y 5 captadores. Por lo que el caudal que circula por esta tubería será igual a:

$$Q = Q_{captador} \cdot A \cdot N = 45 \left(\frac{l}{h \cdot m^2} \right) \cdot 2,75 m^2 \cdot 7 = 866,25 l/h \quad [7.11]$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,40625 \cdot 10^{-4} \left(\frac{m^3}{s} \right)}{1 \left(\frac{m}{s} \right) \cdot \pi}} = 17,5 mm \approx 18 mm \quad [7.12]$$

La primera conexión tendrá una longitud de 60 m

- Segunda conexión y tercera conexión:

Agrupamos 2 baterías de 5 captadores cada una:

$$Q = Q_{captador} \cdot A \cdot N = 45 \left(\frac{l}{h \cdot m^2} \right) \cdot 2,75 m^2 \cdot 10 = 1237,5 l/h \quad [7.13]$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,4375 \cdot 10^{-4} \left(\frac{m^3}{s} \right)}{1 \left(\frac{m}{s} \right) \cdot \pi}} = 20,92 mm \approx 22 mm \quad [7.14]$$

La segunda conexión tendrá una longitud de 50 m

La tercera conexión tendrá una longitud de 35 m

- Cuarta conexión:

Agrupar las baterías de 4 y 5 captadores:

$$Q = Q_{\text{captador}} \cdot A \cdot N = 45 \left(\frac{l}{h \cdot m^2} \right) \cdot 2,75 m^2 \cdot 9 = 1113,75 l/h \quad [7.15]$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,09375 \cdot 10^{-4} \left(\frac{m^3}{s} \right)}{1 \left(\frac{m}{s} \right) \cdot \pi}} = 19,84 mm \approx 22 mm \quad [7.16]$$

La cuarta conexión tendrá una longitud de 40 m

Por tanto para el conexionado de colectores a la red de tuberías principal usaremos tuberías de 22 mm que corresponden con el diámetro de los tubos colectores de los paneles, y necesitaremos 185 m.

El modelo de tubería utilizado es el 170546 del grupo DISA (Distribución INGUSA):
Tubo de cobre rígido 3/4 " tipo m.



Imagen 7.12: Tuberías de Cobre (fuente: DISA)

2.8. Pérdidas en tuberías.

Del mismo modo que resolvimos el circuito primario y secundario teniendo en cuenta las pérdidas en el colector, vamos a realizar los cálculos teniendo en cuenta las pérdidas que se producen en las tuberías exteriores ya que las pérdidas de temperatura de las tuberías distribuidas por el interior del edificio se considerarán despreciables.

Por tanto calcularemos las pérdidas en los tramos de las tuberías que circulan por el exterior del edificio, que son las tuberías exteriores que unen los colectores solares con el intercambiador de calor situado en el interior del edificio.

Tendremos pues, dos ecuaciones nuevas para los tramos de ida y vuelta de tubería de los colectores al intercambiador y por lo tanto dos incógnitas más, referidas al cambio en las temperaturas del fluido caloportador a la entrada y salida del intercambiador debido a esa pérdida de temperatura.

El esquema de la instalación, quedará por tanto así:

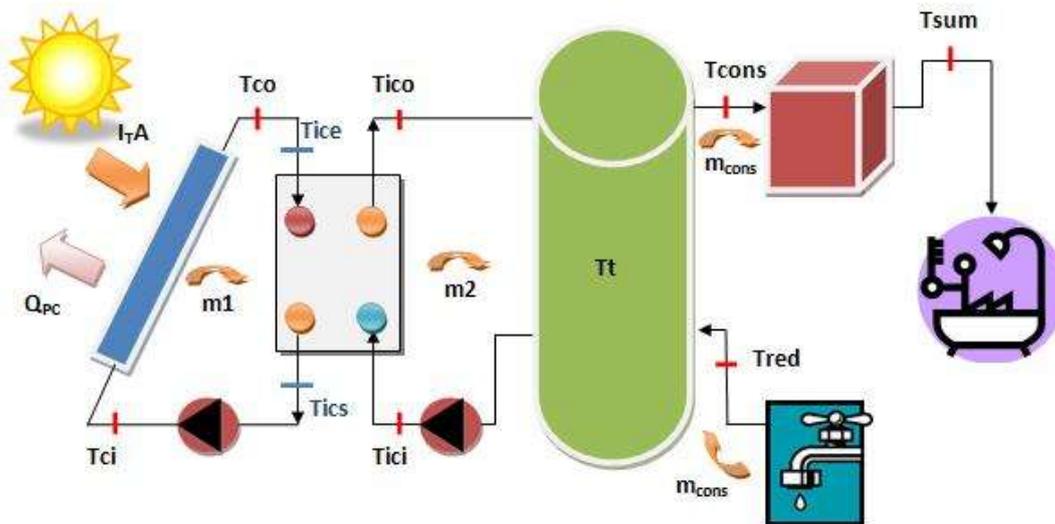


Imagen 7.13: Esquema de la instalación

Siendo T_{ice} y T_{ics} , las dos nuevas incógnitas y que corresponden a la Temperatura de entrada y salida del intercambiador de calor teniendo en cuenta las pérdidas sufridas en las tuberías.

A continuación se muestra el esquema de las tuberías:

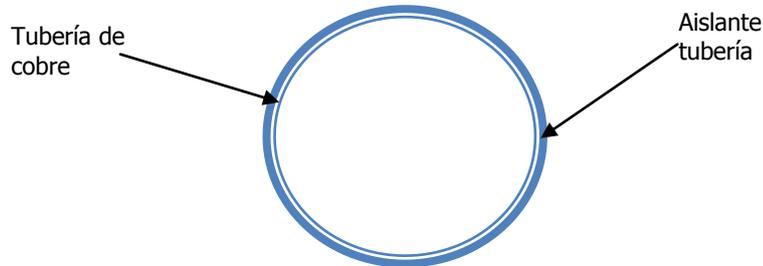


Imagen 7.14: Esquema tubería

Como hemos dicho anteriormente, vamos a tener en cuenta las pérdidas de temperatura generadas en las tuberías que unen los colectores con el intercambiador. Se consideran despreciables las pérdidas en los tramos de tubo que circulan por el interior del edificio, de modo que nuestros tramos de tubería a analizar tendrán una longitud de 185 m, que es el recorrido de tubo que tenemos por el exterior.

Resistencia de convección del fluido caloportador

Resumen de datos:

Fluido caloportador: Ethylen Glycol	
Densidad	1025 kg/m ³
Calor específico	3900 J/kgK
Viscosidad dinámica	0,0012589 Pa·s
Prandtl	7,9432 [-]
Conductividad térmica	0,54 W/mK

Tabla 7.2: Propiedades fluido caloportador

La resistencia del fluido caloportador es de convección interna y se usarán las ecuaciones siguientes:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_i}{\mu} \quad [7.17]$$



$$h = \frac{Nu \cdot k}{D_i} \quad [7.18]$$

$$R_{conv \text{ fluido}} = \frac{1}{h \cdot A_{tuberia}} \quad [7.19]$$

Siendo:

- h: Coeficiente de convección interior $[W/m^2 \cdot K]$
- A: Área de la tubería, $A = 23,24778 \text{ m}^2$
- k: Conductividad térmica del fluido caloportador y cuyo valor: $k_{\text{fluido}} = 0,54 \text{ W/m} \cdot K$
- ρ : Densidad del fluido que es igual a $\rho_{\text{fluido}} = 1025 \text{ kg/m}^3$
- v: Velocidad del fluido en $[m/s]$ dato obtenido en párrafos posteriores
- Pr: Es el número de Prandtl y cuyo valor $Pr_{\text{fluido}} = 7,9432 [-]$
- μ : Viscosidad dinámica del fluido con un valor estimado en: $\mu_{\text{fluido}} = 0,0012589 \text{ (Pa} \cdot \text{s)}$

Para el cálculo del número de Nusselt, utilizaremos la ecuación de Dittus-Boelter:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr^{0.4} \quad [7.20]$$

El único dato que nos falta es la velocidad del fluido caloportador, lo haremos a partir del caudal recomendado por el fabricante que es $45 \text{ l/h} \cdot \text{m}^2$.

El área de la tubería será:

$$A = 2 \cdot \pi \cdot R_i \cdot L_{tuberias} \quad [7.21]$$

Siendo:

- R: el radio interior será igual a 10 mm
- L: longitud de la tubería son 185 m

Por lo tanto:

$$A_{tubos} = 2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 185 \text{ m} = 11,6238 \text{ m}^2 \quad [7.22]$$

Y como:

$$Q = \frac{45 \text{ l}}{h \cdot \text{m}^2} \cdot \frac{10^{-3} \text{ m}^3/\text{l}}{3600 \text{ s/h}} = 1,25 \cdot \frac{10^{-5} \text{ m}^3}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \quad [7.23]$$



La velocidad será:

$$v = 1,25 \cdot \frac{10^{-5} m^3}{s \cdot 11,6238 m^2} = 1,0753 \cdot 10^{-6} m/s \quad [7.24]$$

A continuación se muestran los datos obtenidos para la Resistencia del fluido caloportador:

velocidad	Q (l/h*m ²)	Reynolds	Nutssel	h (W/m ² *K)	Rfluido (K/W)
1,07538E-06	45	0,00561856	0,0014502	0,03480481	2,47179611

Tabla 7.3: Resistencia fluido caloportador

Resistencia de conducción de la tubería

Para el cálculo de la resistencia de conducción utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_{cond_tub} = \frac{\ln\left(\frac{Re}{Ri}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k_{cobre} \cdot L_{tuberia}} = \frac{\ln\left(\frac{11 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 385 \cdot 185} = 2,129 \cdot 10^{-7} K/W \quad [7.25]$$

Resistencia de conducción del aislante

Para el cálculo de esta resistencia se tendrá en cuenta la siguiente expresión:

$$R_{cond_aislant} = \frac{\ln\left(\frac{Re}{Ri}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k_{aislante} \cdot L_{tuberia}} = \frac{\ln\left(\frac{41 \cdot 10^{-3}}{22 \cdot 10^{-3}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 0,039 \cdot 185} = 0,01373 K/W \quad [7.26]$$

En el apartado 2.11. aislamiento térmico, hemos calculado el espesor mínimo 16,23 mm y se ha decidido utilizar coquilla de 19 mm cuya conductividad térmica a 0 °C es de 0,035W/m·K y a 40 °C es de 0,039 W/m·K



Resistencia de convección exterior en el aislante

Para calcular la resistencia de convección del aire exterior tendremos que utilizar una de las correlaciones del Nusselt.

Para ello necesitamos calcular primero, el Reynolds de cada mes en función de la velocidad media del aire que es un dato sacado de METEORED y ver como es el flujo.

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_{ext}}{\mu} \quad [7.26]$$

Obteniendo los siguientes valores:

Mes	Reynolds
Enero	6,83E+03
Febrero	1,04E+04
Marzo	1,25E+04
Abril	9,45E+03
Mayo	9,94E+03
Junio	8,85E+03
Julio	8,49E+03
Agosto	1,01E+04
Septiembre	6,72E+03
Octubre	5,32E+03
Noviembre	5,33E+03
Diciembre	5,30E+03

Tabla 7.4: Datos Reynolds

Como los valores están comprendidos en este rango de valores: $2500 < Re < 1,24 \cdot 10^5$. El flujo es turbulento y utilizaremos la siguiente correlación del Nusselt:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr^{0,3} \quad [7.27]$$

Así podremos calcular el coeficiente de convección exterior:

$$h_{convE} = \frac{Nu \cdot k_{aislante}}{L_{tuberia}} \quad [7.28]$$



y por último obtener el valor de la resistencia de convección.

$$R_{convE} = \frac{1}{h \cdot A_{aislante}} \quad [7.29]$$

Siendo:

- h: Coeficiente de convección exterior [W/m²·K]
- A: Área del aislante con un valor de A = 23,8289 m²
 - $A_{aislante} = 2 \cdot \pi \cdot R_{ext} \cdot L_{tubería} = 2 \cdot \pi \cdot 20,5 \cdot 10^{-3} \cdot 185 = 23,8289 \text{ m}^2$
- k: Conductividad térmica del aire y cuyo valor estimamos en: k_{aire}= 0,024 W/m·K
- ρ: Densidad del aire que es igual a ρ_{aire}= 1,184 kg/m³
- v: Velocidad del aire en [m/s] dato obtenido de METEORED
- Pr: Es el número de Prandtl y cuyo valor Pr_{aire}=0,76 [-]
- μ: Viscosidad dinámica del aire con un valor estimado en: μ_{aire}=1,82·10⁻⁵ (Pa/m²)

Los datos obtenidos se muestran en la tabla 7.5:

Mes	velocidad aire (m/s)	Reynolds	Nusselt cristal	h convE (W/m ² ·K)	R convE (K/W)
Enero	2,561111111	6,83E+03	24,7494748	0,00521746	8,04335320
Febrero	3,91388889	1,04E+04	34,7464184	0,00732492	5,72918811
Marzo	4,67222222	1,25E+04	40,0352038	0,00843985	4,97234305
Abril	3,54166667	9,45E+03	32,0766790	0,00676211	6,20602797
Mayo	3,72500000	9,94E+03	33,3982931	0,00704072	5,96044733
Junio	3,31944444	8,85E+03	30,4561901	0,00642049	6,53623341
Julio	3,18333333	8,49E+03	29,4529598	0,00620900	6,75887139
Agosto	3,78888889	1,01E+04	33,8557739	0,00713716	5,87990596
Septiembre	2,51944444	6,72E+03	24,4268283	0,00514944	8,14959538
Octubre	1,99444444	5,32E+03	20,2619298	0,00427143	9,82476839
Noviembre	1,99722222	5,33E+03	20,2845026	0,00427619	9,81383528
Diciembre	1,98888889	5,30E+03	20,2167652	0,00426191	9,84671706

Tabla 7.5: Resistencia de convección exterior en el aislante

2.9. Coeficiente de transferencia de calor:

Incorporamos el concepto de coeficiente global de transferencia de calor, U, el cual se relaciona con el calor mediante la siguiente ecuación:

$$Q = UA \cdot \Delta T_{total} \quad [7.30]$$



Donde U es el Coeficiente global de transferencia de calor, $U = [W / m^2 K]$ y que se obtiene al reducir todas las resistencias a una sola resistencia total, la cual se relaciona con, U , a través de:

$$R_{total} = \frac{1}{UA} \quad [7.31]$$

Por lo que lo primero que hallaremos será R_{total} y que será igual:

$$\sum_{i=1}^{i=4} R_i = R_{fluido} + R_{cond_tub} + R_{cond_aislant} + R_{convE} \quad [7.32]$$

Como la R_{convE} es distinta para cada mes, mostramos los valores obtenidos en la siguiente tabla:

Mes	Rfluido (K/W)	Rcond_tub (K/W)	Rcond_aislant (K/W)	R convE (K/W)	Rtotal (K/W)	U (W/K)
Enero	2,47179611	2,13E-07	0,01373	8,0433532	1,05E+01	9,50E-02
Febrero	2,47179611	2,13E-07	0,01373	5,72918811	8,21E+00	1,22E-01
Marzo	2,47179611	2,13E-07	0,01373	4,97234305	7,46E+00	1,34E-01
Abril	2,47179611	2,13E-07	0,01373	6,20602797	8,69E+00	1,15E-01
Mayo	2,47179611	2,13E-07	0,01373	5,96044733	8,45E+00	1,18E-01
Junio	2,47179611	2,13E-07	0,01373	6,53623341	9,02E+00	1,11E-01
Julio	2,47179611	2,13E-07	0,01373	6,75887139	9,24E+00	1,08E-01
Agosto	2,47179611	2,13E-07	0,01373	5,87990596	8,37E+00	1,20E-01
Septiembre	2,47179611	2,13E-07	0,01373	8,14959538	1,06E+01	9,40E-02
Octubre	2,47179611	2,13E-07	0,01373	9,82476839	1,23E+01	8,12E-02
Noviembre	2,47179611	2,13E-07	0,01373	9,81383528	1,23E+01	8,13E-02
Diciembre	2,47179611	2,13E-07	0,01373	9,84671706	1,23E+01	8,11E-02

Tabla 7.6: Resumen de datos. Resistencias. Coeficiente global de transferencia de calor

2.10. Resolución del sistema de ecuaciones

Utilizaremos las ecuaciones que usamos en la resolución del sistema para calcular la contribución solar mínima, teniendo en cuenta como ya hemos explicado las dos nuevas variables en el intercambiador de calor y por tanto tendremos dos ecuaciones más para poder calcular las incógnitas.

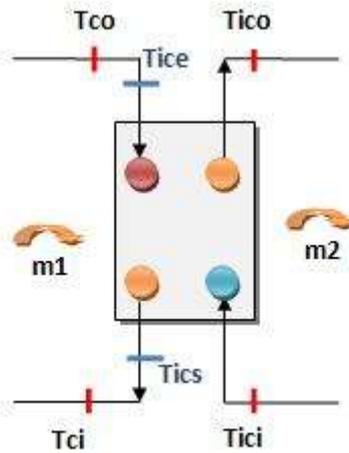


Imagen 7.15: Balance en el intercambiador de calor

Las ecuaciones utilizadas son:

1 Balance de energía en los colectores solares

$$\frac{dE_c}{dt} = I_T \cdot a_0 \cdot A - \dot{Q}_{pc} - \dot{m}_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ci}) \quad [7.33]$$

2 Balance de energía en el intercambiador de calor

$$\dot{m}_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{ice} - T_{ics}) = \dot{m}_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici}) \quad [7.34]$$

3 Eficiencia en el intercambiador

$$\varepsilon_{IC} = \frac{\dot{m}_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici})}{C_{min} \cdot (T_{ice} - T_{ici})} \quad [7.35]$$

4 Contribución solar mínima actual

$$f = \frac{(T_{cons} - T_{red})}{(T_{sum} - T_{red})} \quad [7.36]$$

5 Balance de energía en el tanque

$$\dot{m}_2 \cdot C_{p2} \cdot (T_{ico} - T_{ici}) = \dot{m}_{cons} \cdot C_{pcons} \cdot (T_{cons} - T_{red}) \quad [7.37]$$



6 y 7 Grado de estratificación del tanque

$$T_t = \frac{T_{ico} \cdot \dot{m}_2 + T_{red} \cdot \dot{m}_{cons}}{\dot{m}_2 + \dot{m}_{cons}} \quad [7.38]$$

$$E_t = \frac{T_{cons} - T_t}{T_{ico} - T_t} \quad [7.39]$$

8 Calor perdido en el tramo de ida

$$\dot{m}_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{ics} - T_{ci}) = (U \cdot A)_{ida} \cdot \frac{(T_{ics} - T_{amb}) - (T_{ci} - T_{amb})}{\ln\left(\frac{T_{ics} - T_{amb}}{T_{ci} - T_{amb}}\right)} \quad [7.40]$$

9 Calor perdido en el tramo de vuelta

$$\dot{m}_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{co} - T_{ice}) = (U \cdot A)_{vuelta} \cdot \frac{(T_{co} - T_{amb}) - (T_{ice} - T_{amb})}{\ln\left(\frac{T_{co} - T_{amb}}{T_{ice} - T_{amb}}\right)} \quad [7.41]$$

Los datos de partida conocidos son:

- Radiación sobre el plano horizontal
- Resistencias térmicas del colector
- Eficiencia intercambiador calor (ϵ_{IC})
- Caudal consumo (\dot{m}_{cons})
- Temperatura de la red (T_{red})
- Temperatura ambiente (T_0)
- Densidad de los fluidos ($\rho_{agua-ethylene\ glicol}$, ρ_{agua})
- Calor específico de los fluidos ($C_{p_{agua-ethylene\ glicol}}$, $C_{p_{agua}}$)
- Temperatura de suministro (T_{sum})
- Área de captadores (A)

A continuación mostramos los datos que ya utilizamos en otros apartados:



Mes	I(w/m ²)	Eficiencia IC ε _{ic}	Caudal de consumo m _{cons} (kg/s)	T _{sum} (K)	T _{red} (K)	T _{amb} (K)	Q _p (K)	a ₀
Enero	318,296528	0,7	0,71716181	333	279	279	275,564865	0,808
Febrero	418,37284	0,7	0,62032531	333	280	281	337,488955	0,808
Marzo	491,111111	0,7	0,58888025	333	282	284	372,411781	0,808
Abril	583,019883	0,7	0,5903848	333	284	286	331,769298	0,808
Mayo	599,988889	0,7	0,56330292	333	285	291	349,068481	0,808
Junio	654,01462	0,7	0,5470538	333	286	296	340,818365	0,808
Julio	746,397661	0,7	0,48747368	333	287	301	343,914937	0,808
Agosto	723,529825	0,7	0,42518538	333	286	299	367,545093	0,808
Septiembre	597,627485	0,7	0,49018187	333	285	294	298,549284	0,808
Octubre	481,403704	0,7	0,53742469	333	284	288	260,681633	0,808
Noviembre	339,722222	0,7	0,58316296	333	282	284	254,69229	0,808
Diciembre	296,556944	0,7	0,69143403	333	279	280	248,180815	0,808

Tabla 7.7: Resumen de datos conocidos

El área que utilizaremos será:

$$A = 72 \text{ paneles} \cdot A_{\text{panel}} = 72 \cdot 2,75 = 198 \text{ m}^2 \quad [7.42]$$

Los caudales máxicos varían respecto del apartado anterior ya que ahora tenemos distinto valor de área, por lo tanto:

$$m_1^i = \rho_{\text{agua-ethylene glicol}} \cdot A \cdot Q \quad [7.43]$$

$$Q = \frac{45 \text{ l}}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \cdot \frac{10^{-3} \text{ m}^3/\text{l}}{3600 \text{ s/h}} = 1,25 \cdot \frac{10^{-5} \text{ m}^3}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \quad [7.44]$$

$$m_1^i = 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 198 \text{ m}^2 \cdot 1,25 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s} \cdot \text{m}^2} = 2,536 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad [7.45]$$

Como el intercambiador hemos estimado que es simétrico, los caudales máxicos del circuito primario y secundario serán iguales y de valor:

$$m_1 = m_2 = 2,536 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad [7.46]$$

Siendo nuestras incógnitas:

- Temperatura de entrada a colectores (T_{ci})
- Temperatura de salida de colectores (T_{co})
- Temperatura de entrada al intercambiador (T_{ice})
- Temperatura de salida del intercambiador (T_{ics})
- Temperatura de entrada al tanque (T_{ici})



- Temperatura de salida del tanque (T_{ico})
- Temperatura de consumo (T_{cons})
- Temperatura media del tanque (T_t)
- Contribución solar mínima (f)

Cálculo de las temperaturas desconocidas:

La resolución del sistema se ha realizado por medio de Mathcad, obteniendo los siguientes resultados de temperaturas:

Mes	Tci (K)	Tco (K)	Tico (K)	Tics (K)
Enero	294,505	299,752	296,971	294,535
Febrero	306,263	313,162	309,506	306,326
Marzo	314,341	322,442	318,149	314,425
Abril	322,573	332,201	327,099	322,659
Mayo	326,465	336,373	331,123	326,551
Junio	332,625	343,43	337,705	332,709
Julio	346,484	358,82	352,284	346,585
Agosto	351,448	363,402	357,069	351,578
Septiembre	332,445	342,319	337,089	332,519
Octubre	319,03	326,982	322,77	319,082
Noviembre	304,824	310,428	307,459	304,858
Diciembre	295,91	300,806	298,216	295,943

Tabla 7.8: Resumen datos Temperaturas

Mes	Tice (K)	Tici (K)	Tcons (K)	Tt (K)
Enero	299,711	292,316	293,708	292,63
Febrero	313,082	303,431	305,209	303,776
Marzo	322,337	311,034	313,101	311,419
Abril	332,093	318,616	321,081	319,075
Mayo	336,263	322,388	324,912	322,841
Junio	343,322	328,16	330,908	328,642
Julio	358,692	341,397	344,488	341,889
Agosto	363,244	346,578	349,513	346,994
Septiembre	342,226	328,359	330,839	328,756
Octubre	326,917	315,724	317,748	316,074
Noviembre	310,384	302,49	303,932	302,757
Diciembre	300,772	293,874	295,164	294,147

Tabla 7.9: Resumen datos Temperaturas

Cálculo de la contribución solar mínima

Los datos obtenidos se muestran a continuación:

Mes	f	f corregida
Enero	0,298	0,298
Febrero	0,476	0,476
Marzo	0,61	0,61
Abril	0,757	0,757
Mayo	0,831	0,831
Junio	0,955	0,955
Julio	1,25	1
Agosto	1,351	1
Septiembre	0,955	0,955
Octubre	0,689	0,689
Noviembre	0,43	0,43
Diciembre	0,299	0,299

Tabla 7.10: Datos contribución solar mínima

Observamos que como ocurría con los datos anteriores los meses de Julio y Agosto los valores se exceden del 110 % por lo que habrá que instalar aerotermos.

Para calcular la contibución anual haremos lo mismo que en el capítulo anterior:

$$f = \frac{(T_{cons} - T_{red})}{(T_{sum} - T_{red})} \quad [7.36]$$

Por lo que:

$$f = \frac{(T_{cons} - T_{red})}{(T_{sum} - T_{red})} = \frac{431,6}{597} = 0,722953098 \quad [7.37]$$

La contribución solar llega al 0,7 que es la contribución solar mínima necesaria según el CTE.

En el gráfico 7.1 se muestra la contribución solar de cada mes y la anual:

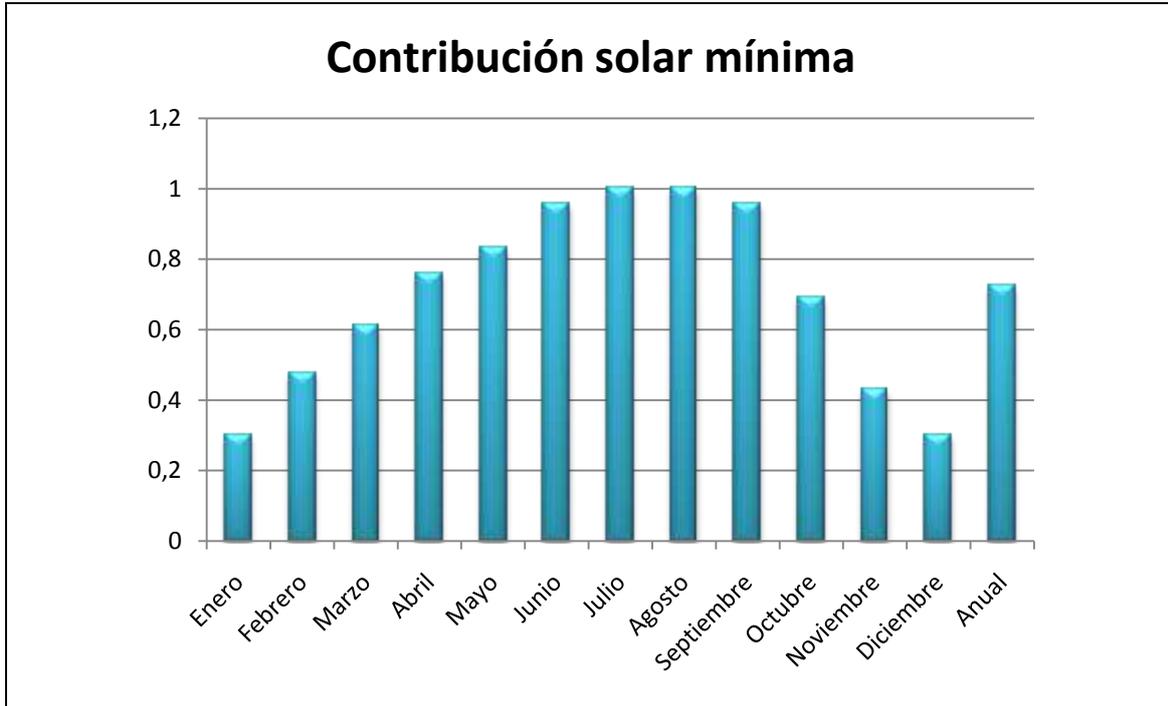


Gráfico 7.1: Contribución solar mínima

En el gráfico 7.2 podemos observar de forma más intuitiva la contribución solar que obtenemos con la instalación diseñada frente a la demanda energética

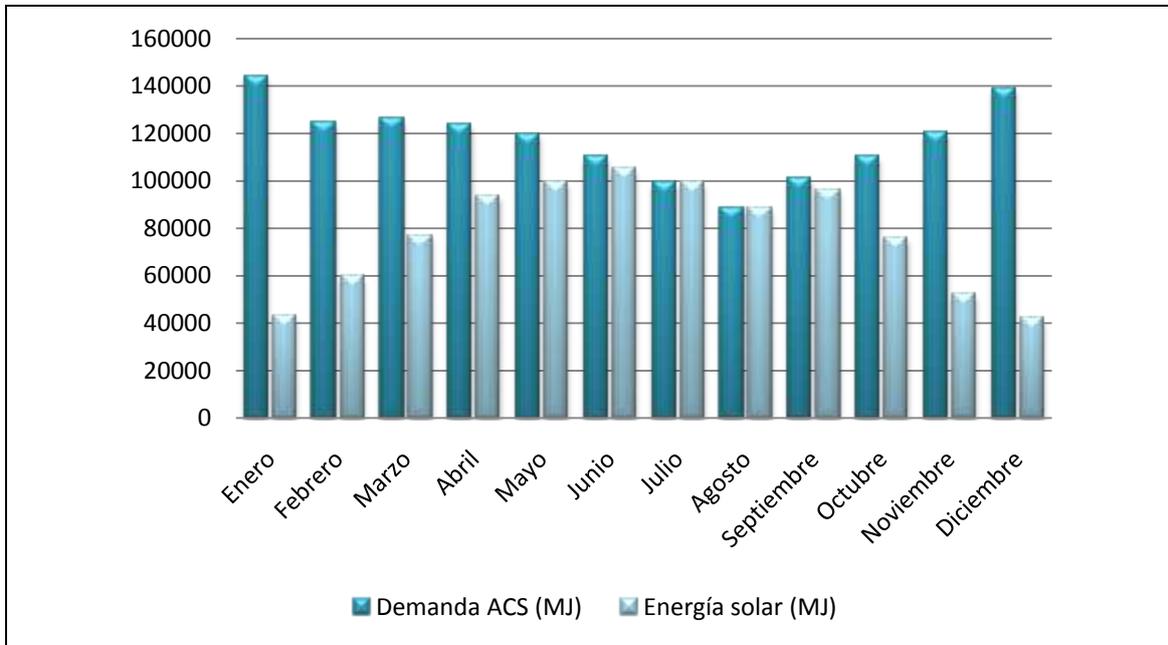


Gráfico 7.2: Demanda ACS & Energía solar

2.11. Aislamiento térmico

Los aparatos, equipos y conducciones de las instalaciones de agua caliente para usos sanitarios deben estar aislados térmicamente con el fin de evitar consumos energéticos superfluos y conseguir que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de producción, y para poder cumplir las condiciones de seguridad para evitar contactos accidentales con superficies calientes. [2][3]

El RITE establece el grosor mínimo del aislamiento de las tuberías en función de la temperatura máxima del fluido que circula por su interior y el diámetro de la canalización de acuerdo con la imagen 7.16:

ESPOSOR AISLAMIENTO TERMICO TUBERIAS (mm)				
DIAMETRO EXTERIOR TUBERIA	TEMPERATURA MAXIMA AGUA			
	40 a 65 °C		66 a 100 °C	
	INTERIOR	EXTERIOR	INTERIOR	EXTERIOR
$D \leq 35$	20	30	20	30
$35 < D \leq 60$	20	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	40	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	40	50
$140 < D$	30	40	40	50

Imagen 7.16: Espesor aislamiento térmico tuberías (fuente: Ingenieros Consultores S.L.)

El RITE también establece que, cuando los componentes estén aislados al exterior, el espesor indicado en la tabla anterior será incrementado, como mínimo, en 10 mm para fluidos calientes.

Estos espesores mínimos son validos para materiales de aislamiento con una conductividad térmica λ igual a 0,040 W/mK a 20 °C.

Para materiales de aislamiento con una conductividad λ diferente de W/mK, el RITE indica la siguiente expresión para el cálculo del espesor mínimo e:

$$e = \frac{D_i}{2} \left[\text{EXP} \left(\frac{\lambda}{0,04} \cdot \ln \frac{D_i + 2 \cdot e_{ref}}{D_i} \right) - 1 \right] =$$

$$= \frac{22}{2} \left[\text{EXP} \left(\frac{0,035}{0,04} \cdot \ln \frac{22 + 2 \cdot 20}{22} \right) - 1 \right] = 16,23 \text{ mm} \quad [7.38]$$

Siendo:

- e espesor mínimo del aislamiento en mm
- e_{ref} espesor mínimo del aislamiento según la tabla
- D_i diámetro interior del aislamiento, en mm
- λ conductividad térmica del material de aislamiento, en W/mK



Por tanto para nuestra instalación se utilizará coquilla de 19 mm de espesor (mayor que el espesor mínimo) para las tuberías del exterior.

Utilizaremos coquilla para las tuberías del circuito de colectores, del fabricante ISOPIPE UV modelo ISOV19 de 19 mm que además es para instalaciones de energía solar, cuya conductividad térmica a 0 °C es de 0,035W/m·K y a 40 °C es de 0,039 W/m·K.



Imagen 7.17: Aislamiento Isopipe UV (fuente: Isopipe)

Utilizaremos coquilla para las tuberías principales de la red, del fabricante ISOPIPE UV PLUS de 30 mm.



Imagen 7.18: Aislamiento Isopipe UV PLUS (fuente: Isopipe)

2.12. Acumuladores

El almacenamiento de la energía térmica procedente de los captadores solares se realiza en forma de agua caliente en depósitos de acumulación. Su misión es independizar el suministro de calor del consumo, porque la máxima aportación energética solar no suele coincidir con su demanda, adecuando de esta manera la disponibilidad a la necesidad.



El calentamiento del agua se realiza mediante intercambiadores de calor, que pueden ser exteriores o estar incorporados en el interior de los acumuladores, resultando así dos tipos principales:

- Depósito sin intercambiador incorporado. En este caso, el calentamiento del agua acumulada se produce en el exterior del depósito, mediante su recirculación a través de un intercambiador de calor externo.
- Depósito con intercambiador incorporado o interacumulador. El calentamiento y la acumulación del agua se producen en el mismo depósito, que incorpora su propio intercambiador. Se pueden distinguir dos tipos de interacumuladores:
 - o Interacumulador de doble pared: acumulador de agua caliente cuyo intercambiador de calor está constituido por una doble envolvente que rodea el depósito, dentro de la cual circula el fluido del circuito primario
 - o Interacumulador de serpentín: acumulador de agua caliente cuyo intercambiador de calor está formado por un tubo curvado en espiral o serpentín, por el interior del cual circula el fluido del circuito primario. Algunos acumuladores pueden disponer de más de un serpentín de calentamiento. **[2]**

2.13. Volumen de acumulación

Para calcular el volumen de acumulación tendremos en cuenta lo que dice el CTE en el apartado 3.3.3, Sistema de acumulación solar, de la Sección HE4.

En el cual, establece que el sistema solar se debe concebir en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser ésta simultánea con la generación. **[2]**

Para la aplicación de A.C.S.:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad [7.39]$$

Siendo:

A suma de las áreas de los captadores, en m²

V volumen del depósito de acumulación solar, en litros.

Por lo tanto siendo nuestra área de captación A= 240,6976 m²

El volumen tiene que ser:

$$12034,88 < V < 43325,568$$



También tendremos en cuenta el apartado ITE 10.1.3.2 del RITE, el cual establece la siguiente condición:

$$0,8 \cdot M \leq V \leq M \quad [7.40]$$

Siendo:

M consumo medio diario, en litros/día

V volumen del depósito de acumulación solar, en litros

Como M= 18524 l/día

$$14819,2 < V < 18524$$

De acuerdo a las dos relaciones anteriores vamos a estimar un volumen de acumulación de **17000 litros**.

El tanque elegido es **ACSPF-T» VERTICAL AISLAMIENTO FLEXIBLE** de Salvador Escoda. Cuyo volumen máximo es de 5000 litros. Por lo tanto serán necesarios 4 tanques de almacenamiento, para cubrir las necesidades de nuestra instalación. Se instalarán dos en cada una de las salas de caldera. Estarán colocados en serie. Cuyas características y propiedades se muestran en el ANEXO de Especificaciones técnicas.



Imagen 7.19: Depósito de acumulación para ACS (fuente: Salvador Escoda)



2.14. Vaso de expansión

La función de un vaso de expansión es compensar los cambios de volumen del fluido de trabajo ocasionados por la dilatación térmica, evitando el escape de fluido de trabajo a través de la válvula de seguridad cuando el fluido se calienta. Al calentarse el circuito primario, una parte del fluido entra en el vaso de expansión, regresando al circuito cuando se enfría, manteniendo así la presión en el circuito dentro del rango de presiones admisibles y siempre por encima de la atmosférica, impidiéndose la introducción de aire en el circuito cuando vuelva a enfriarse.

Los vasos de expansión pueden ser abiertos o cerrados.

El vaso de expansión abierto es un recipiente que debe de estar colocado en la parte más alta de la instalación para recoger el agua sobrante de la expansión y devolverla cuando se enfría el caloportador. Es importante que el agua contenida en este depósito tenga el menor contacto posible con el aire, puesto que si se oxigena produciría oxidación de los componentes de la instalación al reintroducirse (es muy importante no renovar nunca o casi nunca el agua contenida en una instalación de calefacción). El vaso de expansión abierto debe tener, a menudo, algún dispositivo que evite que el agua contenida se hiele (sistema de recirculación).

El vaso de expansión cerrado está formado por dos zonas: una en contacto con el circuito primario y por tanto llena de agua y una segunda zona llena de aire o gas nitrógeno en su caso. Estas zonas están separadas por una membrana impermeable. Cuando el agua se expande, aumentando de volumen, la membrana cede comprimiendo el aire y logrando una presión de funcionamiento estable. Este tipo de vaso produce una sobrepresión en el circuito, cuestión que debe de estar prevista para que no dañe sus componentes. Su ventaja es que puede estar en el mismo local que las calderas y por lo tanto al abrigo de las heladas.

En general las instalaciones de energía solar térmica suelen ejecutarse con vasos de expansión cerrados, ya que la mayoría de los edificios actuales tienen cubiertas planas o tejados de poca inclinación, en los que es muy difícil o imposible montar un vaso de expansión abierto por encima de los captadores

El volumen del vaso de expansión depende del volumen total de fluido en el circuito primario de la instalación y del coeficiente de dilatación en función de la mezcla de de agua y anticongelante del fluido caloportador y del salto térmico producido en las condiciones extremas de la instalación.

Como vamos a instalar un vaso de expansión cerrado también interviene el factor de presión, o relación entre la presión final absoluta del vaso de expansión (o presión de tarado de la válvula de seguridad) y la diferencia entre las presiones absolutas final e inicial del vaso de expansión. **[2][3]**

La determinación del tamaño de un vaso de expansión cerrado se realiza mediante la siguiente fórmula:



$$V_{vaso} = V \cdot e \cdot \frac{P_f}{P_f - P_i} \quad [7.41]$$

Siendo:

- V_{vaso} volumen del vaso de expansión en litros
- V volumen del fluido caloportador
- e coeficiente de dilatación del fluido, $e= 0,045$ para el agua; $e=0,070$ para la mezcla agua-glicol
- P_f presión final, se aconseja un valor de la presión de apertura de la válvula de seguridad - 0,5 bar
- P_i presión inicial (presión de llenado de la instalación), se aconseja un valor igual a la presión estática + 0,5 bar

La fracción $\frac{P_f}{P_f - P_i}$ se denomina factor de presión F_p , y representa el cociente entre la presión final y la diferencia entre las presiones final e inicial.

Dimensionado para la instalación:

$$V_{vaso} = V \cdot n \cdot \frac{P_f}{P_f - P_i} \quad [7.42]$$

Calculamos primero el volumen de fluido caloportador, V , que será igual:

$$V = (V_{paneles} + V_{tuberías} + V_{intercambiador}) \cdot k \quad [7.43]$$

Siendo k la constante de seguridad y de valor 1,1

El volumen en los paneles lo calculamos a partir del dato que da el fabricante de capacidad de fluido que es en nuestro caso 1,7 l, lo haremos del siguiente modo:

$$V_{paneles} = 1,7 \frac{l}{panel} \cdot 72 \text{ paneles} = 122,4 l \quad [7.44]$$

El volumen de las tuberías lo calculamos:

$$V_{tuberías} = L_{tuberías} \cdot A_{tuberías} = L_{tuberías} \cdot \frac{\pi \cdot D_{int}^2}{4} = 185 m \cdot \frac{\pi \cdot 0,020^2 m^2}{4} \quad [7.45]$$



$$V_{tuberías} = 58,12 l \quad [7.46]$$

Un cálculo aconsejado por el fabricante Salvador escoda establece que para tubería de 22 mm el volumen será

$$V_{tuberías} = 0,31 \frac{l}{m} \cdot 185m = 57,35 l \quad [7.47]$$

Nos quedamos con el primer valor calculado que es mayor y siempre es mejor sobredimensionar.

Y por último el volumen del intercambiador que será:

$$V_{intercambiador} = ((2,4 + 0,6) \cdot 35 \text{ placas}) \cdot 175 \cdot 240 \cdot 2 = 8,82 l \quad [7.48]$$

$$V = (122,4 l + 58,12 l + 8,82 l) \cdot 1,1 = 208,274 l \quad [7.49]$$

El volumen del vaso de expansión será:

$$V_{vaso} = V \cdot n \cdot \frac{P_f}{P_f - P_i} = 208,274 \cdot 0,070 \cdot \frac{5,5 + 1}{5,5 - 1,5} = 23,69 l \quad [7.50]$$

Como hemos indicado la instalación es simétrica y estos cálculos son para el total de ella, por tanto necesitaremos dos vasos de expansión cada uno de ellos con un volumen:

$$V_{vaso} = 11,84 l \quad [7.51]$$

El vaso de expansión utilizado es del fabricante SALVADOR ESCODA, se utilizará el modelo 12 SMF de 12 litros de capacidad, cuyas características se muestran en el apartado de especificaciones técnicas.



Imagen 7.20: Vaso de expansión (fuente: Salvador Escoda)

2.15. Aerotermo

El sistema de control activará un aerotermo en caso de que en los captadores se supere la temperatura máxima de consigna.

En los meses de Julio y Agosto, la contribución solar mínima excede del 100% como hemos podido observar los cálculos realizados. Para compensar este sobrecalentamiento se van a instalar 2 aerotermos uno por instalación.

Para calcular la potencia disipada:

Mes	f	f corregida
Enero	0,298	0,298
Febrero	0,476	0,476
Marzo	0,61	0,61
Abril	0,757	0,757
Mayo	0,831	0,831
Junio	0,955	0,955
Julio	1,25	1
Agosto	1,351	1
Septiembre	0,955	0,955
Octubre	0,689	0,689
Noviembre	0,43	0,43
Diciembre	0,299	0,299

Tabla 7.11: Contribución solar mínima

Mes	Demanda ACS (MJ)	Porcentaje a disipar (%)	Demanda a disipar (MJ)	Horas de sol	Potencia a disipar (W)
Julio	99136,3357	0,25	186,599415	9,5	5455,84 W
Agosto	88348,674	0,351	253,958968	9,5	7425,43 W

Tabla 7.12: Potencia a disipar

Por tanto la potencia total a disipar será la del mes más desfavorable, es decir, Agosto, siendo esta de 7425,43 W. Instalaremos dos aerotermos del fabricante SOLER & PALAU: AEROTERMOS ELÉCTRICOS MURALES Serie EC-N. Modelo EC-N5. Orientable para distribuir el calor al lugar adecuado. Colocaremos uno en cada zona del tejado con una potencia de 5033 W cada uno.



Imagen 7.21: Aerotermosto (fuente: Soler & Palau)



Soporte mural, incluido en el aparato, para fijar en la pared.



Orientables, de manera vertical y horizontal, para dirigir el calor al lugar deseado.



Imagen 7.22: Aerotermosto (fuente: Soler & Palau)



2.16. Bomba de circulación

La bomba de circulación es el componente de la instalación cuya función es compensar la pérdida de presión hidrostática dando el impulso necesario para producir la circulación del fluido caloportador en el circuito.

Las bombas empleadas en los sistemas de energía solar son de tipo centrífugo, deben vencer la resistencia que opone el fluido a su paso por la tubería, y mantener la presión deseada en cualquier punto de la instalación, sin embargo no debe considerarse la presión hidrostática porque la columna de agua ejerce una fuerza tanto en el sentido de impulsión como en el de aspiración, anulándose por tanto sus efectos.

En instalaciones superiores a 50m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

La elección de la bomba por el punto de funcionamiento del circuito hidráulico, el cual está configurado por las características de caudal y pérdida de carga de la instalación.

La curva característica de la bomba deberá estar lo más próxima posible a este punto y siempre por encima. **[2]**

El caudal será el que hemos calculado ya en otras ocasiones:

$$Q = 45 \frac{l}{h \cdot m^2} \cdot 198 m^2 = 8910 l/h \quad [7.52]$$

Las pérdidas que debemos calcular son las siguientes:

- Pérdida de carga de los colectores.
- Pérdida de carga de las tuberías.
- Pérdidas de carga individuales de las piezas de empalme.
- Pérdidas de carga del intercambiador de calor de A.C.S.

1. Pérdidas de carga en los colectores.

Este es un dato facilitado por el fabricante, en nuestro caso establece la siguiente relación:

Caída de presión (mm.c.a.) es $2,24 \cdot qi^2 + 3,72 \cdot qi$ (qi en l/min)

$$\text{Por tanto siendo } qi = 45 \frac{l}{h \cdot m^2} \cdot 2,75 m^2 \cdot \frac{h}{60 \text{ min/h}} = 2,0625 \quad [7.53]$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{colectores}} &= (2,24 \cdot 2,0625^2 + 3,72 \cdot 2,0625) \cdot 72 \text{ colectores} = 17,20125 \text{ mmca} \cdot 72 \text{ colectores} \\ &= 1238,49 \text{ mmca} \quad [7.54] \end{aligned}$$



2. Pérdida de carga lineal

Los conductos ofrecen resistencias al fluido resultante debido al rozamiento. La consecuencia del rozamiento es la pérdida de presión en el circuito y que hay que compensar mediante el impulso de una bomba, ya que como hemos indicado anteriormente la presión inicial de estos circuitos es cero.

El cálculo de caudales se fundamenta en el principio de Bernuilli, que para un fluido sin rozamiento, se expresa como:

$$h + \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\rho} = constante \quad [7.55]$$

Siendo:

- g aceleración de la gravedad
- ρ peso específico del fluido
- P presión

La práctica de la ingeniería hidráulica ha desarrollado numerosas fórmulas experimentales, particularizando para los distintos materiales para el cálculo de las pérdidas por rozamiento. **[2]**

Para tuberías de menos de 50 mm de diámetro, se puede utilizar la fórmula de Flamant, que indica la pérdida de carga unitaria en mca/m. En la práctica se simplifica y es habitual utilizar esta misma expresión para tuberías de más de 50 mm de diámetro. Su expresión es:

$$Pdc_{unitaria} = F \cdot \frac{v^{1,75}}{D^{1,25}} \quad [7.56]$$

Siendo:

- $Pdc_{unitaria}$: Pérdida de carga, en m de columna de agua por metro lineal de tubería (mca/m)
- V: Velocidad del fluido (m/s)
- D: Diámetro (m)
- F: Constante en función del material. Tiene en cuenta para un fluido determinado, la rugosidad relativa, la viscosidad y las unidades empleadas: Esta dependerá del material usado en la instalación:

Fundición	$740 \cdot 10^{-6}$
Acero	$700 \cdot 10^{-6}$
Cobre	$570 \cdot 10^{-6}$
PVC	$560 \cdot 10^{-6}$
Material idealmente liso	$509 \cdot 10^{-6}$

Tabla 7.13: Constantes materiales

[2]



Para el cálculo de las pérdidas por rozamiento utilizaremos el siguiente gráfico, entrando con el valor del caudal calculado anteriormente y el diámetro interior obtenido.

a. Tubería principal $\Phi = 42$ mm (diámetro interior 40 mm)

$$Q = Q_{\text{captador}} \cdot A \cdot N = 45 \left(\frac{l}{h \cdot m^2} \right) \cdot 2,75 \text{ m}^2 \cdot 36 = 4455 \frac{l}{h} = 4,455 \frac{m^3}{h} \quad [7.57]$$

Obtenemos un valor de 30 mmca por metro de tubería.

Para nuestra instalación son necesarios 40 metros, y 4 tuberías por tanto la pérdida de cada una de las tuberías será:

$$\Delta P = 1200 \text{ mmca} \quad [7.58]$$

b. Tuberías de colectores $\Phi = 22$ mm (diámetro interior 20 mm)

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 4,455 \frac{m^3}{h} \quad [7.59]$$

Obtenemos un valor de 1000 mmca por metro de tubería

Para nuestra instalación son necesarios 185 metros, y por tanto la pérdida será:

$$\Delta P = 185000 \text{ mmca} \quad [7.60]$$

$$Q = Q_{\text{captador}} \cdot A \cdot N = 45 \left(\frac{l}{h \cdot m^2} \right) \cdot 2,75 \text{ m}^2 \cdot 36 = 4455 \frac{l}{h} = 4,455 \frac{m^3}{h} \quad [7.61]$$

$$\Delta P \text{ tuberías} = 185000 \text{ mmca} + 4 \cdot 1200 \text{ mmca} = 189800 \text{ mmca} \quad [7.62]$$

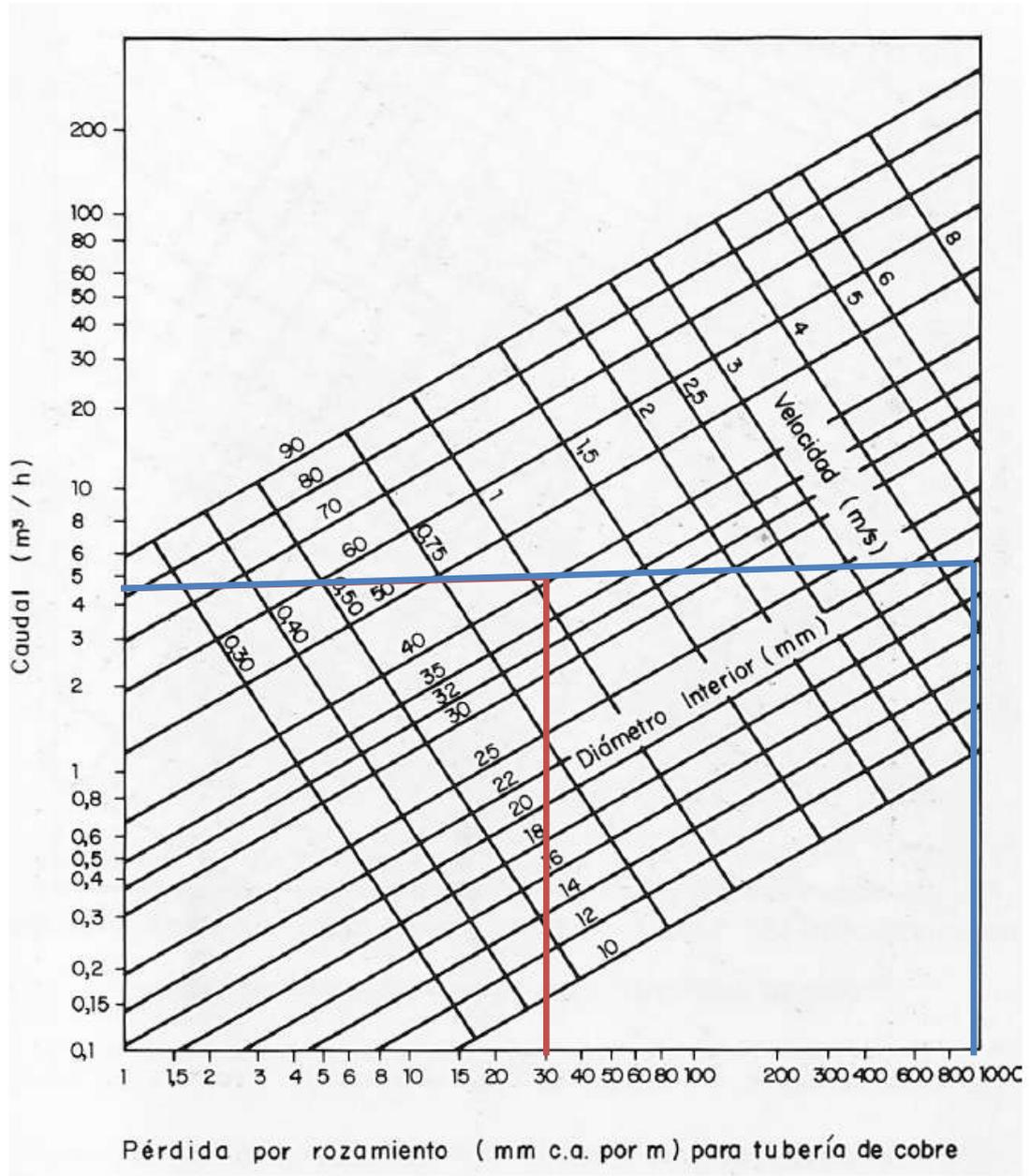


Imagen 7.23: Pérdidas de carga en tuberías de Cobre



3. Pérdidas en elementos singulares

Además de las pérdidas de carga por rozamiento, se producen otro tipo de pérdidas que se originan en puntos singulares de las tuberías (cambios de dirección, codos, juntas...) y que se deben a fenómenos de turbulencia. La suma de estas pérdidas de carga accidentales o localizadas más las pérdidas por rozamiento dan las pérdidas de carga totales.

Salvo casos excepcionales, las pérdidas de carga localizadas sólo se pueden determinar de forma experimental, y puesto que son debidas a una disipación de energía motivada por las turbulencias, pueden expresarse en función de la altura cinética corregida mediante un coeficiente empírico (K) [2]:

$$h = K \cdot \left(\frac{v^2}{2g}\right) \quad [7.63]$$

Siendo:

- h: pérdida de carga o de energía (m)
- K: coeficiente empírico (adimensional)
- v: velocidad media del flujo (m/s)
- g: aceleración de la gravedad (m/s²)

El coeficiente "K" depende del tipo de singularidad y de la velocidad media en el interior de la tubería. En la siguiente tabla se resumen los valores aproximados de "K" para cálculos rápidos [15]:

VALORES DEL COEFICIENTE K EN PÉRDIDAS SINGULARES		
Accidente	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,2	13
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15	35
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6	160
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
T por salida lateral	1,80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0,75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0,60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0,45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0,35	-

Tabla 7.14: Coeficientes empíricos de elementos singulares



También se puede hacer una estimación de que las pérdidas por elementos diferentes a las tuberías sean del 20%-30% de las pérdidas de los tramos rectos. **[15]**

Por lo tanto como el número de accidentes es bastante difícil de saber con exactitud ya que por motivos estructurales puede variar al realizar la instalación, vamos a utilizar para el cálculo de pérdidas de elementos singulares la aproximación descrita anteriormente, de forma que: **[2]**

$$\Delta P_{elemt} = 0,25 \cdot \sum \Delta P_{tuberias} = 0,25 \cdot (185000 + 4 \cdot 1200) = 47450 \text{ mmca} \quad [7.64]$$

4. Pérdidas en el intercambiador de calor

Este es un dato proporcionado por el fabricante. Recordamos que la instalación consta de dos intercambiadores de calor con una pérdida de 2,23 m.c.a. Es decir:

$$\Delta P_{intercambiador} = 2230 \text{ mmca} \cdot 2 = 4460 \text{ mmca} \quad [7.65]$$

5. Total de pérdidas en el circuito primario

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{colectores} + \Delta P_{tuberias} + \Delta P_{elemt} + \Delta P_{intercambiador} \quad [7.66]$$

$$\Delta P_{total} = 1238,49 + 189800 + 47450 + 4460 = 242948,49 \text{ mmca} \quad [7.67]$$

$$\Delta P_{total} = 242948,49 \text{ mmca} = 242,94849 \text{ mca} = 2429484,9 \text{ Pa} \quad [7.68]$$

Potencia de la bomba

La potencia de una bomba la calculamos mediante la siguiente expresión:

$$W_{bomba} = \frac{m_{fluido} \cdot \Delta p}{\rho_{fluido} \cdot \eta} \quad [7.69]$$

Siendo:

- m_{fluido} : gasto másico (kg/s) determinado por los colectores.
- ΔP : Pérdidas de presión (Pa)
- ρ_{fluido} : densidad del fluido caloportador (kg/m³)
- η : rendimiento de conversión de la energía eléctrica en energía de flujo. El rendimiento real de la bomba depende del tipo y de su tamaño. Para tamaños pequeños como los utilizados en las instalaciones solares, su valor es del orden de 0,5. **[3]**:

$$W_{bomba} = \frac{2,574 \frac{kg}{s} \cdot 2429484,9 Pa}{1040 kg/m^3 \cdot 0,5} = 12025,95 W \quad [7.70]$$

Por lo que en cada una de las instalaciones se necesita una bomba de 6012,97 W =6,012 KW.

Tras mirar varios catálogos de fabricantes de bombas con potencias elevadas, se ha decidido utilizar el modelo UPS-65 120F del fabricante GRUNDFOS, cuya potencia de entrada en velocidad 1: 1050 W; potencia de entrada en velocidad 2: 1150 W y potencia de entrada de velocidad 3: 1200 W. Por lo que serán necesarias 12 bombas (6 en cada una de las instalaciones).



Imagen 7.24: Bomba circuito primario (fuente: Grundfos)

2.17. Válvulas y accesorios

Las válvulas son mecanismos que se utilizan para impedir o controlar el paso de fluido por una tubería. Las válvulas destinadas a cerrar o abrir el paso se llaman también llaves, y las que están colocadas en los puntos de consumo se llaman grifo.

La elección de las válvulas se realiza de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones externas de funcionamiento (presión y temperatura), en función de la misión a desempeñar, las válvulas serán según el apartado 3.4.6 HES4 del CTE:

Función	Tipo de válvula
Aislamiento	Esfera
Equilibrado	Asiento
Vaciado	Esfera/macho
Llenado	Esfera
Purga de aire	Esfera/macho
Seguridad	Resorte
Retención	Disco doble compuerta/clapeta

Tabla 7.15: Válvula tipo & función

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

A continuación vamos a describir las válvulas mencionadas anteriormente.

- **Válvula de esfera o de bola.** El elemento de cierre es una esfera con un orificio cilíndrico que cuando está orientado paralelamente al eje de la conducción el agua puede circular normalmente, sellando el paso cuando su posición es perpendicular. La bola se sitúa entre dos casquillos elásticos, consiguiendo un cierre hermético tanto para líquidos como para gases, y resistiendo temperaturas y presiones grandes.



Imagen 7.25: Válvula de esfera (fuente: es.wikipedia.org)

- **Válvula de asiento.** Son las más habituales en instalaciones de pequeño caudal y el cierre se realiza mediante un pistón o disco, llamado soleta, que se apoya sobre el asiento o sección de paso. Proporcionan un cierre hermético y son fáciles de manipular, pero ocasionan una considerable pérdida de carga debido a que el agua cambia de dirección al pasar por la válvula.



Imagen 7.26: Válvula de asiento (fuente: www.aguamarket.com)

- **Válvula de asiento inclinado.** Es un dispositivo semejante al anterior, pero con los elementos de cierre en posición inclinada, permitiendo un paso más directo del fluido, con menos pérdidas de carga.



Imagen 7.27: Válvula de asiento inclinado (fuente: www.exportpages.es)

- **Válvulas de macho cónico.** Constituidas por un cuerpo en el que se ajusta perfectamente una pieza cónica llamada "macho", que puede girar alrededor de su eje y tiene un orificio transversal que cuando está alineado con la entrada y salida del fluido permite su paso, mientras que si se hace girar el macho hasta que su orificio quede en posición transversal el paso queda cerrado.



Imagen 7.28: Válvula de macho cónico (fuente: www.swagelok.com.mx)

- **Válvulas de compuerta.** El elemento de cierre es una compuerta en forma de cuña que al descender se ajusta entre dos planos inclinados, impidiendo el paso del líquido. El cierre se produce perpendicularmente a la tubería sin obligar a un cambio de dirección del líquido al pasar por la válvula, con menores pérdidas de carga, aunque tiene dificultades de hermetismo en el cierre.



Imagen 7.29: Válvula de compuerta (fuente: valvestockist.com)

- **Válvulas de clapeta.** Son las más utilizadas como válvulas de retención y están constituidas por una clapeta o compuerta articulada que deja pasar el agua en un sentido, marcado con una flecha, mientras que si se invierte el sentido de circulación la propia presión del agua empuja la clapeta contra el asiento impidiendo el retroceso del líquido. [2]



Imagen 7.30: Válvula de clapeta (fuente: www.comercial-seyma.com)

2.18. Purgadores

Los purgadores son los elementos encargados de evacuar los gases generalmente aire, contenidos en el fluido caloportador, facilitando así el correcto funcionamiento de la instalación. La presencia de aire perjudica el buen funcionamiento de los circuitos, especialmente cuando se concentra en forma de bolsas que puede llegar a impedir la circulación del fluido.

Los purgadores pueden ser de dos tipos:

- De accionamiento manual, en los que se acumula el aire pero no sale hasta que se afloja la válvula existente.
- De accionamiento automático, que dejan salir el aire cuando se acumula una cierta cantidad.

También pueden montarse separadores de aire, que son dispositivos que originan una perturbación del flujo del fluido, favoreciendo la separación del aire, que se acumula en su parte superior donde se sitúa un purgador para su extracción. **[3]**

Se han de evitar los purgadores normales empleados para sistemas de calefacción, pues no son resistentes a las altas temperaturas que se pueden dar en un colector.

El apartado 3.3.5.5 de la Sección HE4, del DB HE del CTE, establece que en los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se deben colocar sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm³. Este volumen puede disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático. **[2]**

Se utilizarán purgadores automáticos especiales para instalaciones de energía solar del fabricante SALVADOR ESCODA modelo PURG-O-MAT 150 SOLAR



Imagen 7.31: Purgador (fuente: Salvador Escoda)

2.19. Termómetros y termostatos

Los termómetros son instrumentos que miden la temperatura de un objeto o fluido. Hay que colocarlos de forma que el punto sensible del termómetro esté en contacto con el fluido, pero sin estar bañado por éste.



En instalaciones de energía solar térmica se utilizan termómetros de inmersión cuyo bulbo se aloja dentro de una vaina.

Los termostatos transforman una lectura de temperatura previamente determinada en su escala, en una señal eléctrica que pone en marcha o detiene un determinado mecanismo según la función que se le haya encomendado. **[3]**

3. DIMENSIONADO DEL CIRCUITO SECUNDARIO

3.1. Legionela

La legionelosis es una enfermedad bacteriana de origen ambiental que suele presentar dos formas clínicas: la infección pulmonar o "Enfermedad del Legionario", que se caracteriza por neumonía con fiebre alta, y la forma no neumónica, conocida como "Fiebre de Pontiac", que se manifiesta como un síndrome febril agudo y de pronóstico leve.

Aunque el agente etiológico se conoció en 1976 por el brote que ocurrió en un hotel en Filadelfia donde se celebraba la 58^o Convención de la Legión americana en el que hubo 182 casos de neumonía y 34 defunciones, mediante estudios retrospectivos se ha demostrado que había sido la causante de brotes anteriores en los que no se había demostrado el agente causal.

Incidencia de la legionela en las instalaciones

La Legionela es una bacteria ambiental capaz de sobrevivir en un amplio intervalo de condiciones físico-químicas, multiplicándose entre 20 °C y 45°C, destruyéndose a 70 °C. Su temperatura óptima de crecimiento es 35-37 °C. Entre 40 °C-50 °C no se desarrolla, a partir de 50 °C muere el 90 % en las dos primeras horas: a partir de 60 °C muere el 90 % en dos minutos y a partir de 70 °C se produce la muerte casi instantánea.

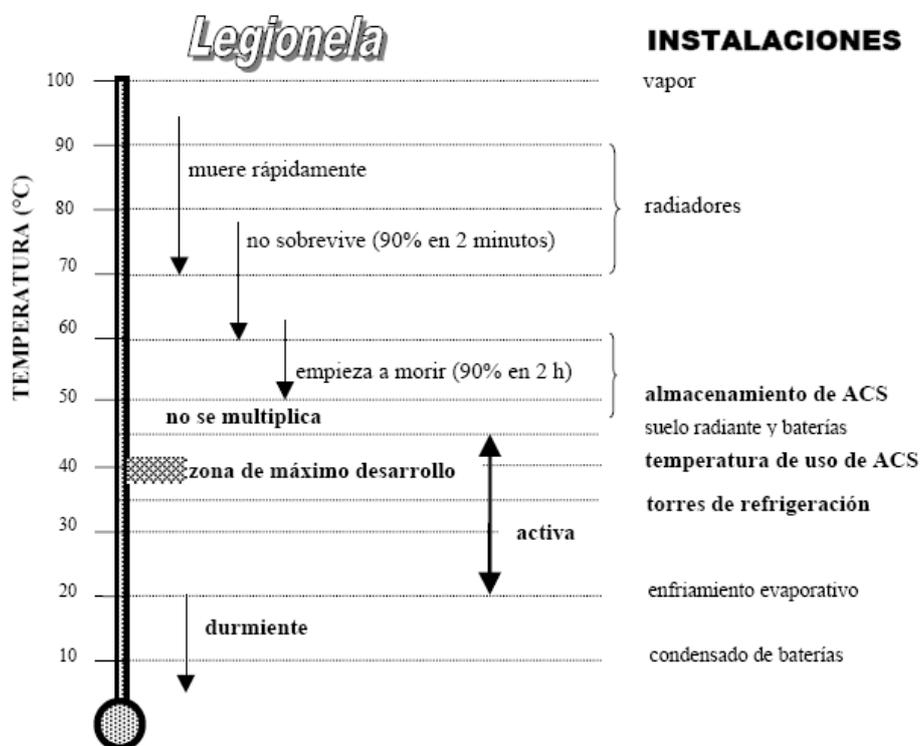


Imagen 7.32: Esquema Legionella (fuente: Instalaciones de energía sola térmica en edificios de viviendas [3])

Su nicho ecológico natural son las aguas superficiales, como lagos, ríos, estanques, formando parte de su flora bacteriana. Desde estos reservorios naturales la bacteria puede colonizar los sistemas de abastecimiento de las ciudades y, a través de la red de distribución de agua, se incorpora a los sistemas de agua sanitaria (fría o caliente) u otros sistemas que requieren agua para su funcionamiento como las torres de refrigeración.

En algunas ocasiones, en estas instalaciones, mal diseñadas, sin mantenimiento o con un mantenimiento inadecuado, se favorece el estancamiento del agua y la acumulación de productos nutrientes de la batería, como lodos, materia orgánica, materias de corrosión y amebas, formando una biocapa. La presencia de esta biocapa, junto a una temperatura propicia, explica la multiplicación de legionella hasta concentraciones infernales para el ser humano.

Si existe en la instalación un mecanismo productor de aerosoles, la bacteria puede dispersarse al aire. Las gotas de agua que contiene la bacteria pueden permanecer suspendidas en el aire y penetrar por inhalación en el aparato respiratorio. Las instalaciones que con mayor frecuencia se encuentran contaminadas con legionella y han sido identificadas como fuentes de infección son los sistemas de distribución de agua sanitaria, caliente y fría y los equipos de enfriamiento de agua evaporativos, tales como las torres de refrigeración y los condensadores evaporativos, tanto en centros sanitarios como en hoteles u otro tipo de edificios.



En resumen, el riesgo de contraer la enfermedad a partir de una instalación va a depender, por tanto, de una combinación de factores, entre los que se pueden citar:

- Condiciones de la instalación: grado de limpieza, diseño, mantenimiento, antigüedad, tramos ciegos, etc.
- Temperatura del agua en la instalación
- Presencia, tipo y concentración de legionela en la instalación
- Formación de aerosoles en el entorno de personas
- Existencia de vientos dominantes que dirijan el aerosol a zonas transitadas, ventanas y tomas de aire.
- Cantidad de personas expuestas al aerosol y duración de la exposición
- Susceptibilidad de las personas expuestas (edad y estado de salud)

Para la prevención y control de la legionela, se debe incidir básicamente de forma tal que se impidan las condiciones que favorecen el crecimiento de la bacteria, temperatura y suciedad del agua, y se controle la difusión de aerosoles.

El Real Decreto 865/2003 indica que la temperatura de acumulación de ACS debe ser superior a 60°C, si bien admite que en sistemas de calentamiento con Energía Solar haya depósitos con temperaturas inferiores. **[3]**

En el presente caso la instalación se diseñó de manera que en el depósito calentado directamente con calderas se pudiesen mantener los 60°C, con independencia del comportamiento de la instalación solar; el consumo se reducirá en la medida que aumenten las aportaciones solares; de este modo todo el agua de consumo alcanza previamente la temperatura indicada.

La temperatura de distribución del ACS se regula con una válvula motorizada de tres vías a la salida del último depósito, mezclando con agua fría y agua recirculada; ello permite acumular el agua en el depósito a 60°C, realizando la distribución a temperaturas inferiores.

En esta instalación el tratamiento para la prevención de la Legionelosis es de tipo térmico, para ello periódicamente, maniobrando las llaves de corte de los interacumuladores de la instalación solar, se puede realizar el calentamiento de los mismos utilizando el intercambiador de la instalación centralizada, con las calderas.

Para lograr el mayor aprovechamiento de la energía solar, la periodicidad del tratamiento térmico para prevención de la Legionelosis se limitará al fijado por la normativa vigente o cuando, tras los análisis del agua, se observe su necesidad.

3.2. Tuberías en el secundario

En el circuito secundario las tuberías discurren por el interior del edificio por lo que estas no tendrán un excesivo riesgo de congelación, pero para evitar las pérdidas térmicas irán aisladas también estas tuberías. Las características principales de



estas tuberías y de su aislamiento son las mismas que para las tuberías del circuito primario, utilizándose el mismo tipo de tuberías y de aislante.

Los metros de tubería de este circuito son 5 metros, 2,5 metros en cada una de las salas de calderas.

Para dimensionarlas haremos igual que en el circuito primario:

$$Q = Q_{\text{captador}} \cdot A \cdot N = 45 \left(\frac{l}{h \cdot m^2} \right) \cdot 2,75 m^2 \cdot 36 = 4455 \frac{l}{h} \quad [7.71]$$

Teniendo en cuenta este caudal y considerando una velocidad de 1 m/s, obtenemos un diámetro:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,2375 \cdot 10^{-3} \left(\frac{m^3}{s} \right)}{1 \left(\frac{m}{s} \right) \cdot \pi}} = 39,69 mm \approx 42 mm \quad [7.71]$$

El modelo de tubería utilizado es el 172006 del grupo DISA (Distribución INGUSA): Tubo de cobre rígido 1 1/2 " tipo m.



Imagen 7.33: Tuberías Cobre (fuente: DISA)



3.3. Intercambiador de calor

Un intercambiador de calor es un sistema cuya finalidad es transferir energía térmica entre fluidos que se mantienen separados entre sí. En las instalaciones solares térmicas es el componente que trasfiere el calor del fluido caloportador del circuito primario al agua del circuito secundario que comunica con el acumulador de inercia. También puede existir un sistema de intercambio en el circuito secundario para transferir calor al A.C.S. de consumo, dependiendo el esquema de la instalación.

El DB HE, en el apartado 3.2.1 de la Sección HE4, enumera entre los sistemas que conforman la instalación solar térmica, un sistema de intercambio que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores, o circuito primario, al agua caliente que se consume.

Tipos

Los intercambiadores de calor pueden ser de dos tipos:

- intercambiador independiente
- intercambiador incorporado al acumulador

Los **intercambiadores independientes** del depósito de acumulación se sitúan en posición exterior, y pueden ser de dos tipos, de placas, los más habituales, y de haz de tubos. Se necesita, por consiguiente, disponer de una segunda bomba de circulación para el circuito secundario entre el intercambiador y el depósito. Tienen la ventaja de su alto rendimiento de intercambio, logrando un sistema más eficiente y un diseño a la medida de las necesidades, al ser desvinculados del volumen de acumulación. Como inconvenientes se pueden mencionar una mayor pérdida de carga en el circuito y un coste más elevado.

Los **intercambiadores incorporados al acumulador**, constituyendo un conjunto denominado interacumulador, pueden ser de dos tipos, de doble pared o de serpentín. Los de doble pared son los más económicos y tienen la ventaja de una baja pérdida de carga, pero su rendimiento es bajo, por lo que sólo pueden ser utilizados en pequeñas instalaciones. Los de serpentín tienen un rendimiento superior, aunque con mayor pérdida de carga y un coste más elevado. [2]

Potencia de intercambio

Intercambiadores incorporados al acumulador

En el caso de un intercambiador incorporado al acumulador, el conjunto está definido por el fabricante, no pudiendo ser modificado al realizar la instalación. Se trata, pues, de una elección dentro de la gama de productos que ofrece el mercado, por lo que no se calcula la potencia de intercambio que no puede modificarse, sino que se establecen condiciones que definen unas superficies útiles mínimas de intercambio en relación con la superficie de captación. Hay que tener en cuenta que para lograr intercambios con pequeñas diferencias térmicas entre ambos fluidos el único método posible es aumentar la superficie de intercambio, por lo que en



instalaciones grandes estas relaciones conducen a grandes volúmenes de acumulación ya que únicamente se puede aumentar la superficie multiplicando los depósitos.

En cualquier caso, los fabricantes tratan de optimizar las condiciones de intercambio, punto débil de estos intercambiadores, con diseños que aumentan su superficie interna, como los tubos aleteados, tratando de evitar de esta manera un excesivo volumen de acumulación. **[2]**

El CTE en su DB HE, Sección HE4, apartado 3.3.4, establece que, para el caso de intercambiador incorporado al acumulador, la relación entre la superficie útil de intercambio y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

$$A_{\text{util intercambio}} \geq 0,15 \cdot A_c \quad [7.72]$$

Siendo:

- $A_{\text{util intercambio}}$ área útil del intercambiador interno, en m^2
- A_c área total de los captadores instalados, en m^2

Esta prescripción tiene carácter de mínimo obligatorio, siendo la misma condición que indica el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, aconsejando otros autores una mayor superficie, en una relación de al menos 0,20.

Intercambiadores independientes

Como en el caso anterior, el CTE en su DB HE, Sección HE4, apartado 3.3.4 establece que, para el caso de intercambiador independiente, la potencia mínima del intercambiador P se determinará para las condiciones de trabajo en las horas centrales del día suponiendo una radiación solar de 1000 W/m^2 y un rendimiento de la conversión de energía solar a calor del 50%, cumpliéndose la condición:

$$P \geq 500 \cdot A_{\text{captadores}} \quad [7.73]$$

Siendo:

- P potencia mínima del intercambiador, en W
- A_c área de captadores, en m^2

El Pliego de Condiciones Técnicas del IDEA propone la misma potencia, aconsejando otros autores al menos 600 W/m^2 de captador solar, con el fin de lograr un mayor rendimiento de la instalación.

También hay que cumplir la condición de que, si en una instalación a medida sólo se utiliza un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área del captador debería ser superior o igual a $40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, según el apartado 3.4.3, de la Sección HE4. **[2]**

En nuestra instalación se instalará un intercambiador independiente de placas ya que el área de captación es mayor de 50 m² y es lo recomendado.

Para el dimensionado del intercambiador de placas es necesario conocer la potencia calorífica a transferir del circuito primario al secundario. Para esto partimos del caudal que circula por el primario, que es de 8910 l/h que dividimos en dos puesto que la instalación la dimensionamos simétrica por lo que tendremos dos caudales de 4455 l/h.

La potencia del intercambiador la calcularemos del siguiente modo:

$$P_{intercambiador} = m_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{ice} - T_{ics}) \quad [7.74]$$

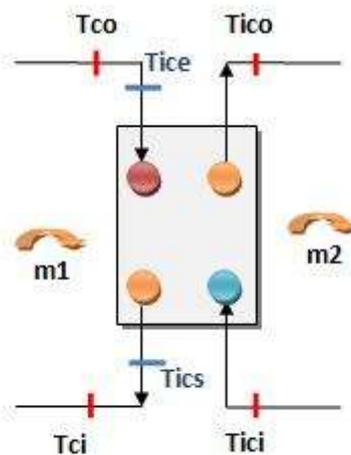


Imagen 7.34: Balance en el intercambiador

La capacidad calorífica y la densidad de la mezcla son las mismas que hemos estado usando hasta ahora para nuestro fluido caloportador.

Por lo tanto la potencia del intercambiador será:

$$P_{intercambiador} = 2,536 \frac{Kg}{s} \cdot 3900 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot (329,086 - 320,647) = 83493,88 W \quad [7.75]$$



Mes	Tics	Tice
Enero	294,535	299,711
Febrero	306,326	313,082
Marzo	314,425	322,337
Abril	322,659	332,093
Mayo	326,551	336,263
Junio	332,709	343,322
Julio	346,585	358,692
Agosto	351,578	363,244
Septiembre	332,519	342,226
Octubre	319,082	326,917
Noviembre	304,858	310,384
Diciembre	295,943	300,772
Anual	320,6475	329,086917

Tabla 7.16: Temperaturas de entrada y salida en intercambiador

La potencia calculada debe ser:

$$P \geq 500 \cdot A_{captadores} \quad [7.76]$$

$$P \geq 500 \cdot 198 \quad [7.77]$$

$$P \geq 99000 \text{ W} \quad [7.78]$$

La potencia calculada es la necesaria para toda la instalación como vamos a dimensionar la instalación de forma simétrica necesitamos dos intercambiadores de calor con una potencia de 41746,94 W y que serán mayores de 49500 W para cumplir con el CTE.

Resumen de datos:

Intercambiador de placas	2 unidades
Paneles	36
Caudal	4455 l/h
Potencia	49500 W = 42562,34 Kcal/h

Tabla 7.17: Resumen datos intercambiador

Elegimos dos intercambiadores de calor de 35 placas, caudal 4800 l/h y de potencia 45600 Kcal/h. El fabricante es SALVADOR ESCODA y es el MODELO M3FM L

Producción de A.C.S. con panel solar:

Modelo	Nº Placas	Paneles	(1º) Panel 55°C		(2º) A.C.S. 45°C		Pot. Kcal/h
			l/h	m.c.a.	l/h	m.c.a.	
M3FM L	8	5	600	0,77	600	1,17	6.000
M3FM L	12	10	1.200	1,22	1.200	1,52	11.400
M3FM L	20	20	2.400	1,76	2.400	1,89	22.800
M3FM L	28	30	3.600	2,06	3.600	2,08	34.200
M3FM L	35	40	4.800	2,53	4.800	2,23	45.600
M3FM L	43	50	6.000	2,64	6.000	2,33	56.400
T5M H	21	60	7.200	2,46	7.200	2,07	67.800
T5M H	23	70	8.400	2,98	8.400	2,50	79.200
T5M H	27	80	9.600	2,62	9.600	2,21	90.600
T5M H	29	90	10.800	2,91	10.800	2,45	102.000
T5M H	33	100	11.900	2,74	11.900	2,30	112.800



Imagen 7.35: Intercambiador de calor (fuente: Salvador Escoda)

3.4. Bomba de circulación en el secundario

El caudal que circulará por el circuito secundario será el mismo que circula por el primario ya que el intercambiador de nuestra instalación será un intercambiador simétrico, donde el flujo másico del fluido frío es igual al flujo másico del fluido caliente. Este caudal será:



$$Q = 45 \frac{l}{h \cdot m^2} \cdot 99 m^2 = 4455 \frac{l}{h} = 4,455 \frac{m^3}{h} \quad [7.79]$$

Las pérdidas que debemos calcular son las siguientes:

- Pérdida de carga de las tuberías.
- Pérdidas de carga del intercambiador de calor de A.C.S.
- Pérdida de carga imprevistas en los acumuladores:

Pérdida de carga de las tuberías

La tubería como ya hemos explicado tendrá un diámetro exterior: $\Phi = 42$ mm (diámetro interior 40 mm).

Para el cálculo de las pérdidas utilizaremos de nuevo el siguiente gráfico, entrando con el valor del caudal calculado anteriormente y el diámetro interior obtenido. Obtenemos un valor de 30 mmca por metro de tubería.

Para nuestra instalación son necesarios 5 metros:

$$\Delta P = 30 \text{ mmca} \cdot 5 = 150 \text{ mmca} \quad [7.80]$$

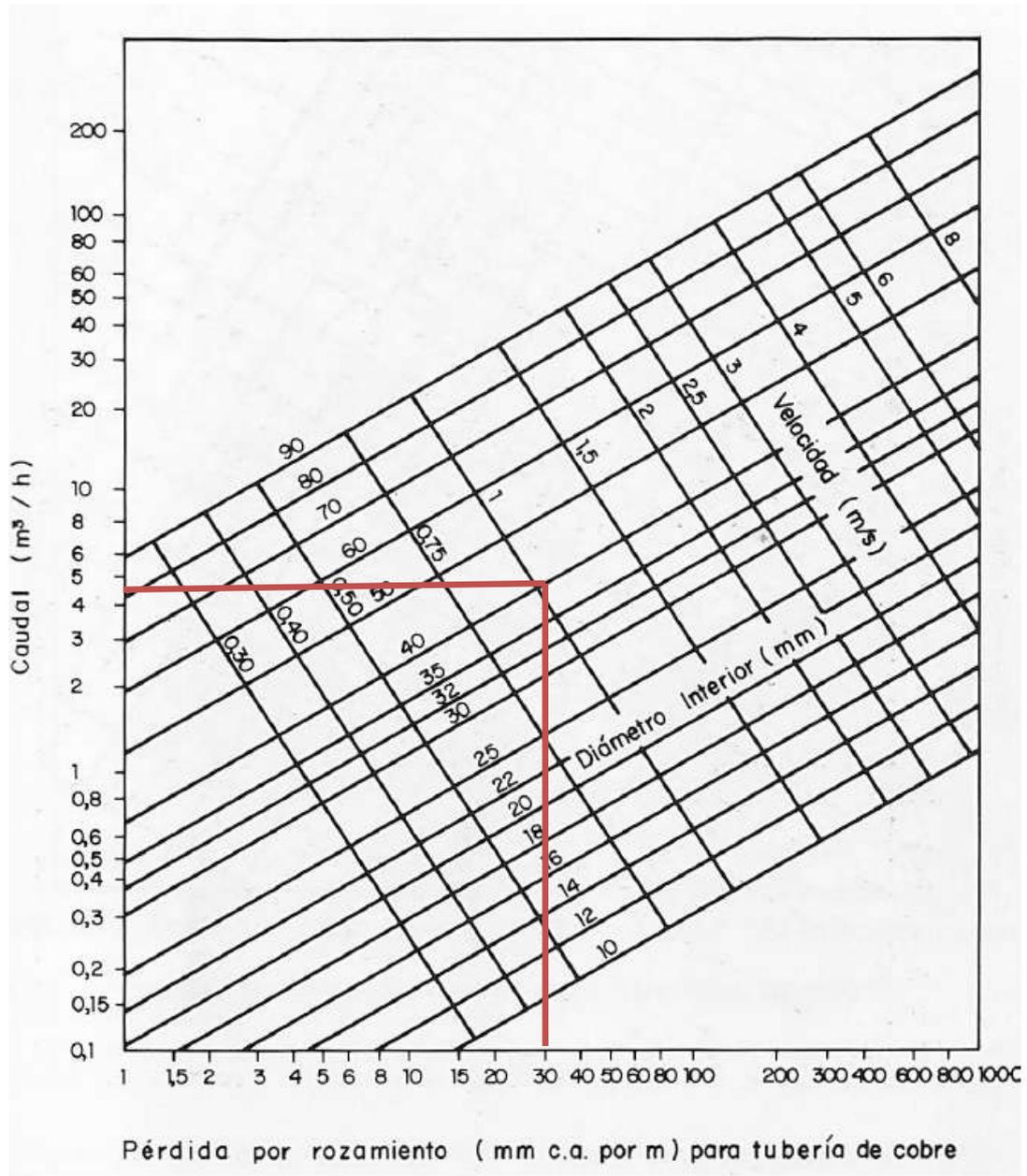


Imagen 7.36: Pérdida de carga en tuberías de cobre

Pérdida de carga en el intercambiador de calor

Como ya calculamos anteriormente:

$$\Delta P_{\text{intercambiador}} = 2230 \text{ mmca} \cdot 2 = 4460 \text{ mmca} \quad [7.81]$$

Pérdida de carga en el acumulador

Se recomienda estimar unas pérdidas globales del 10% para el acumulador al estar situado éste en un recinto cerrado y calefactado. Por tanto:

$$\Delta P_{\text{acumulador}} = 0,10 \cdot 4610 = 461 \text{ mmca} \quad [7.82]$$

Así tendremos que la potencia total es:

$$\Delta P_{\text{total}} = \Delta P_{\text{tuberias}} + \Delta P_{\text{intercambiador}} + \Delta P_{\text{acumulador}} = 5071 \text{ mmca} = 50710 \text{ Pa} \quad [7.83]$$

Para calcular la potencia de la bomba

$$W_{\text{bomba}} = \frac{m_{\text{fluido}} \cdot \Delta p}{\rho_{\text{fluido}} \cdot \eta} \quad [7.84]$$

$$W_{\text{bomba}} = \frac{2,574 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 50710 \text{ Pa}}{1040 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,5} = 251,0145 \text{ W} \quad [7.85]$$

Como en anteriores ocasiones, esta potencia sería para toda la instalación, por tanto, como vamos a tener dos instalaciones simétricas, pondremos dos bombas con una potencia de 125,507 W cada una.

El modelo elegido es UPS 40-60 /2F del fabricante GRUNDFOS especial para sistemas de agua caliente sanitaria. La potencia de entrada en velocidad 1: 155 W; potencia de entrada en velocidad 2: 175 W y potencia de entrada de velocidad 3: 250 W.



Imagen 7.37: Bomba circuito secundario (fuente: Grundfos)



3.5. Sistema de energía auxiliar

Entre los componentes de la instalación se debe de disponer de un equipo de energía convencional auxiliar que se utiliza para complementar la contribución solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, y garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o demanda superior a la prevista.

Los sistemas de apoyo pueden clasificarse en sistemas instantáneos y de acumulación.

Sistemas instantáneos:

Ventajas	Inconvenientes
Disponibilidad inmediata por tiempo ilimitado	Caudal limitado para la potencia del generador
Poco espacio	Necesidad de potencia de generador muy alta
Precio ajustado	Cada pequeña demanda de ACS implica la puesta en marcha del generador

Tabla 7.18: Ventajas & Inconvenientes Sistemas instantáneos

Sistemas acumulación:

Ventajas	Inconvenientes
Disponibilidad importante de un caudal punta alto a corto plazo	Ocupación de espacio alta
Baja necesidad de potencia en el generador	Dificultad de ubicación en locales o viviendas existentes
Cada demanda no implica el funcionamiento del generador	Necesidad de tiempos de recuperación
Ahorro de combustible y agua	Pérdidas por radiación

Tabla 7.19: Ventajas & Inconvenientes Sistemas acumulación

Los sistemas de apoyo también pueden clasificarse por el tipo de energía que utilizan, ya sean combustibles (gasóleo, gas natural o GLP), electricidad (por efecto Joule o mediante bombas de calor) u otras renovables (biomasa, etc.). a estos efectos es importante destacar la importancia de considerar los efectos globales de la transformación de la energía en energía térmica y, en particular, la degradación energética que significa la transformación de electricidad en energía térmica por efecto Joule. El empleo de energía eléctrica con fines térmicos supone siempre



elevados consumos de energía primaria (rendimientos energéticos muy bajos) por lo que se ha de evitar la utilización de la misma.

Por último, los sistemas de apoyo también pueden clasificarse como centralizados o individuales en función del lugar donde se produce la transformación de energía de apoyo en energía térmica final.

Como sistemas individuales instantáneos se suelen utilizar calentadores instantáneos o calderas mixtas; el requisito fundamental, que no siempre se cumple, a efectos de optimizar el funcionamiento de la instalación solar, es que permitan la regulación de la temperatura a la salida del calentador mediante reducción proporcional del consumo de combustible.

La conexión del sistema auxiliar será normalmente en serie con la instalación y se ubicará después de ésta. **[3]**

Para dimensionar el sistema auxiliar que será un sistema de acumulación con caldera, se va a tener en cuenta lo que estipula el Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación DTIE 1.01 Preparación de agua caliente para usos sanitarios.

El sistema de energía auxiliar estará formado por un interacumulador y una caldera:

3.6. Dimensionado del interacumulador:

Consumo diario

El consumo máximo diario del edificio se expresa:

$$Q_{max} = 0,75 \cdot Q_d \cdot N \quad [7.86]$$

Siendo:

- Q_d : el consumo medio diario (litros/día)
- N : número de viviendas

Este caudal lo vamos a calcular como hicimos en el capítulo 4, siguiendo las indicaciones del CTE que establece un consumo de 22 litros/día·persona.

Es decir que el consumo máximo será:

$$Q_d = 22 \frac{l}{\text{día} \cdot \text{persona}} \cdot 842 \text{ personas} = 18524 \frac{l}{\text{día}} \quad [7.87]$$

$$Q_{max} = 0,75 \cdot 18524 \frac{l}{\text{día}} \cdot 212 \text{ viviendas} = 2945316 \frac{l}{\text{día}} \quad [7.88]$$



Se multiplica por el factor 0,75 ya que el 75 % del consumo total tiene lugar entre las 17 y 20h del día. El sistema que sea capaz de satisfacer la demanda en este período de máximo consumo podrá satisfacer la demanda en otro período del día.

Periodo punta

Para calcular el tiempo T que dura el periodo punta, utilizamos la siguiente ecuación que es la de mayor fiabilidad:

$$T = 5 \cdot \frac{N^{0,905}}{15 + N^{0,920}} \quad [7.89]$$

Siendo N como hemos dicho anteriormente el número de viviendas, que en nuestro caso es: 212

Por tanto:

$$T = 5 \cdot \frac{N^{0,905}}{15 + N^{0,920}} = 5 \cdot \frac{212^{0,905}}{15 + 212^{0,920}} = 4,16 \text{ horas} = 14983,02 \text{ s} \quad [7.90]$$

Caudal máximo horario

El caudal máximo horario, medio en la hora de máximo consumo es igual a:

$$C_{max} = \frac{Q_p \cdot N \cdot \varphi}{3600} \quad [7.91]$$

Siendo φ el coeficiente de simultaneidad y que calculamos por medio de la siguiente ecuación:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{N-1}} + 0,17 = \frac{1}{\sqrt{212-1}} + 0,17 = 0,238 \approx 0,24 \quad [7.92]$$

Y Q_p es el consumo en el periodo punta, que es:

$$Q_p = 0,75 \cdot Q_d = 0,75 \cdot 18524 \frac{l}{dia} = 13893 \frac{l}{dia} = 0,1607 \frac{l}{s} \quad [7.93]$$

Por tanto el caudal máximo horario

$$C_{max} = \frac{Q_p \cdot N \cdot \varphi}{3600} = 0,1607 \frac{l}{s} \cdot N \cdot \varphi = 8,1764 \text{ l/s} \quad [7.94]$$



Volumen útil

Los depósitos de acumulación deben ser diseñados de manera que se favorezca la estratificación, con el fin de suministrar agua caliente a una temperatura constante.

Al entrar el agua fría en el depósito, tiende a mezclarse con el agua caliente de forma proporcional a la cantidad de movimiento. La disposición de deflectores cerca de la entrada de agua fría atenúa notablemente el fenómeno, sin llegar a anularlo del todo.

Por lo tanto es necesario diseñar depósitos acumuladores de pequeño diámetro y gran altura e instalarlo en posición vertical. En el caso de necesitar dos o más depósitos habrá que colocarlos en serie sobre el circuito del agua caliente.

Siempre va a existir un volumen de acumulación que no es aprovechable por estar a una temperatura inferior a la mínima de uso y que se tendrá en cuenta a la hora de calcular el volumen total de acumulación.

Factor de mezcla y factor de forma

El factor de mezcla f_m representa la relación entre el volumen útil del depósito y el volumen efectivo y depende del factor de forma f_f .

$$f_m = 0,63 + 0,14 \cdot f_f \quad [7.95]$$

$$f_f = \frac{H}{D} \quad [7.96]$$

Siendo:

- H: Altura del depósito (mm)
- D: Diámetro del depósito (mm)

Para favorecer la estratificación se debe seleccionar un factor de forma elevado (más de dos a ser posible), por lo que tomaremos el factor de forma con un valor de 2,5.

Por tanto:

$$f_f \geq 2,5 \quad [7.97]$$

$$f_m = 0,98 \quad [7.98]$$

El volumen efectivo del depósito acumulador debe ser igual a:

$$V = \frac{V_u}{f_m} \quad [7.99]$$

Si se divide la capacidad de acumulación en n depósitos conectados en serie, el volumen total V se calculará con esta ecuación:



$$V = \frac{V_u}{f_m} + (n - 1) \cdot \frac{V_u}{n} \quad [7.100]$$

Esto es porque la zona de agua mezclada afectará solamente a un depósito.

Para calcular el Volumen útil (V_u) utilizaremos la siguiente expresión:

$$V_u = \frac{C_{max} \cdot T}{1 + \frac{T}{t_p} \cdot \frac{1}{f_m}} = \frac{C_{max}}{\frac{1}{T} + \frac{1}{t_p \cdot f_m}} = \frac{8,1764 \text{ l/s}}{\frac{1}{14983,02 \text{ s}} + \frac{1}{10800 \text{ s} \cdot 0,98}} = 50714,39 \text{ l} \quad [7.101]$$

Siendo $t_p = 3 \text{ horas} = 10800 \text{ s}$

Por tanto el volumen efectivo será:

$$V = \frac{V_u}{f_m} = \frac{50714,39 \text{ l}}{0,98} = 51749,38 \text{ l} \quad [7.102]$$

Este volumen es para toda la instalación, como la hemos dividido en dos, el volumen efectivo será:

$$V = \frac{51749,38 \text{ l}}{2} = 25874,69 \text{ l} \quad [7.103]$$

Por lo que serán necesarios 6 interacumuladores conectados en serie para cada instalación. El modelo es IMV-5000-SB de SALVADOR ESCODA con serpentines de calentamiento desmontables, sus características se muestran en el apartado especificaciones técnicas.



Imagen 7.38: Intercumulador (fuente: Salvador Escoda)

3.7. Dimensionado de la caldera

Para calcular la potencia total tendremos que:

$$P = P_u + P_d + P_r \quad [7.104]$$

Siendo: P_u la potencia útil, P_d pérdidas de disponibilidad y P_r pérdidas de la red distribución.

La Potencia útil (P_u) la calculamos del siguiente modo:

$$P_u = \frac{4,19 \cdot \Delta T \cdot C_{max} \cdot T}{t_p + T} = \frac{4,19 \cdot 54 \text{ }^\circ\text{C} \cdot 8,1764 \frac{\text{l}}{\text{s}} \cdot 14983,02 \text{ s}}{10800\text{s} + 14983,02 \text{ s}} = 1084,14 \text{ kW} \quad [7.105]$$

Siendo ΔT el salto térmico producido entre la temperatura de preparación del agua, 60°C y la temperatura de la red más baja. Que corresponde a los meses de Enero y diciembre con $6 \text{ }^\circ\text{C}$.

Por tanto:

$$\Delta T = 60 \text{ }^\circ\text{C} - 6 \text{ }^\circ\text{C} = 54 \text{ }^\circ\text{C} \quad [7.106]$$

Las pérdidas de disponibilidad (P_d) se calculan:

$$P_d = \frac{0,55 \cdot 51749,38 \text{ l}}{1000} = 28,46 \text{ kW} \quad [7.107]$$

Y las pérdidas de la red de distribución (P_r):

$$P_r = 0,3 \cdot P \quad [7.108]$$

Por tanto la potencia total P , será:

$$P = P_u + P_d + P_r = 1084,14 + 28,46 + 0,3 \cdot P \quad [7.109]$$

$$P = \frac{1084,14 + 28,46}{0,7} = 1589,43 \text{ kW} \quad [7.110]$$

Como tenemos la instalación dividida en dos relamente necesitamos 2 calderas de 794,72 kW. Se utilizarán dos calderas de 900 kW del fabricante VIESSMANN I modelo es VITOPLEX 200 Modelo SX2



Imagen 7.39: Caldera (fuente: Viessmann)

3.8. Sistemas de regulación y control

El objetivo fundamental de los sistemas de regulación y control es optimizar el rendimiento de la instalación y evitar que ésta alcance condiciones que puedan provocar averías.

Hay dos parámetros de los captadores que influyen en la concepción de la regulación:

- La temperatura media del panel
- El caudal de fluido que circula por el mismo

Cuanto mayor sea la diferencia entre la temperatura media del captador y la temperatura ambiente, menor será el rendimiento. Por ello habrá que tener en cuenta:



Elementos de un sistema de regulación y control

Los tres elementos principales de un sistema de regulación y control son: los sensores, el regulador y los actuadores.

- Sensores: son los encargados de medir las variables a controlar en la instalación, las temperaturas.
- Regulador: es el dispositivo que genera una señal de control a partir del valor de la variable regulando en general el flujo de materia o energía. Pueden ser relés, contactores, válvulas de control, etc.
- Actuador: es el elemento que al recibir la señal de control actúa sobre la variable de operación, regulando en general el flujo de materia o de energía. Pueden ser relés, contactores, válvulas de control, etc.

En las instalaciones solares la regulación se realiza mediante la comparación de temperaturas en diferentes puntos de la instalación, de forma que se arranquen o paren las bombas y, cuando existan, se activen las válvulas de tres vías.

Sistemas de regulación y control

Existen múltiples configuraciones de sistemas de regulación, cada una de ellas con sus ventajas e inconvenientes.

Según el RITE-ITE 10:

El control de funcionamiento normal de las bombas será siempre de tipo diferencial y debe actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de captadores y la del depósito de acumulación.

El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas estarán paradas cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2 °C y en funcionamiento cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada del termostato diferencial no será menor de 2 °C.

Según el CTE, DB HE4:

El sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprenderá el control de funcionamiento de los circuitos y los sistemas de protección y seguridad contra sobrecalentamientos, heladas etc.

En circulación forzada, el control de funcionamiento normal de las bombas del circuito de captadores, deberá ser siempre de tipo diferencial y, en caso de que exista depósito de acumulación solar, deberá actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas



sea menor de 2 °C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor que 2 °C.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación. El sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.

El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos. **[2]**

El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

Alternativamente al control diferencial, se podrán usar sistemas de control accionados en función de la radiación solar.

Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro que regule la aportación de energía a la misma. Esto se puede realizar por control de temperatura o caudal actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías todo o nada, bombas de circulación, o por combinación de varios mecanismos.

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la temperatura, para conseguirlo en el caso de las de inmersión se instalarán en contra corriente con el fluido. Los sensores de temperatura deben estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos.

Preferentemente las sondas serán de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica.

Además el sistema de control asegurará que en las instalaciones para agua sanitaria, en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a 50 ° C en los puntos de consumo, recomendándose el empleo de válvulas mezcladoras.



Tipos:

Regulación por termostato

El termostato detecta si la temperatura en el captador solar es superior a un valor de consigna fijado con anterioridad. En dicho caso se produce el arranque de la bomba de circulación.

El termostato se monta en la salida del captador, tan cerca del mismo como sea posible.

- Utilización: calentamiento de piscinas al aire libre
- Ventajas: regulación sencilla y muy económica
- Inconvenientes: mal comportamiento a baja carga.

Regulación por termostato diferencial actuando sobre la bomba

Es el sistema de regulación más utilizado. Se compara la temperatura del fluido caloportador a la salida del captador con la temperatura del fluido en la parte inferior del depósito de acumulación. Cuando la diferencia entre ambas sea mayor que un valor ajustado en el termostato diferencial, éste ordenará a la bomba que se ponga en funcionamiento. Es aconsejable utilizar un diferencial mínimo de 6 ° C.

- Utilización: pequeñas instalaciones con distancias pequeñas entre los captadores y el acumulador.
- Ventajas: regulación sencilla y muy económica
- Inconvenientes: mal comportamiento a carga parcial.

Regulación por termostato diferencial y válvula de conmutación

El termostato de conexión pone en funcionamiento la bomba de circulación, al alcanzarse la temperatura mínima de utilización del captador.

La válvula de conmutación se encuentra en ese momento con el circuito by-pass abierto, y cerrado el circuito al intercambiador.

Cuando la temperatura dada por la sonda situada en la tubería de retorno del captador supera en cierta cantidad la temperatura de fluido en el fondo del acumulador, la válvula motorizada permitirá el paso del flujo caloportador al intercambiador.

- Utilización: pequeñas y medianas instalaciones con distancias grandes entre los captadores y el acumulador.
- Ventajas: regulación sencilla, mejor rendimiento, no se pierde energía en el acumulador.
- Inconvenientes: mal comportamiento a carga parcial, la bomba puede funcionar inútilmente, el captador alcanza temperaturas altas en la puesta en régimen.



Regulación por termostato diferencial y válvula mezcladora progresiva

El termostato de conexión conecta la bomba de circulación cuando hay suficiente radiación solar. El fluido circula a través del by-pass de la válvula mezcladora. Cuando la temperatura de salida del captador es mayor que la del acumulador la válvula se abre progresivamente, circulando una parte del fluido a través del intercambiador. En este caso el circuito de captadores trabaja a caudal constante.

- Utilización: medianas y grandes instalaciones (superficie colectora entre 50 y 300 m²) con distancias grandes entre los captadores y los acumuladores, y temperaturas altas en el acumulador
- Ventajas: no se pierde energía del acumulador en las tuberías y buen comportamiento a carga parcial
- Inconvenientes: la bomba puede funcionar inútilmente, el rendimiento no es óptimo.

Regulación por termostato diferencial y válvula de by-pass progresiva

El regulador de temperatura diferencial compara la temperatura de salida de los captadores con la del fluido del acumulador. Si la primera supera a la última en una cantidad prefijada, se abre la válvula de by-pass. La bomba de circulación se pone en funcionamiento y hace circular un caudal mínimo a través de los captadores.

Si la temperatura de los captadores continuara subiendo, la válvula de by-pass se abriría progresivamente, aumentando el caudal que circula por los mismos y manteniendo constante la diferencia de temperaturas al valor regulado. Si la temperatura de los captadores disminuye, la válvula de by-pass se cierra.

- Utilización: medianas y grandes instalaciones con distancias pequeñas entre los captadores y los acumuladores, y temperaturas altas en el acumulador.
- Ventajas: buen comportamiento a carga parcial, menor número de paradas de las bombas.
- Inconvenientes: se pierde energía del acumulador en las tuberías. **[3]**

La instalación estará controlada por dos reguladores térmicos diferenciales, uno para cada instalación. Se utiliza el modelo que facilita el fabricante de los colectores, es decir, CHROMAGEN el modelo es la Centralita TR0603. Cuyas características se muestran en el apartado de Especificaciones Técnicas.



Imagen 7.40: Regulador térmico diferencial (fuente: www.chromagen.es)



VIII. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN



1. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

El mantenimiento de la instalación lo llevará a cabo una empresa especializada a tal fin.

Para conseguir un mantenimiento óptimo de las instalaciones se deben seguir unos criterios generales, que consisten en dos tipos de actuaciones periódicas que engloban todas las operaciones necesarias para mantener la instalación en perfecto estado de funcionamiento, dichas actuaciones son:

- **Mantenimiento Preventivo:** Consiste en la verificación visual de los principales elementos de la instalación, con el objeto de mantener el funcionamiento, las prestaciones y la protección mínima del producto con tal de asegurar la durabilidad.
- **Mantenimiento Correctivo:** Incluye todas aquellas operaciones que se deben llevar a cabo cuando se detecta un funcionamiento incorrecto de la instalación realizando las sustituciones necesarias (siempre y cuando este en periodo de garantía y no haya hecho un mal uso el propietario del equipo) para garantizar los beneficios que aporta el producto.
- **Reparación:** Se da cuando, por el mal uso de la instalación o por el deterioro a causa del tiempo, algunos de los componentes del sistema están dañados, imposibilitando de esta manera el correcto funcionamiento del sistema.

Tanto el primero como el segundo, normalmente se pactan en el contrato de mantenimiento. En cambio, el tercero se contabilizará como una factura que incluya los servicios de los instaladores y el coste del equipamiento sustituido.

Para englobar las operaciones de mantenimiento necesarias durante la vida de la instalación y así asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar su duración, se realizarán:

- Plan de vigilancia
- Plan de mantenimiento preventivo

1.1. Plan de emergencia

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

Su alcance se muestra en la tabla 8.1:



Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
CAPTADORES	Limpieza de cristales	A determinar	Con aguas y productos adecuados
	Cristales	3	I.V. de condensaciones en las horas centrales del día
	Juntas	3	I.V. de agrietamientos y deformaciones
	Absorbedor	3	I.V. de corrosión, deformación, fugas...
	Conexiones	3	I.V. de fugas
	Estructura	3	I.V. de degradación, indicios de corrosión
CIRCUITO PRIMARIO	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	I.V. de ausencia de humedad y fugas
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín
CIRCUITO SECUNDARIO	Termómetro	Diaria	I.V. de la temperatura
	Tubería y aislamiento	6	I.V. de la ausencia de humedad y fugas
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito

I.V.: inspección visual

Tabla 8.1: Plan de observación simple

1.2. Plan de mantenimiento

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

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

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico competente que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas así como el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

A continuación se desarrollan de forma detallada las operaciones de mantenimiento que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.



Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	I.V. de diferencias sobre original e I.V. de diferencias entre captadores
Cristales	6	I.V. de condensaciones y suciedad
Juntas	6	I.V. de agrietamientos y deformaciones
Absorbedor	6	I.V. de corrosión, deformación
Carcasa	6	I.V. de deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6	I.V. de aparición de fugas
Estructura	6	I.V. de degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos

I.V.: inspección visual

Tabla 8.2: Tabla de captación

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Depósitos	12	Presencia de lodos en fondo
Ánodos sacrificio	12	Comprobación de desgaste
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación de buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

Tabla 8.3: Tabla de acumulación

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de placas	12	CF eficiencia y prestaciones
		Limpieza
Intercambiador de serpentín	12	CF eficiencia y prestaciones
		Limpieza

CF: control de funcionamiento

Tabla 8.4: Tabla de sistema de intercambio



Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento exterior	6	I.V. degradación de protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento interior	12	I.V. uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
vaso de expansión abierto	6	Comprobación de la presión
vaso de expansión cerrado	6	Comprobación del nivel
Sistemas de llenado	6	CF actuación
Válvula de corte	12	CF actuación (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF actuación

I.V.: inspección visual CF: control de funcionamiento

Tabla 8.5: Tabla de circuito hidráulico

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que siempre está bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación del sistema de medida	12	CF actuación

CF: control de funcionamiento

Tabla 8.6: Tabla de sistema eléctrico y de control



Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Sistema auxiliar	12	CF actuación
Sondas de temperatura	12	CF actuación

CF: control de funcionamiento

Tabla 8.7: Tabla de sistema de energía auxiliar



IX. ESTUDIO DEL IMPACTO MEDIO AMBIENTAL



1. INTRODUCCIÓN

El hecho de generar energía térmica, directamente del sol, sin que exista un proceso de combustión supone, desde el punto de vista medioambiental, un procedimiento muy favorable por ser limpio y exento de contaminación.

En primer término, toda la energía procedente del sol evita la utilización de un combustible fósil y por tanto la emisión de partículas sólidas en suspensión, tales como SO_2 , CO_2 , NO_x , etc.

Además, su utilización en la medida en que se evita el uso de otros combustibles, suprime los impactos originados por ellos en su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que incide beneficiosamente en el agua, el suelo, la atmósfera, la fauna, etc. Su utilización beneficia directamente al usuario, ya que es un procedimiento limpio y no produce ruidos significativos.

Según un estudio efectuado en 2000 por la consultora medioambiental AUMA, protegido por organismos en su mayoría oficiales, las energías convencionales tienen 31 veces más impacto ambiental que las renovables. Utilizando como unidad de medida el acopunto (cuantos más peor), la producción energética con lignito encabeza la lista negra con 1735, seguida de la de petróleo con 1398, la de carbón con 1356, la nuclear con 672, la de gas natural con 267.

Actualmente, las renovables apenas suponen el 6 % del total de la energía primaria consumida en España, y eso incluyendo la gran hidráulica, que no puede ser calificada como una energía limpia. En cuanto a la generación de electricidad, las renovables suponen en torno 4 %, sin la gran hidráulica, y el 18 % con ésta.

El objetivo del Plan de Fomento de las Energías Renovables, elaborado en 1999 por el Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía (IDAE), es que, para 2010, estas fuentes alternativas representen el 12 % de la energía primaria y el 29,4 % de la eléctrica (17,5 % sin la gran hidráulica). En megavatios de potencia instalada, y contando solo las cuatro renovables limpias, se trataría de superar los 13000 MW, un 67% más que todo el parque nuclear actual.

El posible efecto visual negativo, puede paliarse o enmascarse e incluso resultar positivo, buscando formas de integración en el entorno donde se ubican los colectores solares.

En el caso de nuestra instalación, al instalarse los paneles sobre el tejado respetando la inclinación de este, el impacto visual es mínimo ya que la única diferencia es que en vez de verse tejas se van a ver los captadores.



2. EFECTO INVERNADERO

La atmósfera de la Tierra está compuesta de muchos gases. Los más abundantes son el nitrógeno y el oxígeno (este último es el que necesitamos para respirar). El resto, menos de una centésima parte, son gases llamados "de invernadero". No los podemos ver ni oler, pero están allí. Algunos de ellos son el dióxido de carbono, el metano y el dióxido de nitrógeno.

En pequeñas concentraciones, los gases de invernadero son vitales para nuestra supervivencia. Cuando la luz solar llega a la Tierra, un poco de esta energía se refleja en las nubes; el resto atraviesa la atmósfera y llega al suelo. Gracias a esta energía, por ejemplo, las plantas pueden crecer y desarrollarse.

Pero no toda la energía del Sol es aprovechada en la Tierra; una parte es "devuelta" al espacio. Como la Tierra es mucho más fría que el Sol, no puede devolver la energía en forma de luz y calor. Por eso la envía de una manera diferente, llamada "infrarroja".

En el pasado, la Tierra pasó diversos periodos glaciales. Hoy día quedan pocas zonas cubiertas de hielo. Pero la temperatura mediana actual es solo 4 °C superior a la del último periodo glacial, hace 18000 años.

El efecto de calentamiento que producen los gases se llama efecto invernadero: la energía del Sol queda atrapada por los gases, del mismo modo en que el calor queda atrapado detrás de los vidrios de un invernadero.

En el Sol se producen una serie de reacciones nucleares que tienen como consecuencia la emisión de cantidades enormes de energía. Una parte muy pequeña de esta energía llega a la Tierra, y participa en una serie de procesos físicos y químicos esenciales para la vida.

Prácticamente toda la energía que nos llega del Sol está constituida por radiación infrarroja, ultravioleta y luz visible. Mientras que la atmósfera absorbe la radiación infrarroja y ultravioleta, la luz visible llega a la superficie de la Tierra. Una parte muy pequeña de esta energía que nos llega en forma de luz visible es utilizada por las plantas verdes para producir hidratos de carbono, en un proceso químico conocido con el nombre de fotosíntesis. En este proceso, las plantas utilizan dióxido de carbono y luz para producir hidratos de carbono (nuevos alimentos) y oxígeno.

En consecuencia, las plantas verdes juegan un papel fundamental para la vida, ya que no sólo son la base de cualquier cadena alimenticia, al ser generadoras de alimentos sino que, además, constituyen el único aporte de oxígeno a la atmósfera.

En la fotosíntesis participa únicamente una cantidad muy pequeña de la energía que nos llega en forma de luz visible. El resto de esta energía es absorbida por la superficie de la Tierra que, a su vez, emite gran parte de ella como radiación infrarroja. Esta radiación infrarroja es absorbida por algunos de los componentes de la atmósfera (los mismos que absorben la radiación infrarroja que proviene del Sol)

que, a su vez, la remiten de nuevo hacia la Tierra. El resultado de todo esto es que hay una gran cantidad de energía circulando entre la superficie de la Tierra y la atmósfera, y esto provoca un calentamiento de la misma. Así, se ha estimado que, si no existiera este fenómeno, conocido con el nombre de efecto invernadero, la temperatura de la superficie de la Tierra sería de unos veinte grados bajo cero.

Entre los componentes de la atmósfera implicados en este fenómeno, los más importantes son el dióxido de carbono y el vapor de agua (la humedad), que actúan como un filtro en una dirección, es decir, dejan pasar energía, en forma de luz visible, hacia la Tierra, mientras que no permiten que la Tierra emita energía al espacio exterior en forma de radiación infrarroja.

En lo que respecta al efecto invernadero, se está produciendo un incremento espectacular del contenido en dióxido de carbono en la atmósfera a causa de la quema indiscriminada de combustibles fósiles, como el carbón y la gasolina, y de la destrucción de los bosques tropicales. Así, desde el comienzo de la Revolución Industrial, el contenido en dióxido de carbono de la atmósfera se ha incrementado aproximadamente en un 20 %. La consecuencia previsible de esto es el aumento de la temperatura media de la superficie de la Tierra, con un cambio global del clima que afectará tanto a las plantas verdes como a los animales. Las previsiones más catastrofistas aseguran que incluso se producirá una fusión parcial del hielo que cubre permanentemente los Polos, con lo que muchas zonas costeras podrían quedar sumergidas bajo las aguas. Sin embargo, el efecto invernadero es un fenómeno muy complejo, en el que intervienen un gran número de factores, y resulta difícil evaluar tanto el previsible aumento en la temperatura media de la Tierra, como los efectos de éste sobre el clima.



Imagen 9.1: Esquema efecto invernadero (fuente: UNEP-GRID-Arendal)

Aún cuando no es posible cuantificar las consecuencias de éste fenómeno, la actitud más sensata es la prevención. El obtener un mayor rendimiento de la energía, así



como el utilizar energías renovables, produciría una disminución del consumo de combustibles fósiles y, por lo tanto, de nuestro aporte de dióxido de carbono a la atmósfera. Esta prevención también incluiría la reforestación, con el fin de aumentar los medios naturales de eliminación de dióxido de carbono.

3. ESTUDIO DE LAS EMISIONES DE CO₂

Por todo esto explicado vamos a estudiar las emisiones de CO₂ producidas en nuestra instalación usando energía solar térmica comparándolas con las producidas si la instalación se realizara por medio de otra fuente de energía.

En la siguiente tabla se muestran las emisiones de CO₂ de distintas fuentes energéticas como carbón, gasoil, fuel oil, gas natural y G.L.P. (gas licuado del petróleo):

Fuente energética	Emisiones de CO ₂ por Kwh. (Fte: DEFRA)
1 Kwh Carbón	300 gr. CO ₂ /Kwh.
1 Kwh Gasoil	250 gr. CO ₂ /Kwh.
1 Kwh Fuel oil	260 gr. CO ₂ /Kwh.
1 Kwh G.L.P.	214 gr. CO ₂ /Kwh.
1 Kwh Gas natural	190 gr. CO ₂ /Kwh.
1 Kwh Nuclear	0 gr. CO ₂ /Kwh.
1 Kwh hidráulica, eólica	0 gr. CO ₂ /Kwh.
1 Kwh biomasa, RSU	215 gr. CO ₂ /Kwh.
1 Kwh Electricidad	(ponderando)

Imagen 9.2: Emisiones CO₂ (fuente: DEFRA)

Tendremos pues que ver la potencia calorífica en KWh que se produce en nuestra instalación.



Mes	Demanda necesaria para la instalación (MJ)	Aporte solar (MJ)
Enero	144178,714	42965,2569
Febrero	124375,393	59202,6871
Marzo	125788,206	76730,8054
Abril	123769,792	93693,7323
Mayo	119538,306	99336,3325
Junio	110004,718	105054,506
Julio	99136,3357	99136,3357
Agosto	88348,674	88348,674
Septiembre	100665,788	96135,8278
Octubre	110295,16	75993,3652
Noviembre	120548,672	51835,9289
Diciembre	139006,384	41562,9087
Total Anual	1405656,143	1016223,464

Tabla 9.1: Demanda necesaria & Aporte solar

Dado que 1 Kwh = 1000 watios x 3600 segundos = 3.600.000 Julios

La demanda total anual necesaria es:

$$Demanda\ anual = 1405656,143\ MJ = 390460,0397\ KWh \quad [9.1]$$

Y el aporte solar:

$$Aporte\ solar = 1016223,464\ MJ = 282284,2955\ KWh \quad [9.2]$$

El combustible será quemado en la caldera por lo que tendremos que tener en cuenta el rendimiento de esta.

La caldera tiene un rendimiento del 0,91%, para calcular los KWh de combustible, utilizaremos la siguiente relación:

$$KWh\ combustible = \frac{KWh}{\eta_{caldera}} \quad [9.3]$$

Así la cantidad de combustible que se quemaría en la instalación sin aporte solar será:

$$KWh\ combustible = \frac{390460,0397\ KWh}{0,91} = 429076,9667\ KWh_{combustible} \quad [9.4]$$

Por tanto si la instalación total tuviera como fuente de energía cualquiera de las fuentes mencionadas en la tabla anterior, las emisiones de CO₂ serían:



- Carbón:

$$\text{Emisión } CO_2 \text{ instalación de carbón} = 429076,9667 \text{ KWh} \cdot 300 \frac{\text{g}CO_2}{\text{KWh}} = 128723,09 \text{ kg } CO_2 \quad [9.5]$$

- Gasoil:

$$\text{Emisión } CO_2 \text{ instalación de gasoil} = 429076,9667 \text{ KWh} \cdot 250 \frac{\text{g}CO_2}{\text{KWh}} = 107269,24 \text{ kg } CO_2 \quad [9.6]$$

- Fuel oil:

$$\text{Emisión } CO_2 \text{ instalación de gasoil} = 429076,9667 \text{ KWh} \cdot 260 \frac{\text{g}CO_2}{\text{KWh}} = 111560,02 \text{ kg } CO_2 \quad [9.7]$$

- G.L.P (gas licuado de petróleo):

$$\text{Emisión } CO_2 \text{ instalación de G.L.P} = 429076,9667 \text{ KWh} \cdot 214 \frac{\text{g}CO_2}{\text{KWh}} = 91822,47 \text{ kg } CO_2 \quad [9.8]$$

- Gas natural:

$$\begin{aligned} \text{Emisión } CO_2 \text{ instalación de gas natural} &= 429076,9667 \text{ KWh} \cdot 190 \frac{\text{g}CO_2}{\text{KWh}} \\ &= 81524,62 \text{ kg } CO_2 \quad [9.9] \end{aligned}$$

Con el uso de energía solar la emisión de CO_2 disminuirá, nuestra instalación que formada por un sistema auxiliar de energía con gas natural evita la emisión de:

$$\text{Emisión } CO_2 \text{ instalación de gas natural} = \frac{\text{Aporte solar KWh}}{\eta_{\text{caldera}}} \cdot 190 \frac{\text{g}CO_2}{\text{KWh}} \quad [9.10]$$



Mes	Aporte solar (KWh combustible)	Emisión CO ₂ (kg)
Enero	11934,7936	2491,87998
Febrero	16445,1909	3433,61128
Marzo	21314,1126	4450,19934
Abril	26026,0368	5434,00767
Mayo	27593,4257	5761,2647
Junio	29181,8072	6092,90481
Julio	27537,871	5749,66538
Agosto	24541,2983	5124,00735
Septiembre	26704,3966	5575,64325
Octubre	21109,2681	4407,42961
Noviembre	14398,8691	3006,35729
Diciembre	11545,2524	2410,54721
Total Anual	258332,322	53937,5179

Tabla 9.2: Emisión CO₂ evitada

Es decir, que en un año hemos dejado de emitir 53937,5179 kg de CO₂ con el uso de energía procedente del sol. Es una importante cantidad pero si evitamos esto en un año, en 25 años la disminución sería de 1348437,9475 kg de CO₂.

4. CONCLUSIÓN

La generación de ACS a partir de la radiación solar tiene unos efectos ambientales menores, ya que no se producen afecciones a las características litológicas, topográficas o estructurales del terreno, no se contaminan aguas o suelos con vertidos, ni se producen repercusiones en flora y fauna y se trata de un sistema completamente silencioso. Además, en nuestro caso, se integran los paneles en el tejado del edificio de viviendas, como un elemento constructivo más.

Se ha estudiado en el apartado anterior la cantidad de CO₂ que se deja de emitir con una instalación de energía solar. Estos cálculos se han estimado para una vivienda situada en la Comunidad de Madrid, teniendo en cuenta el Censo de Viviendas del año 2007 que aparece en la imagen 9.3 y que la contribución solar mínima tiene que ser similar ($>0,7$), las emisiones de CO₂ que se dejarían de emitir a la atmósfera sería un dato bastante importante ya que se podrían dejar de emitir 153 millones de toneladas de CO₂ en un año, haciendo de la energía solar térmica una fuente de energía muy valiosa.



Ahorro emisiones CO₂ Comunidad de Madrid = 2841352 viviendas · 53937,5179 kg de CO₂
= 153255474360 kg CO₂ = 153.255.474,36 Toneladas CO₂ [9.11]



Urbanismo, vivienda y construcción - Vivienda y edificación

Estimación del número de viviendas por uso y régimen de tenencia

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Total	2.482.885	2.524.353	2.567.758	2.635.616	2.706.368	2.781.631	2.841.352
Principales	1.873.671	1.954.239	2.021.691	2.092.891	2.134.111	2.227.795	2.287.409
En propiedad	1.583.048	1.646.248	1.696.330	1.750.160	1.774.010	1.857.324	1.899.836
En alquiler	255.254	272.720	290.187	307.654	325.121	335.588	351.756
En cesión	35.369	35.271	35.174	35.077	34.980	34.883	35.817
No principales	609.214	570.114	546.067	542.725	572.257	553.836	553.943

Imagen 9.3: Estimación número de viviendas (fuente: Estimación del parque de viviendas. Subdirección General de Estudios y Estadísticas. Ministerio de Vivienda.)



X. ESTUDIO ECONÓMICO



1. INTRODUCCIÓN

Un proyecto de ingeniería surge para satisfacer una necesidad. En este sentido los proyectos de energía solar térmica, y en concreto el descrito en este documento, cumplen con esa necesidad en tres aspectos:

- Lograr la autosuficiencia del usuario al evitar la dependencia de fuentes energéticas convencionales, lo que redundará en una mayor comodidad.
- Contribuir de manera notable a frenar los efectos derivados del efecto invernadero, mediante la no emisión de producto de combustión alguno.
- Y por último, llegar a alcanzar un beneficio económico mediante el aprovechamiento de una energía que llega directa y gratuitamente al emplazamiento.

Los dos primeros puntos se han justificado en los apartados anteriores, por lo que nos queda discutir el aspecto económico.

Dado que existe la posibilidad de que haya días con aporte solar nulo, hay que realizar el estudio económico de toda la instalación, es decir, tanto de la solar como de la convencional, para así poder garantizar el suministro.

Los aspectos que vamos a estudiar en este análisis económico son:

- Coste inicial de la inversión: Es la cantidad real desembolsada por el destinatario de la instalación. Depende del precio presupuestado (con IVA).
- Ayudas y subvenciones: fuentes de financiación correspondientes a cada Comunidad Autónoma
- Ahorro de combustible: ahorro de otras fuentes de energía en nuestro caso gas natural
- Periodo de retorno del capital invertido: es el indicador del tiempo transcurrido desde la realización de la inversión hasta que el ahorro que ésta produce haya amortizado el desembolso realizado.

Además estudiaremos el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno) que son dos herramientas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión.



2. COSTE INICIAL DE LA INVERSIÓN

En esta cantidad se incluyen todos los elementos de la instalación, así como la mano de obra.

Mostramos el presupuesto total de la instalación en la siguiente tabla:

CONCEPTO	MODELO	FABRICANTE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Captador solar alta eficiencia	CR-12 S8	CHROMAGEN	72	675 €	51300 €
Estructura para 2 captadores	Cubierta inclinada	CHROMAGEN	2	201 €	402 €
Estructura para 4 captadores	Cubierta inclinada	CHROMAGEN	2	411 €	822 €
Estructura para 5 captadores	Cubierta inclinada	CHROMAGEN	12	502 €	6024 €
Fluido caloportador Glycol	Envase plástico 1 l	SALVADOR ESCODA	8910	8 €	71280 €
Tubería de cobre	Diam. 22 mm	DISA	370	14,88 €	5505,6 €
Tubería de cobre	Diam. 42 mm	DISA	165	43,21 €	7129,65 €
Aislamiento tubería cobre	19 mm x 42 mm	ISOPIPE UV	165	11,741 €	1937,265 €
Aislamiento tubería cobre	30 x 22 mm	ISOPIPE UV PLUS	370	15,523 €	5743,51 €
Vaso de expansión	SMF12	SALVADOR ESCODA	2	28,08 €	56,16 €
Bomba circulación (Circuito primario)	UPS 65-120F	GRUNDFOS	12	1302,6 €	15631,2 €
Tanque acumulador	ACSPF-T	SALVADOR ESCODA	4	5238 €	20952 €
Intercambiador de calor	M3FM L	SALVADOR ESCODA	2	1430 €	2860 €
Aerotermo	EC-N5	SOLER & PALAU	2	308,10 €	616,2 €
Bomba de circulación (circuito secundario)	UPS 40-60/2F	GRUNDFOS	2	1050,08 €	2100,16 €
Interacumulador	IMV 5000 SB	SALVADOR ESCODA	12	9262 €	111114 €
Caldera	VITEPLEX 200 SX2	VISSMANN	2	2150 €	4300 €
Sistema de regulación y control	CENTRLITA TR0603	CHROMAGEN	2	490 €	980 €
Purgador	PURG-O-MAT 150 SOLAR	SALVADOR ESCODA	50	32,66 €	1633 €
Válvulas					1000 €
Otros					2000 €
Mano de obra, Ingeniería					5500 €
Mantenimiento					700 €
TOTAL PRESUPUESTO :				319.986,745	€

Tabla 10.1: Presupuesto de la instalación



TRESCIENTOS DIECINUEVE MIL NEVECIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS CON SETECIENTOS CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS DE EUROS.

3. AYUDAS Y SUBVENCIONES.

Cómo es sabido, la instalación de este proyecto se realiza en Madrid. Para este tipo de instalaciones la Comunidad de Madrid cuenta con los siguientes planes de ayudas. Que pasamos a describir a continuación:

PROGRAMA DE AYUDAS PARA PROMOCIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

OBJETO

Concesión de ayudas para promover actuaciones de utilización de fuentes de energía renovables en el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid, incentivando el autoabastecimiento energético y la protección del medio ambiente.

BENEFICIARIOS

- Corporaciones locales.
- Otras entidades públicas.
- Instituciones sin ánimo de lucro.
- Comunidades de propietarios.
- Sociedades cooperativas.
- Empresas, salvo para instalaciones de producción de energía eléctrica en Régimen Especial.
- Personas físicas, salvo para instalaciones de producción de energía eléctrica en Régimen Especial.

ACTUACIONES SUBVENCIONABLES Y CUANTÍA DE LAS AYUDAS

A) Energías renovables.

- **Solar térmica:** (excepto piscinas privadas, instalaciones obligatorias por Ordenanzas municipales o instalaciones de superficie inferior a 10 m², salvo que tengan carácter demostrativo): *300 €/m² para refrigeración y 200 €/m² para resto.*
- **Solar fotovoltaica:** (sistemas aislados o sistemas conectados a red de más de 5 kWp, o de potencia inferior que tengan carácter demostrativo, salvo que sean obligatorios por Ordenanzas municipales): *1,5 €/Wp sistemas conectados a red, 3 €/Wp aislados con acumulación y 2,5 €/Wp sin acumulación.*
- **Eólica:** (hasta 50 kW): *30% de la inversión subvencionable.*
- **Biomasa y residuos:** *30%.*
- **Hidráulica:** (instalaciones nuevas o rehabilitación, hasta 10 MW): *30%.*
- **Geotérmica:** *30%.*
- **Instalaciones mixtas:** *cuantía proporcional.*

B) Proyectos de investigación, desarrollo y demostración: *40% de la inversión subvencionable.*



C) Estudios, consultorías, actividades divulgativas y actuaciones de carácter general realizadas por Ayuntamientos: *40% de la inversión subvencionable.*

Tienen prioridad las instalaciones de energía solar térmica, fotovoltaica aislada y diversas aplicaciones de biomasa.

Para Ayuntamientos de menos de 10.000 habitantes, la cuantía de la subvención será del 50% de la inversión subvencionable.

CUANTÍA MÁXIMA DE LAS AYUDAS

70% de la inversión en todos los casos, y

- *200.000 € para personas físicas.*
- *200.000 € en tres años para empresas.*
- *300.000 € para resto de beneficiarios.*

PERIODO DE REALIZACIÓN DE LA INVERSIÓN

Desde 15 de noviembre de 2007 hasta 15 de noviembre de 2008.

PLAZO DE PRESENTACIÓN DE SOLICITUDES

Dos meses a partir de su publicación en el BOCM.

PROGRAMA DE AYUDAS PARA PROMOCIÓN DEL AHORRO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

OBJETO

Promover actuaciones de uso racional de la energía en el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid, incentivando el autoabastecimiento energético y la protección del medio ambiente.

BENEFICIARIOS

Todo tipo de beneficiarios.

ACTUACIONES SUBVENCIONABLES Y CUANTÍA DE LAS AYUDAS

A) Auditorías energéticas en sectores industriales: 75% de la inversión subvencionable, con los máximos siguientes:



Consumo de energía (tep/año)	Ayuda máxima (€)
> 60.000	22.500
> 40.000 - 60.000	18.000
> 20.000 - 40.000	15.000
> 10.000 - 20.000	12.750
> 6.000 - 10.000	10.500
> 4.000 - 6.000	9.000
< 4.000	7.500

Imagen 10.1: Tabla consumos & ayudas (fuente: madrid.org)

B) Actuaciones de mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de edificios existentes: 22%. Para equipos de alta eficiencia energética, hasta 30%.

C) Actuaciones de mejora energética de las instalaciones de iluminación interior en edificios existentes: 22% general. Hasta 35% casos especiales. Máximo 10.000 € viviendas y 50.000 € otros usos.

D) Renovación de instalaciones de alumbrado público exterior existentes: 40%.

E) Estudios, análisis de viabilidad y auditorías de instalaciones de alumbrado exterior existentes: 50%, máximo 25.500 €.

F) Estudios de viabilidad para cogeneraciones en industrias: 25%, máximo 6.000 €.

G) Auditorías energéticas en cogeneraciones existentes: 75%, máximo 6.000 €.

H) Plantas de cogeneración de alta eficiencia en el sector terciario: 10%, máximo 200.000 €.

CUANTÍA MÁXIMA DE LAS AYUDAS

- 200.000 € para personas físicas.
- 200.000 € en tres años para empresas.
- 300.000 € para resto de beneficiarios.

PERÍODO DE REALIZACIÓN DE LA INVERSIÓN

Desde 1 de enero de 2008 hasta 30 de septiembre de 2009.

PLAZO DE PRESENTACIÓN DE SOLICITUDES

Dos meses a partir de su publicación en el BOCM.

Estos dos programas de ayudas son de los que se disponen en la página web de la Comunidad de Madrid. Dado que el primero tiene vencida la fecha del periodo de realización de la inversión, haremos uso del segundo programa en el que se da una



subvención del 22 % para **Actuaciones de mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de edificios existentes.**

Por tanto:

$$\text{Subvención} = \text{Presupuesto} \cdot 22\% = 319.986,745 \text{ €} \cdot 0,22 = 70.390,0839 \text{ €} \quad [10.1]$$

Y el precio total de la instalación será:

$$\text{Precio total} = 319.986,745 \text{ €} - 70.390,0839 = 249.277,6611 \text{ €} \quad [10.2]$$

4. AHORRO DE COMBUSTIBLE

Como vimos en el apartado anterior de impacto ambiental, el consumo energético total de la instalación se ha estimado en 1405656,143 MJ, que suponen 390460,0397KWh/año. El aporte conseguido con el sistema solar propuesto es del 70 % como se ha demostrado en anteriores apartados. Ello supone un ahorro de gas natural de 258332,322 kWh anuales. Siendo el precio del kWh de gas natural de 0,048099 €/kWh, según el anexo de la *RESOLUCIÓN de 9 de abril de 2007, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se hacen públicas las tarifas de suministro de gas natural, el coste unitario de la materia prima y el precio de cesión publicado por el BOE*. El ahorro será:

$$\text{Ahorro anual} = 258332,322 \text{ kWh} \cdot 0,048099 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 12425,526 \text{ €} \quad [10.3]$$

5. CRECIMIENTO ESPERADO DEL PRECIO DEL GAS NATURAL

El escenario energético actual incorpora más incertidumbres aún a los modelos económicos, de por sí fluctuantes. Se espera que los precios de la energía se eleven en los próximos años, y en particular el de los combustibles fósiles, dada la tasa de demanda creciente, y la distribución geopolítica de los recursos.

En la figura siguiente, elaborada mediante datos de la empresa francesa elaboradora de estadísticas de energía, ENERDATA, podemos observar el crecimiento esperado será superior al 20 % a la vista del comportamiento histórico.

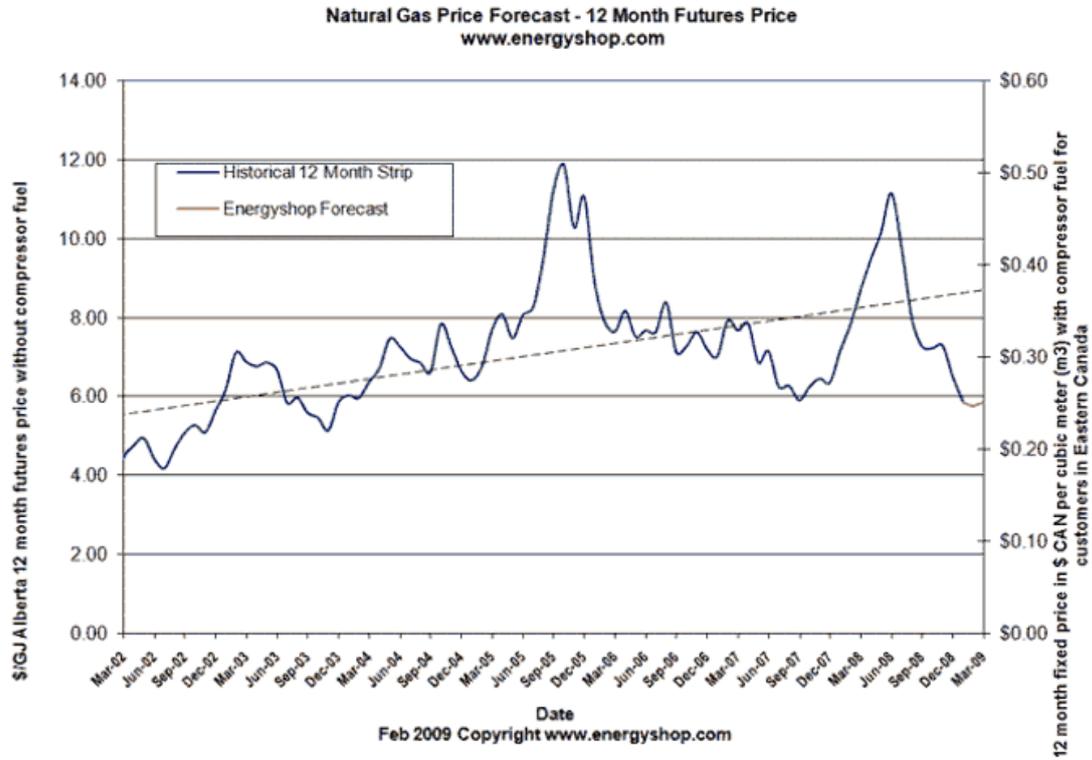


Imagen 10.2: Estimación precio gas natural (fuente: www.energysshop.com)

6. PERIODO DE RETORNO DEL CAPITAL INVERTIDO

Para evaluar y comparar con ajuste a la realidad las cantidades que intervienen en el estudio de la rentabilidad de una instalación, es preciso considerar que dichas cantidades (coste combustible, mantenimiento, ahorro anual, etc.) variarán normalmente al alza a consecuencia de la inflación.

Por ello todas las cantidades serán referidas al valor del dinero en el momento de realizar la inversión.

El ahorro bruto en un período de t años viene dado por la expresión:

$$A \sum_{n=1}^{n=t} \left(\frac{1+c}{1+e} \right)^n \quad [10.4]$$

El coste total de mantenimiento en ese período de t años, comparado con el valor del dinero en el momento inicial es:

$$M \sum_{n=1}^{n=t} \left(\frac{1+i}{1+e} \right)^n \quad [10.5]$$



Siendo:

- A: ahorro previsto anualmente (12425,526 €)
- M: coste de mantenimiento durante el primer año de la instalación (700 €)
- c: crecimiento esperado del coste del precio del gas natural (20 %)
- e: representa la tasa de interés de una posible inversión (6,5 % valor obtenido de Asesor Financiero de una sucursal del banco BBVA)
- i: es el valor de la inflación anual, que repercutirá en la factura del mantenimiento (0,7 % valor obtenido del Ministerio de Economía y Hacienda)
- n: representa el año de cálculo
- t: el período en años de vida útil que se estima para la instalación proyectada (20 años)

La diferencia de ambas expresiones representa el ahorro anual. Si a esa cantidad se le descuenta el coste de la inversión inicial (C), se obtiene el beneficio neto para el año de cálculo (B). Obviamente tal beneficio no existirá en los primeros años, apareciendo una vez pasado el período de retorno.

$$B = A \sum_{n=1}^{n=t} \left(\frac{1+c}{1+e} \right)^n - M \sum_{n=1}^{n=t} \left(\frac{1+i}{1+e} \right)^n - C \quad [10.6]$$

Sustituimos los valores y obtenemos los siguientes resultados:

Año	Beneficio (€)
1	-249001,298
2	-248255,339
3	-247301,408
4	-246119,318
5	-244685,99
6	-242975,097
7	-240956,677
8	-238596,683
9	-235856,488
10	-232692,309
11	-229054,576
12	-224887,208
13	-220126,797
14	-214701,7
15	-208530,994
16	-201523,321
17	-193575,569



INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS EN MADRID

18	-184571,393
19	-174379,547
20	-162852,002
21	-149821,828
22	-135100,805
23	-118476,732
24	-99710,392
25	-78532,1359
26	-54638,0296
27	-27685,514
28	2711,4857
29	36988,0711
30	75634,5805

Tabla 10.2: Periodo amortización & beneficio

Podemos observar que la inversión será amortizada en un periodo de 28 años. A partir de esta fecha se empiezan a tener ganancias.



Gráfico 10.1: Periodo amortización

Según los datos del fabricante de los paneles solares (Chromagen) la vida útil de estos es de 20 años, por lo que la instalación no llega a amortizarse en este tiempo.



XI. CONCLUSIÓN FINAL



Como dijimos al principio de este proyecto el objetivo de este texto era realizar una instalación de Agua Caliente Sanitaria en un edificio de viviendas multifamiliar en Madrid, más concretamente para 212 viviendas.

A partir de aquí se han realizado todos los cálculos necesarios y se ha dimensionado para conseguir diseñar la instalación.

Al ser un edificio con tantas viviendas y con un gran número de personas (recordemos que son 842), los datos obtenidos han sido bastante abundantes tanto en número de captadores como en tanques acumuladores o interacumuladores, por no hablar de las bombas todas ellas (sobre todo las del circuito primario) con una gran potencia.

La cubierta del edificio perjudicó la colocación de colectores ya que como se observa en los planos, eligiendo la inclinación que más nos favorecía (es decir, la que se orientaba hacia el Sur), las dimensiones de esta eran pequeñas en concordancia con la necesidad energética que debíamos cubrir. Por todo esto se hizo un estudio al principio con un colector que tenía un menor rendimiento (del orden de 0,67) y una superficie captadora también algo menor (2,53 m² por captador). Esto nos llevo a que el área de captación fuera bastante elevada y en consecuencia el número de captadores también era elevado 88, que por razones estructurales era imposible ubicar en la cubierta.

Así se decidió elegir un captador con mayor rendimiento (0,80) y con un área no mucho más grande que el anterior (2,75 m²), obteniendo una superficie de captación menor y en consecuencia un menor número de captadores (72) que hemos podido ubicar en la cubierta, además esta ubicación pudimos realizarla de forma simétrica reduciendo así las dimensiones de los elementos de la instalación, ya que lo que hemos realizado han sido dos instalaciones iguales más pequeñas en vez de una más grande.

Estos captadores van a ser los encargados de aprovechar la energía del sol para calentar el agua y dar servicio a los usuarios del edificio.

A modo de resumen explicamos a continuación los datos obtenidos para toda la instalación.

Para calcular la demanda energética se estimo un número de 842 personas con un consumo de 22 litros/persona. Obteniendo un consumo de 562766,8383 litros al año y una demanda energética de 1405656,1 MJ.

Como hemos explicado en líneas precedentes, los colectores fueron elegidos a conciencia con un alto rendimiento, siendo estos del fabricante CHROMAGEN, que realiza captadores solares selectivos de alta eficiencia.

Teniendo en cuenta las pérdidas que se producen por influencia del viento en los captadores y en las tuberías del exterior, calculamos el área de captación necesaria (198 m²) y el número de captadores, que como hemos indicado antes, es 72. Además obtuvimos la contribución solar mínima, siendo esta del 70 % tal y como debíamos cumplir según el CTE, en función de la zona climática (IV) y del consumo.



Finalmente realizamos el dimensionado de la instalación, que comprende de: tuberías y aislantes, bombas, vaso de expansión, intercambiador de calor, tanque de acumulación, sistema auxiliar de control, válvulas, manómetros, termómetros, purgadores, aerotermos y sistema de regulación y control. El esquema final de la instalación con los elementos podemos observarlo en el plano número 13.

Se realizó un estudio del impacto ambiental que produce la instalación, que como dijimos al estar la cubierta inclinada este es mínimo ya que los paneles se integran a la arquitectura del edificio.

En cuanto al ahorro de emisiones de CO₂, cabe señalar, que tal y como se presenta el futuro y la influencia del cambio climático, todo ahorro de emisiones contaminantes, por pequeño que sea, resulta satisfactorio para todos. En nuestro caso con esta instalación utilizando como fuentes de energía el Sol (fuente inagotable) y gas natural para el sistema auxiliar de apoyo, conseguimos dejar de emitir 53937,5179 kg de CO₂ en un año.

Por último, realizamos un estudio económico, para ver la inversión inicial que resulta elevada al ser una gran instalación ascendiendo la cantidad a 319.986,745 €, y calculamos el periodo de retorno que resultó ser de 28 años.

Como conclusión final, me gustaría señalar que en una sociedad en que cada día se aprecia con mayor intensidad la calidad de vida (respecto al medio ambiente, formas de urbanismo, etc.), la energía solar, por los motivos expuestos, debería ser un aspecto a tener en cuenta ya que desde un punto de vista medioambiental todo son ventajas. Por el contrario, he podido observar que el coste de la instalación es bastante elevado tanto que no llega a amortizarse en el periodo de vida útil de los paneles pero podría reducirse considerablemente si se aumentaran las subvenciones notablemente, además una instalación como está es una manera de crear trabajo lo que lleva a un beneficio económico que por desgracia es lo que más va a primar por el momento.



XII. BIBLIOGRAFÍA



En el apartado II de Normativa de aplicación ya hicimos mención a los textos de normativa utilizados. A continuación se muestra una lista con todas las fuentes utilizadas para la realización del proyecto.

- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Ordenanza sobre captación de energía solar para usos térmicos. Ordenanza solar de Madrid (mayo del 2003).
- Pliego Oficial de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Energía Solar Térmica de Baja Temperatura del IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía)
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)
- Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación DTIE 1.01 Preparación de agua caliente para usos sanitarios. (Atecyr)
- Documento Técnicos de Instalaciones en la Edificación DTIE 8.03: Instalaciones Solares Térmicas para Producción de Agua Caliente Sanitaria. (Atecyr)
- Artículo: TRANSFERENCIA DE CALOR EN COLECTORES SOLARES PLANOS, CONSIDERANDO VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO. Rodríguez, M. C., Rodríguez, P. A., Salgado, R., Venegas, M., Lecuona, A. **[1]**
- Proyecto y Cálculo de Instalaciones Solares Térmicas (Pilar Pereda Suquet). EA Ediciones de Arquitectura. **[2]**
- Apuntes del Curso: Instalaciones de energía solar térmica en edificios de viviendas. Emilio Carrasco Sánchez, Madrid 4º Trimestre de 2007. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de Madrid. **[3]**
- Eficiencia energética en edificios. Certificación y Auditorías. Francisco Javier Rey Martínez. Eloy Velasco Gómez.
- Centro de Estudios de la Energía Solar (CENSOLAR)
- Manuales de Energías Renovables 4. Energía solar térmica. IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. **[4]**
- Artículo: La radiación solar. Universidad Politécnica de Madrid. **[5]**
- Artículo: Energía Solar Térmica. (fuente: daeecologica.iespana.es) **[6]**
- Publicación: Energía Solar Térmica en la Comunidad de Madrid, publicación promovida por la Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid y la Comunidad de Madrid y desarrollada por la empresa Animación y Promoción del Medio, S.A. **[7]**



- Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004-2012. DOCUMENTO DE SÍNTESIS. Dirección General de Industria, Energía y Minas. CONSEJERÍA DE ECONOMÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA. Comunidad de Madrid. **[8]**
- Artículo: LA COMUNIDAD DE MADRID FINANCIARÁ CASI 200 PROYECTOS PARA EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES. (Fuente: www.erasolar.es). **[9]**
- Artículo: ALMACENAMIENTO DE GRANOS. MODELIZACIÓN DE LA MIGRACIÓN DE HUMEDAD POR EFECTO DE LA RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 11, 2007. A. Gastón, R. Abalone, A. Cassinera, M. A. Lara. **[10]**
- Fundamentos de transferencia de calor. Frank P. Incropera. David P. Dewitt. **[11]**
- Centro de Ahorro y Eficiencia Energética de Madrid (CAEEM).
- PROGRAMA DE AYUDAS PARA PROMOCIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. PROGRAMA DE AYUDAS PARA PROMOCIÓN DEL AHORRO Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA (www.madrid.org) **[12]**
- THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF BRINES Models. M. Conde Engineering, Zurich 2002. **[13]**
- Publicación: Tablas Características de Tuberías. Ingenieros Consultores S.L. **[14]**
- NUEVO MANUAL DE INSTALACIONES DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO. Franco Martín Sánchez **[15]**

Páginas web consultadas:

<http://redsolar.greenpeace.org/red2.htm>
<http://www.soltium.es/>
<http://www.meh.es/es-ES/Paginas/Home.aspx>
<http://www.sicsolar.com>
<http://www.solaris.es/faq.html>
<http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>
<http://www.tale.es/>
<http://www.tutiempo.net>
<http://www.konstruir.com>
http://www.solisclima.com/energia_solar.htm
<http://www.madrid.org/cs/Satellite?pagename=ComunidadMadrid/Home>
<http://daecologica.iespana.es/>
<http://www.saclima.com>
<http://www.marm.es/>
http://www.portalplanetasedna.com.ar/efecto_invernadero1.htm#efe
<http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es>



<http://www.ayudasenergia.com/guias-energia/subvenciones/subvenciones-autonomicas.html>

<http://www.solarweb.net>

<http://www.secosol.com/domotica/index.html>

[http://www.galeon.com/energiasolar/#_Colectores de placa](http://www.galeon.com/energiasolar/#_Colectores_de_placa)

Fabricantes:

<http://www.chromagen.es/>

<http://www.wilo.es/cps/rde/xchg/es-es/layout.xsl/index.htm>

<http://www.grundfos.com/inline>

<http://www.solerpalau.com/>

<http://www.suner.es/>

<http://www.viessmann.com/com/en>

<http://www.salvadorescoda.com/>

<http://www.termicol.es/>

<http://www.tagsolar.com>

<http://www.becoal.es/Tarifas/Isopipe%20UV.pdf>

<http://www.waow.net/Centrifugas.htm>

<http://www.sedical.com/web/inicio.aspx>

<http://www.distribucioningusa.com/p/tuberia-de-cobre-rigida/>

<http://www.pecomark.com>

<http://www.aguamarket.com>

<http://www.exportpages.es>

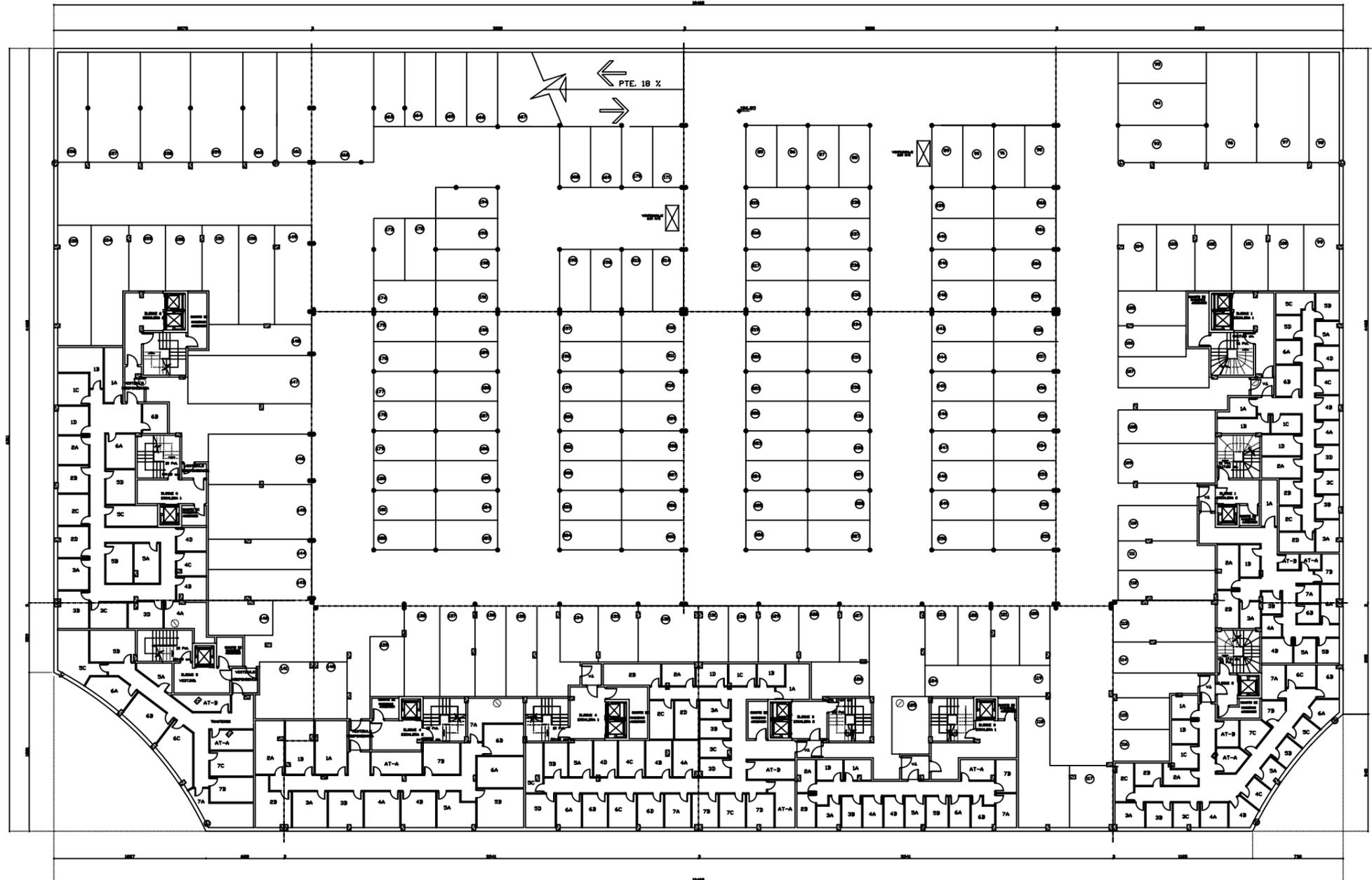
<http://www.swagelok.com.mx>

<http://www.comercial-seyma.com>

<http://www.valvestockist.com>



XIII. ANEXO I: PLANOS

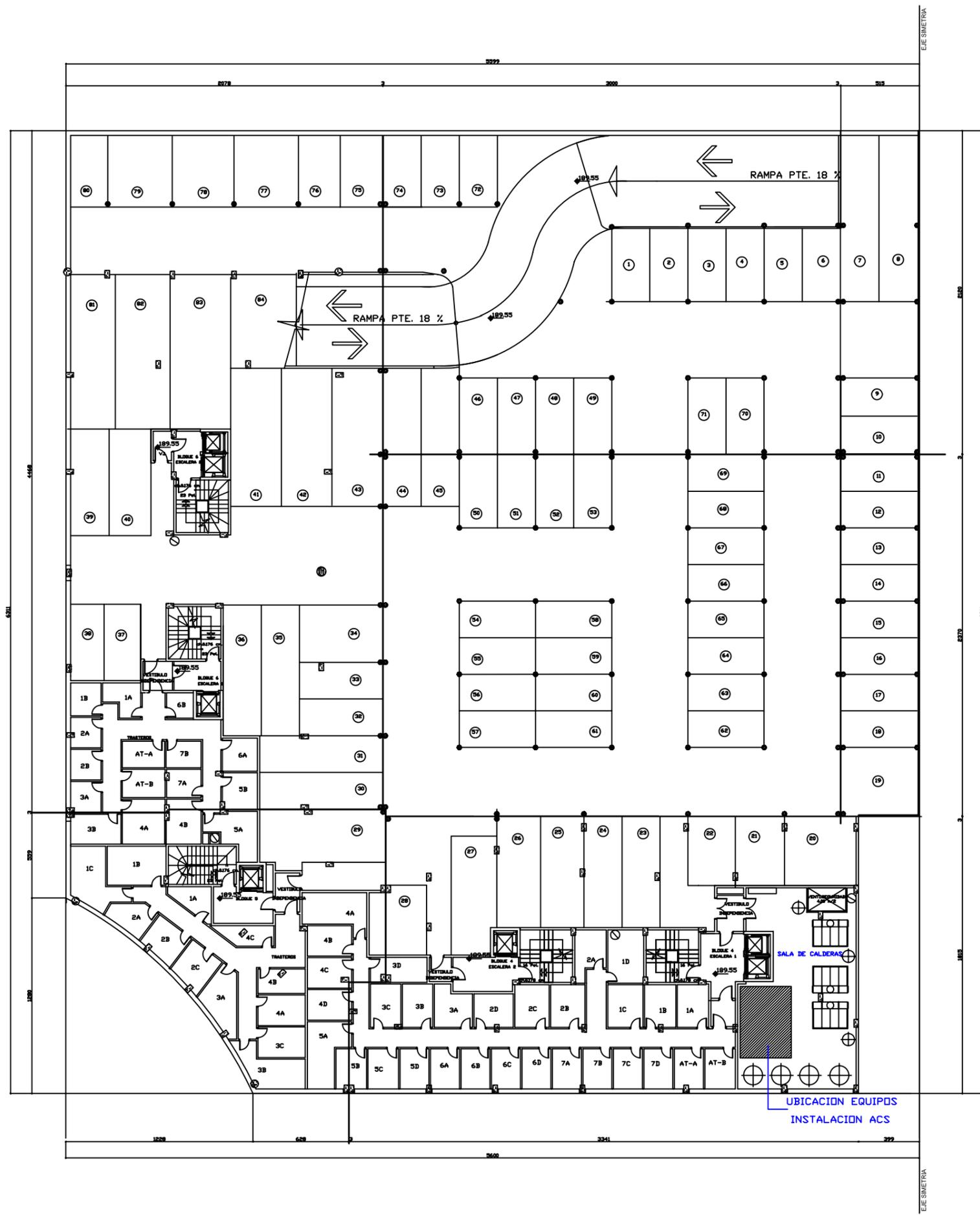


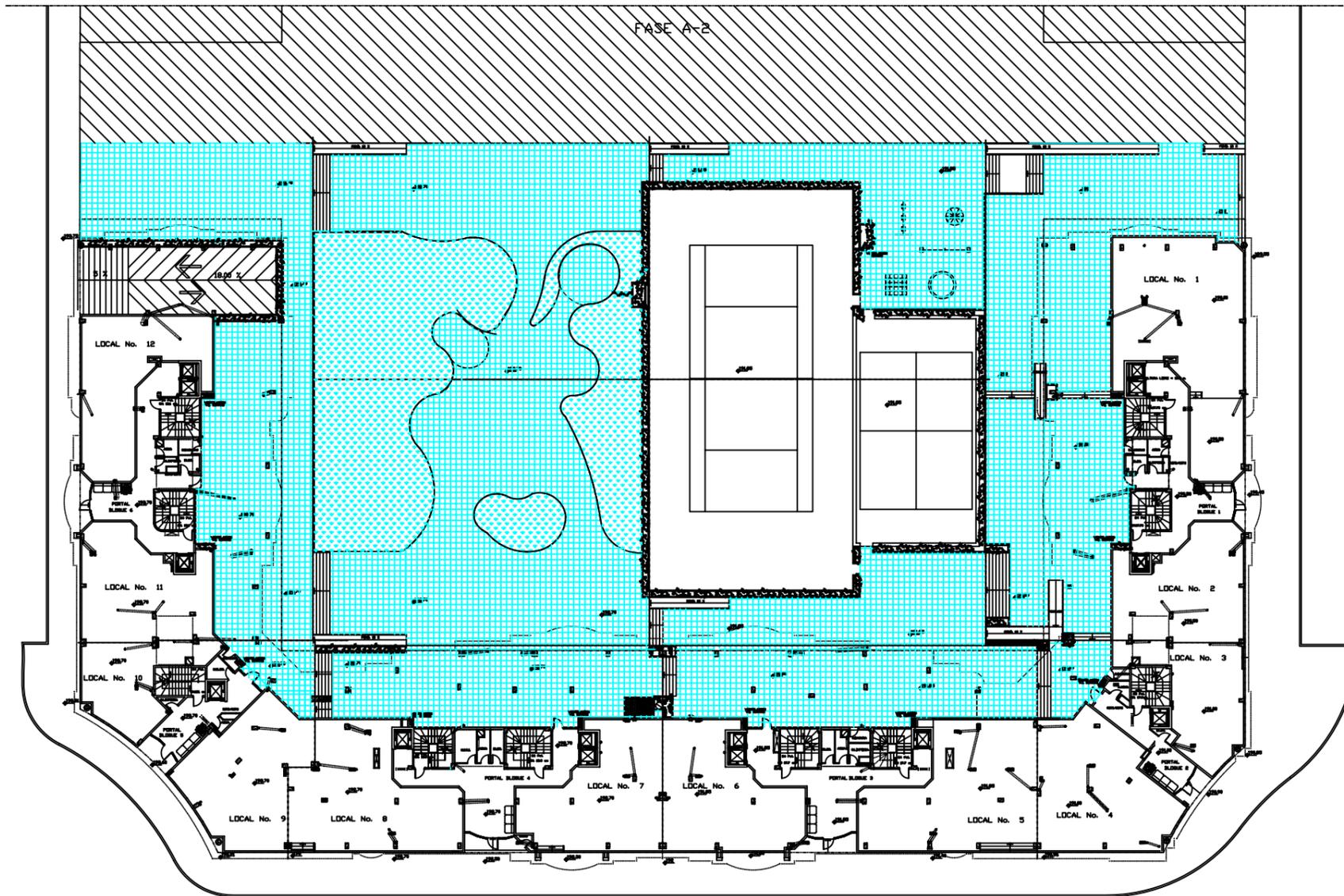
SOTANO - 1 84 PLAZAS DE GARAJE 58 TRASTEROS	SOTANO - 2 178 PLAZAS DE GARAJE 154 TRASTEROS
---	---

262 PLAZAS DE GARAJE 212 TRASTEROS

CUADRO DE SUPERFICIES	
SERVICIOS COMUNES	SUPERFICIES
BLOQUE 1 - ESCALERA 1	42.35 m&
BLOQUE 1 - ESCALERA 2	27.35 m&
BLOQUE 2	26.60 m&
BLOQUE 3 - ESCALERA 1	41.30 m&
BLOQUE 3 - ESCALERA 2	32.50 m&
BLOQUE 4 - ESCALERA 1	39.00 m&
BLOQUE 4 - ESCALERA 2	32.95 m&
BLOQUE 5	34.15 m&
BLOQUE 6 - ESCALERA 1	31.95 m&
BLOQUE 6 - ESCALERA 2	41.20 m&
TOTAL SUP. SERVICIOS COMUNES	349.35 m&
TRASTEROS	
BLOQUE 1	
ESCALERA 1	131.55 m&
ESCALERA 2	101.60 m&
BLOQUE 2	148.40 m&
BLOQUE 3	
ESCALERA 1	92.35 m&
ESCALERA 2	231.85 m&
BLOQUE 4	
ESCALERA 2	183.00 m&
BLOQUE 5	126.05 m&
BLOQUE 6	
ESCALERA 2	206.30 m&
TOTAL SUP. TRASTEROS	1.222.10 m&
RAMPAS	
COMUNICACION SOTANO 1 (50% 99.35m&)	49.68 m&
GARAJES	
BLOQUE 1	764.30 m&
BLOQUE 2	85.85 m&
BLOQUE 3	335.90 m&
BLOQUE 4	209.15 m&
BLOQUE 5	58.30 m&
BLOQUE 6	668.30 m&
BLOQUE CENTRO A	1.347.90 m&
BLOQUE CENTRO B	1.287.85 m&
TOTAL SUP. GARAJES	4.757.55 m&
TOTAL SUP. SOTANO 2	6.329.00 m&

PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS		
AUTOR DEL PROYECTO: MARIA FERNANDEZ FANEGO	TITULO PLANO: PLANTA SOTANO -2	N°: 01
SITUACION DEL PROYECTO: MADRID		
FECHA: ABRIL 2009	 UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID DEPARTAMENTO INGENIERIA TERMICA Y DE FUIDOS	





CUADRO DE SUPERFICIES	
PORTALES	
BLOQUE 1.-	102,40 m&
TOTAL SUP. PORTALES BLOQUE 1	102,40 m&
LOCALES	
LOCAL 1.-	192,10 m&
LOCAL 2	105,80 m&
TOTAL SUP. LOCALES BLOQUE 1	297,90 m&

TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA	
PLANTA BAJA BLOQUE 1	400,30 m&

CUADRO DE SUPERFICIES	
PORTALES	
BLOQUE 2.-	51,40 m&
TOTAL SUP. PORTAL BLOQUE 2	51,40 m&
LOCALES	
LOCAL 3	81,50 m&
LOCAL 4	128,70 m&
TOTAL SUP. LOCALES BLOQUE 2	210,20 m&

TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA	
PLANTA BAJA BLOQUE 2	261,60 m&

CUADRO DE SUPERFICIES	
PORTAL	
BLOQUE 3.-	106,20 m&
TOTAL SUPERFICIE PORTALES	106,20 m&
LOCALES	
LOCAL 5	150,40 m&
LOCAL 6	114,70 m&
TOTAL SUPERFICIE LOCALES	265,10 m&

TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA	
PLANTA BAJA BLOQUE 3	371,30 m&

CUADRO DE SUPERFICIES	
PORTALES	
BLOQUE 4.-	107,70m&
TOTAL SUPERFICIE PORTALES	107,70m&
LOCALES	
LOCAL 7.-	115,50 m&
LOCAL 8.-	140,00 m&
TOTAL SUPERFICIE LOCALES	255,50 m&

TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA	
PLANTA BAJA BLOQUE 4	363,20 m&

CUADRO DE SUPERFICIES	
PORTAL	
BLOQUE 5.-	54,00 m&
TOTAL SUPERFICIE PORTAL	54,00 m&
LOCALES	
LOCAL 9.-	115,50 m&
LOCAL 10.-	65,70 m&
TOTAL SUPERFICIE LOCALES	181,20 m&

TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA	
PLANTA BAJA BLOQUE 5	235,20 m&

CUADRO DE SUPERFICIES	
PORTAL	
BLOQUE 6.-	102,50 m&
TOTAL SUPERFICIE PORTALES	102,50 m&
LOCALES	
LOCAL 11.-	106,00 m&
LOCAL 12.-	109,20 m&
TOTAL SUPERFICIE LOCALES	215,20 m&

TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA	
PLANTA BAJA BLOQUE 6	317,70 m&

CUADRO RESUMEN DE SUPERFICIES	
TOTAL SUPERFICIE PORTALES	524,20 m&
TOTAL SUPERFICIE LOCALES	1425,10 m&
TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA	1949,30 m&
PLANTA BAJA	

PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS

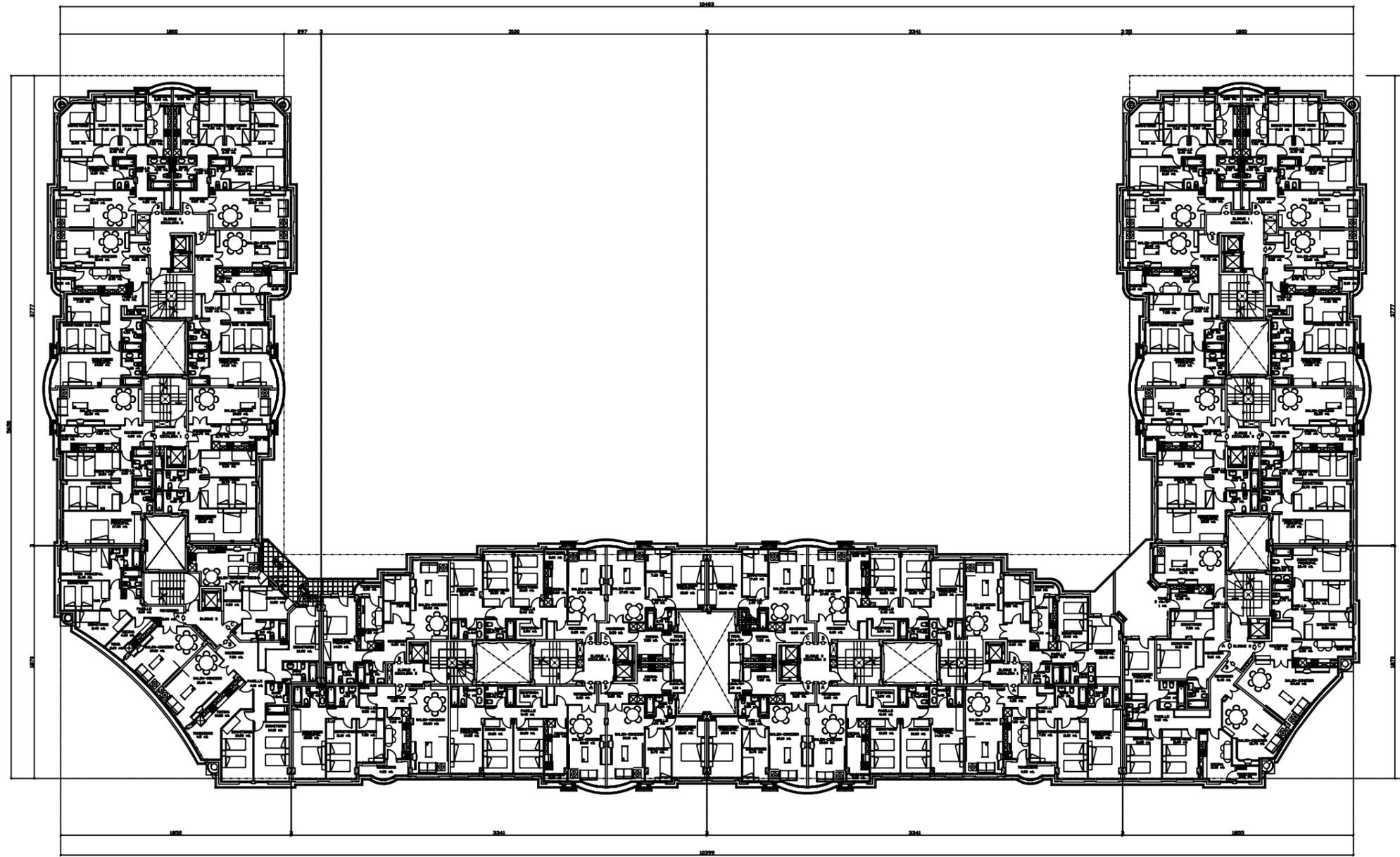
AUTOR DEL PROYECTO:
MARIA FERNANDEZ FANEGO
SITUACION DEL PROYECTO:
MADRID

FECHA:
ABRIL 2009

TITULO PLANO:
PLANTA BAJA
N°:
03

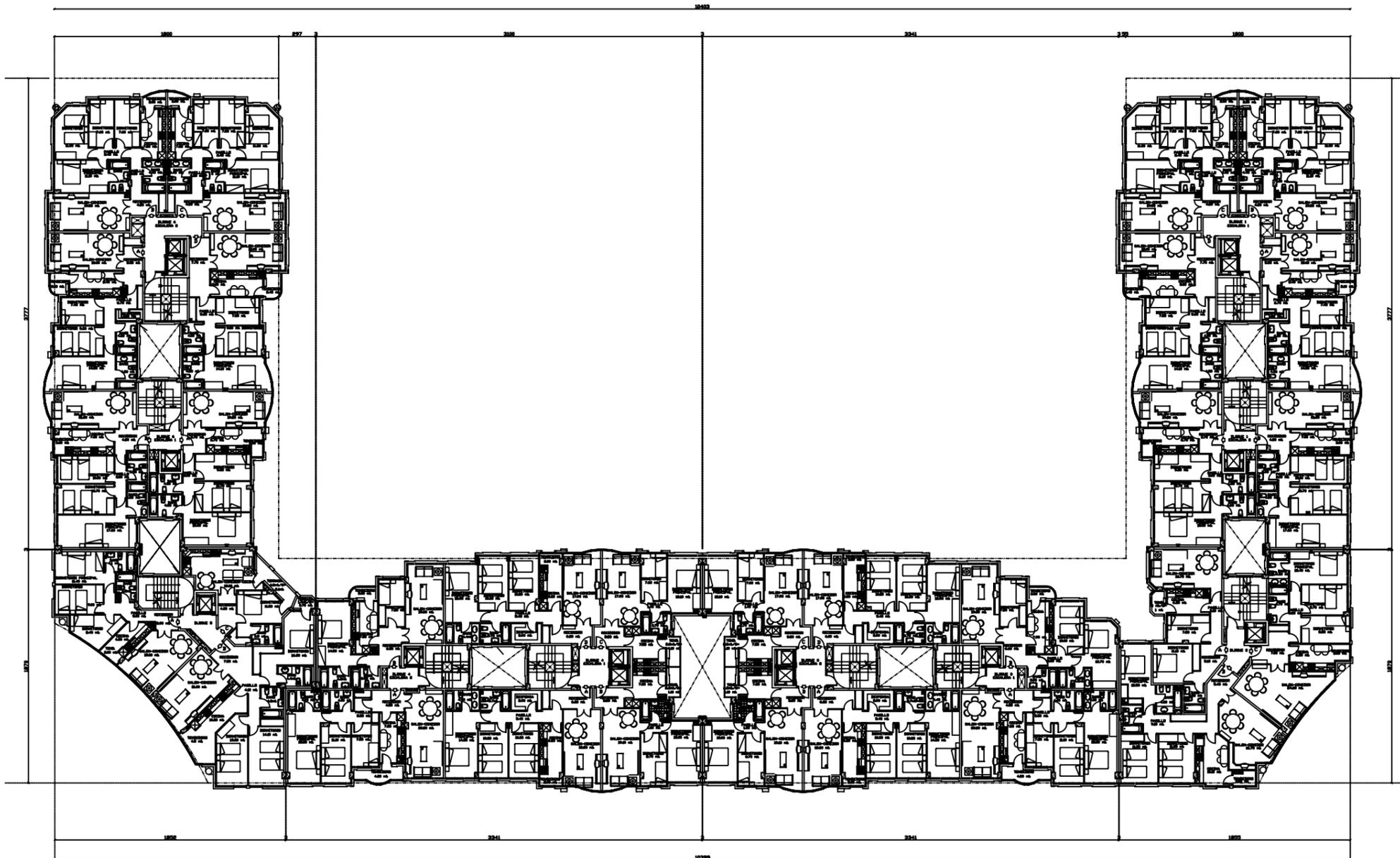


UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID
DEPARTAMENTO INGENIERIA
TERMICA Y DE FUIDOS



CUADRO DE SUPERFICIES			
	SUP. UTIL VIVIENDA	SUP. CONSTRUIDA VIVIENDA	SUP. CONSTR. SERV. COMUN
BLOQUE 1 - ESCALERA 1			
VIVIENDA A	82,40 m²	93,40 m²	
VIVIENDA B	85,50 m²	96,30 m²	
VIVIENDA C	85,50 m²	96,30 m²	
VIVIENDA D	80,50 m²	91,00 m²	
SERVICIOS COMUNES			29,60 m²
BLOQUE 1 - ESCALERA 2			
VIVIENDA A	79,00 m²	89,50 m²	
VIVIENDA B	84,10 m²	94,40 m²	
SERVICIOS COMUNES			21,40 m²
BLOQUE 2 -			
VIVIENDA A	56,50 m²	65,80 m²	
VIVIENDA B	91,30 m²	104,10 m²	
VIVIENDA C	82,40 m²	92,80 m²	
SERVICIOS COMUNES			21,90 m²
BLOQUE 3 - ESCALERA 1			
VIVIENDA A	84,90 m²	95,80 m²	
VIVIENDA B	78,00 m²	88,70 m²	
SERVICIOS COMUNES			21,00 m²
BLOQUE 3 - ESCALERA 2			
VIVIENDA A	85,60 m²	95,90 m²	
VIVIENDA B	58,60 m²	67,50 m²	
VIVIENDA C	55,10 m²	64,00 m²	
VIVIENDA D	81,90 m²	91,90 m²	
SERVICIOS COMUNES			23,80 m²
BLOQUE 4 - ESCALERA 1			
VIVIENDA A	85,60 m²	95,90 m²	
VIVIENDA B	58,60 m²	67,50 m²	
VIVIENDA C	55,10 m²	64,00 m²	
VIVIENDA D	81,90 m²	91,90 m²	
SERVICIOS COMUNES			23,80 m²
BLOQUE 4 - ESCALERA 2			
VIVIENDA A	84,90 m²	95,80 m²	
VIVIENDA B	66,10 m²	75,60 m²	
SERVICIOS COMUNES			20,70 m²
BLOQUE 5 -			
VIVIENDA A	69,80 m²	78,50 m²	
VIVIENDA B	100,20 m²	112,90 m²	
VIVIENDA C	38,80 m²	48,80 m²	
SERVICIOS COMUNES			21,40 m²
BLOQUE 6 - ESCALERA 1			
VIVIENDA A	79,00 m²	89,50 m²	
VIVIENDA B	84,10 m²	94,40 m²	
SERVICIOS COMUNES			21,40 m²
BLOQUE 6 - ESCALERA 2			
VIVIENDA A	82,40 m²	93,40 m²	
VIVIENDA B	85,50 m²	96,30 m²	
VIVIENDA C	85,50 m²	96,30 m²	
VIVIENDA D	80,50 m²	91,00 m²	
SERVICIOS COMUNES			29,60 m²
TOTAL	2.310,30 m²	2.619,20 m²	234,60 m²
TOTAL SUP. CONST. PLANTA TIPO : 2.853,80 m²			

PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS		
AUTOR DEL PROYECTO: MARIA FERNANDEZ FANEGO		TITULO PLANO: PLANTA PRIMERA
SITUACION DEL PROYECTO: MADRID		N°: 04
FECHA: ABRIL 2009	 UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID DEPARTAMENTO INGENIERIA TERMICA Y DE FUIDOS	



CUADRO DE SUPERFICIES			
	SUP. UTIL VIVIENDA	SUP. CONSTRUIDA VIVIENDA	SUP. CONSTR. SERV. COMUN
BLOQUE 1 - ESCALERA 1			
VIVIENDA A	82,40 m²	93,40 m²	
VIVIENDA B	85,50 m²	96,30 m²	
VIVIENDA C	85,50 m²	96,30 m²	
VIVIENDA D	80,50 m²	91,00 m²	
SERVICIOS COMUNES			29,60 m²
BLOQUE 1 - ESCALERA 2			
VIVIENDA A	79,00 m²	89,50 m²	
VIVIENDA B	84,10 m²	94,40 m²	
SERVICIOS COMUNES			21,40 m²
BLOQUE 2 -			
VIVIENDA A	56,50 m²	65,80 m²	
VIVIENDA B	91,30 m²	104,10 m²	
VIVIENDA C	82,40 m²	92,80 m²	
SERVICIOS COMUNES			21,90 m²
BLOQUE 3 - ESCALERA 1			
VIVIENDA A	84,90 m²	95,80 m²	
VIVIENDA B	78,00 m²	86,70 m²	
SERVICIOS COMUNES			21,00 m²
BLOQUE 3 - ESCALERA 2			
VIVIENDA A	85,60 m²	95,90 m²	
VIVIENDA B	58,60 m²	67,50 m²	
VIVIENDA C	55,10 m²	64,00 m²	
VIVIENDA D	81,90 m²	91,90 m²	
SERVICIOS COMUNES			23,80 m²
BLOQUE 4 - ESCALERA 1			
VIVIENDA A	85,60 m²	95,90 m²	
VIVIENDA B	58,60 m²	67,50 m²	
VIVIENDA C	55,10 m²	64,00 m²	
VIVIENDA D	81,90 m²	91,90 m²	
SERVICIOS COMUNES			23,80 m²
BLOQUE 4 - ESCALERA 2			
VIVIENDA A	84,90 m²	95,80 m²	
VIVIENDA B	66,10 m²	75,60 m²	
SERVICIOS COMUNES			20,70 m²
BLOQUE 5 -			
VIVIENDA A	69,80 m²	78,50 m²	
VIVIENDA B	100,20 m²	112,90 m²	
VIVIENDA C	39,80 m²	48,80 m²	
SERVICIOS COMUNES			21,40 m²
BLOQUE 6 - ESCALERA 1			
VIVIENDA A	79,00 m²	89,50 m²	
VIVIENDA B	84,10 m²	94,40 m²	
SERVICIOS COMUNES			21,40 m²
BLOQUE 6 - ESCALERA 2			
VIVIENDA A	82,40 m²	93,40 m²	
VIVIENDA B	85,50 m²	96,30 m²	
VIVIENDA C	85,50 m²	96,30 m²	
VIVIENDA D	80,50 m²	91,00 m²	
SERVICIOS COMUNES			29,60 m²
TOTAL	2.310,30 m²	2.619,20 m²	234,60 m²
TOTAL SUP. CONST. PLANTA TIPO . 2.853,80 m²			

PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS

AUTOR DEL PROYECTO:
MARIA FERNANDEZ FANEGO
SITUACION DEL PROYECTO:
MADRID

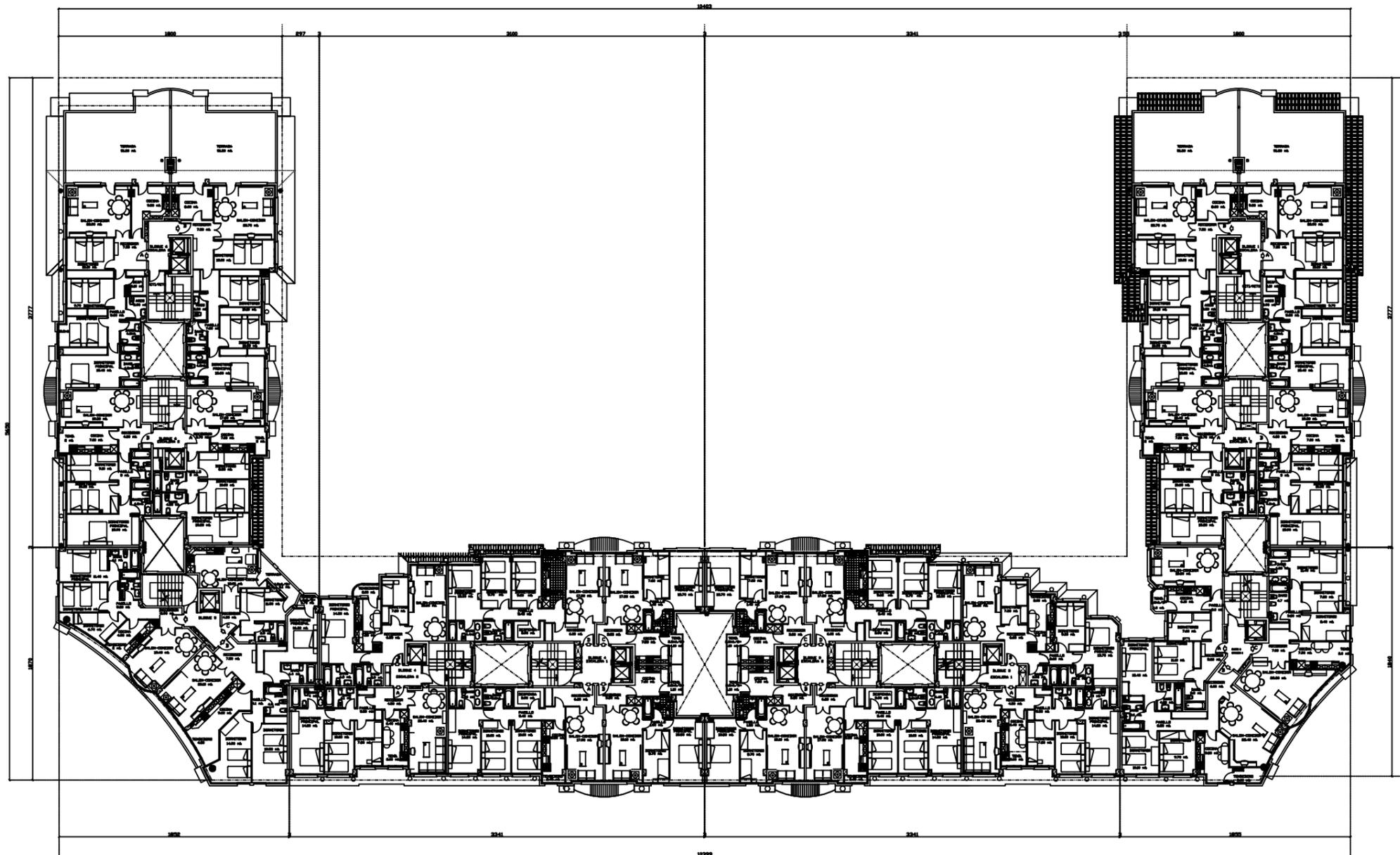
FECHA:
ABRIL 2009

TITULO PLANO:
PLANTAS SEGUNDA A
QUINTA

N°:
05



UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID
DEPARTAMENTO INGENIERIA
TERMICA Y DE FUIDOS



CUADRO DE SUPERFICIES				
	SUP. UTIL TERRAZAS	SUP. UTIL VIVIENDA	SUP. CONSTRUIDA VIVIENDA	SUP. CONSTR. SERV. COMUN
BLOQUE 1 - ESCALERA 1				
VIVIENDA A	51,20 m²	103,90 m²	118,30 m²	
VIVIENDA B	51,20 m²	101,50 m²	115,50 m²	
SERVICIOS COMUNES				23,80 m²
BLOQUE 1 - ESCALERA 2				
VIVIENDA A		75,20 m²	85,40 m²	
VIVIENDA B		79,40 m²	90,10 m²	
SERVICIOS COMUNES				21,40 m²
BLOQUE 2				
VIVIENDA A		66,60 m²	65,60 m²	
VIVIENDA B		89,30 m²	102,20 m²	
VIVIENDA C		80,40 m²	90,60 m²	
SERVICIOS COMUNES				21,90 m²
BLOQUE 3 - ESCALERA 1				
VIVIENDA A		79,90 m²	89,20 m²	
VIVIENDA B		75,10 m²	85,50 m²	
SERVICIOS COMUNES				21,00 m²
BLOQUE 3 - ESCALERA 2				
VIVIENDA A		84,00 m²	94,20 m²	
VIVIENDA B		58,40 m²	67,50 m²	
VIVIENDA C		55,10 m²	64,30 m²	
VIVIENDA D		79,50 m²	89,80 m²	
SERVICIOS COMUNES				23,80 m²
BLOQUE 4 - ESCALERA 1				
VIVIENDA A		94,00 m²	94,30 m²	
VIVIENDA B		58,40 m²	67,50 m²	
VIVIENDA C		55,10 m²	64,30 m²	
VIVIENDA D		79,50 m²	89,80 m²	
SERVICIOS COMUNES				23,80 m²
BLOQUE 4 - ESCALERA 2				
VIVIENDA A		79,90 m²	89,20 m²	
VIVIENDA B		65,40 m²	74,80 m²	
SERVICIOS COMUNES				20,70 m²
BLOQUE 5				
VIVIENDA A		69,50 m²	79,00 m²	
VIVIENDA B		99,60 m²	112,60 m²	
VIVIENDA C		39,80 m²	48,80 m²	
SERVICIOS COMUNES				21,40 m²
BLOQUE 6 - ESCALERA 1				
VIVIENDA A		75,20 m²	85,40 m²	
VIVIENDA B		79,40 m²	90,10 m²	
SERVICIOS COMUNES				21,40 m²
BLOQUE 6 - ESCALERA 2				
VIVIENDA A	51,20 m²	103,90 m²	118,30 m²	
VIVIENDA B	51,20 m²	101,50 m²	115,50 m²	
SERVICIOS COMUNES				23,80 m²
TOTALES		2.007,70 m²	2.288,70 m²	223,00 m²
TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA PLANTA 6º 2.511,70 m²				

PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS

AUTOR DEL PROYECTO:
MARIA FERNANDEZ FANEGO

SITUACION DEL PROYECTO:
MADRID

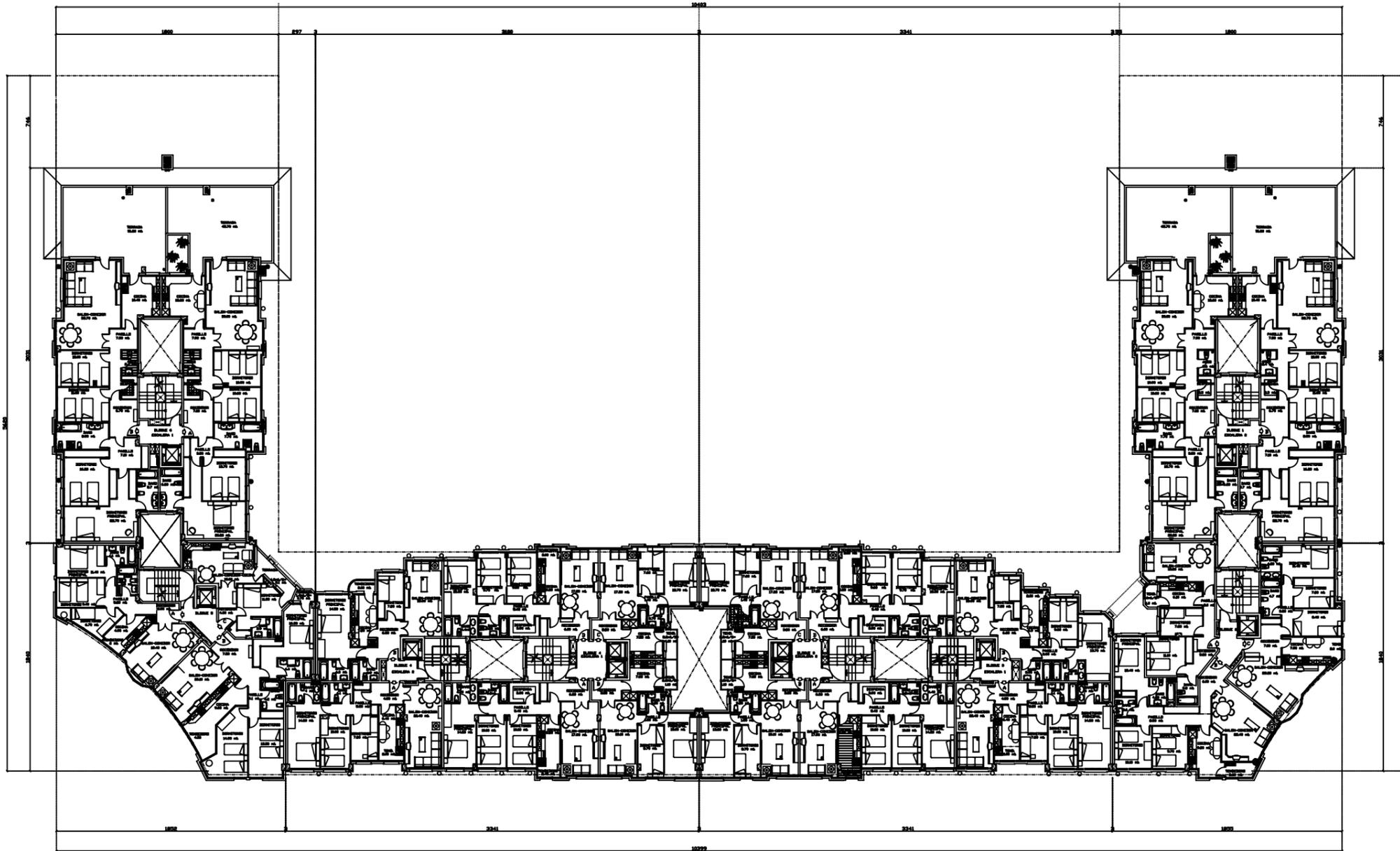
FECHA:
ABRIL 2009

TITULO PLANO:
PLANTA SEXTA

Nº:
06



UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID
DEPARTAMENTO INGENIERIA
TERMICA Y DE FUIDOS



CUADRO DE SUPERFICIES				
	SUP. UTIL TERRAZAS	SUP. UTIL VIVIENDA	SUP. CONSTRUIDA VIVIENDA	SUP. CONSTR. SERV. COMUN
BLOQUE 1 - ESCALERA 2				
VIVIENDA A	45.70 m&	135.40 m&	153.70 m&	
VIVIENDA B	51.20 m&	145.60 m&	164.80 m&	
SERVICIOS COMUNES				23.10 m&
BLOQUE 2				
VIVIENDA A		56.60 m&	65.80 m&	
VIVIENDA B		89.30 m&	102.20 m&	
VIVIENDA C		80.40 m&	90.60 m&	
SERVICIOS COMUNES				21.90 m&
BLOQUE 3 - ESCALERA 1				
VIVIENDA A		78.90 m&	89.20 m&	
VIVIENDA B		75.10 m&	85.50 m&	
SERVICIOS COMUNES				21.00 m&
BLOQUE 3 - ESCALERA 2				
VIVIENDA A		84.00 m&	94.20 m&	
VIVIENDA B		58.40 m&	67.90 m&	
VIVIENDA C		55.10 m&	64.30 m&	
VIVIENDA D		79.50 m&	89.80 m&	
SERVICIOS COMUNES				23.80 m&
BLOQUE 4 - ESCALERA 1				
VIVIENDA A		84.00 m&	94.20 m&	
VIVIENDA B		58.40 m&	67.90 m&	
VIVIENDA C		55.10 m&	64.30 m&	
VIVIENDA D		79.50 m&	89.80 m&	
SERVICIOS COMUNES				23.80 m&
BLOQUE 4 - ESCALERA 2				
VIVIENDA A		78.90 m&	89.20 m&	
VIVIENDA B		65.40 m&	74.80 m&	
SERVICIOS COMUNES				20.70 m&
BLOQUE 5				
VIVIENDA A		69.50 m&	79.00 m&	
VIVIENDA B		99.80 m&	112.60 m&	
VIVIENDA C		39.80 m&	46.80 m&	
SERVICIOS COMUNES				21.40 m&
BLOQUE 6 - ESCALERA 1				
VIVIENDA A	45.70 m&	135.40 m&	153.70 m&	
VIVIENDA B	51.20 m&	145.60 m&	164.80 m&	
SERVICIOS COMUNES				23.10 m&
TOTALES		1849.70 m&	2107.10 m&	178.80 m&
TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA PLANTA 7º 2.285,90 m&				

PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS

AUTOR DEL PROYECTO:
MARIA FERNANDEZ FANEGO

SITUACION DEL PROYECTO:
MADRID

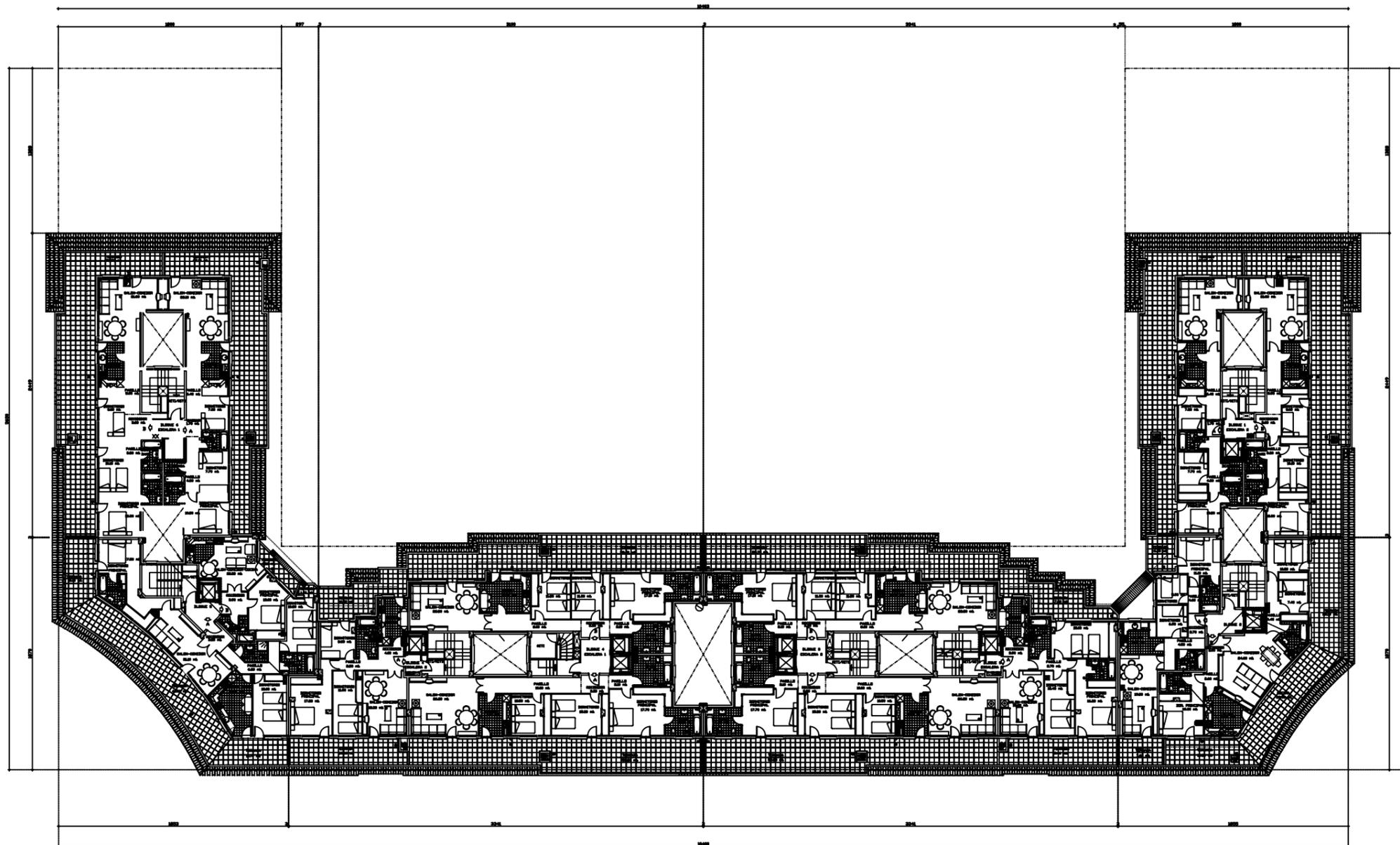
FECHA:
ABRIL 2009

TITULO PLANO:
PLANTA SÉPTIMA

Nº:
07



UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID
DEPARTAMENTO INGENIERIA
TERMICA Y DE FUIDOS



CUADRO DE SUPERFICIES

	SUP. UTIL TERRAZAS	SUP. UTIL VIVIENDA	SUP. CONSTRUIDA VIVIENDA	SUP. CONSTR. SERV. COMUN
BLOQUE 1 - ESCALERA 2				
VIVIENDA A	62.10 m&	77.40 m&	91.10 m&	
VIVIENDA B	72.70 m&	80.70 m&	95.20 m&	
SERVICIOS COMUNES				19.70 m&
BLOQUE 2				
VIVIENDA A	13.90 m&	69.30 m&	80.50 m&	
VIVIENDA B	35.90 m&	94.60 m&	106.60 m&	
SERVICIOS COMUNES				18.70 m&
BLOQUE 3 - ESCALERA 1				
VIVIENDA A	36.60 m&	85.10 m&	97.40 m&	
SERVICIOS COMUNES				17.40 m&
BLOQUE 3 - ESCALERA 2				
VIVIENDA A	58.80 m&	106.40 m&	120.90 m&	
VIVIENDA B	59.60 m&	101.60 m&	116.00 m&	
SERVICIOS COMUNES				23.30 m&
BLOQUE 4 - ESCALERA 1				
VIVIENDA A	58.80 m&	106.40 m&	120.90 m&	
VIVIENDA B	59.60 m&	101.60 m&	116.00 m&	
SERVICIOS COMUNES				23.30 m&
BLOQUE 4 - ESCALERA 2				
VIVIENDA A	35.60 m&	75.80 m&	86.70 m&	
SERVICIOS COMUNES				17.40 m&
BLOQUE 5				
VIVIENDA A	26.10 m&	108.30 m&	123.90 m&	
VIVIENDA B	4.20 m&	41.00 m&	47.50 m&	
SERVICIOS COMUNES				18.30 m&
BLOQUE 6 - ESCALERA 1				
VIVIENDA A	62.10 m&	77.40 m&	91.10 m&	
VIVIENDA B	72.70 m&	80.70 m&	95.20 m&	
SERVICIOS COMUNES				19.70 m&
TOTAL		1,206.30 m&	1,389.00 m&	157.80 m&
TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA PLANTA ATICO 1,546.80 m&				

PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS

AUTOR DEL PROYECTO:
MARIA FERNANDEZ FANEGO

SITUACION DEL PROYECTO:
MADRID

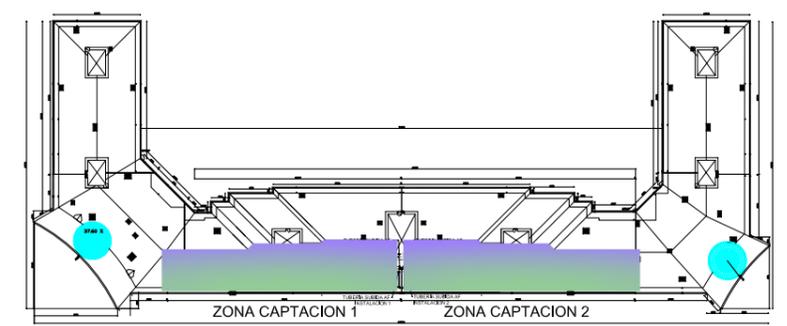
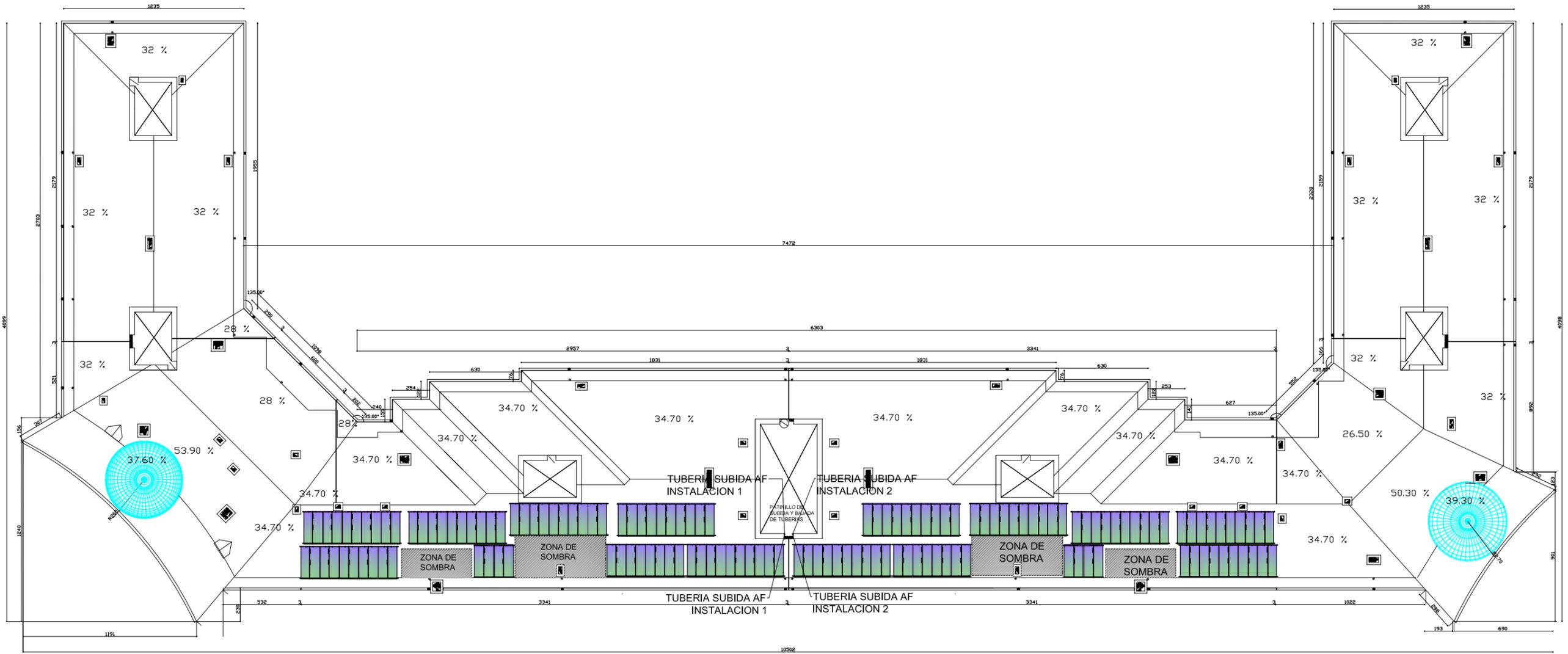
FECHA:
ABRIL 2009

TITULO PLANO:
PLANTA ATICO

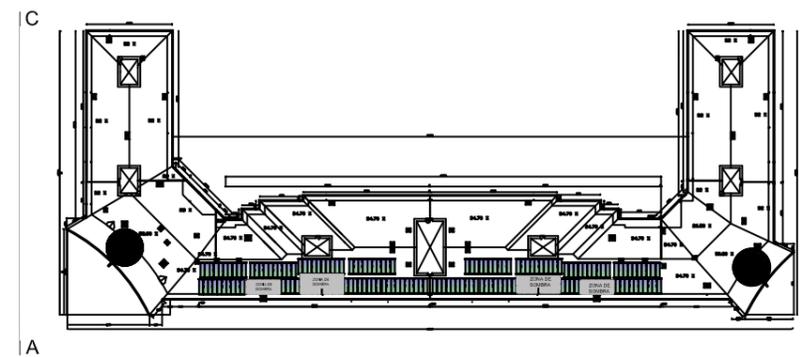
N°:
08



UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID
DEPARTAMENTO INGENIERIA
TERMICA Y DE FUIDOS



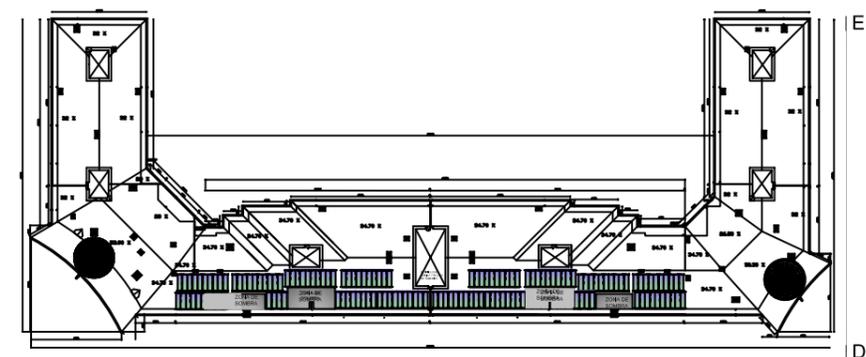
PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS		
AUTOR DEL PROYECTO: MARIA FERNANDEZ FANEGO		TITULO PLANO: PLANTA CUBIERTA
SITUACION DEL PROYECTO: MADRID		Nº: 09
FECHA: ABRIL 2009		 UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID DEPARTAMENTO INGENIERIA TERMICA Y DE FUIDOS



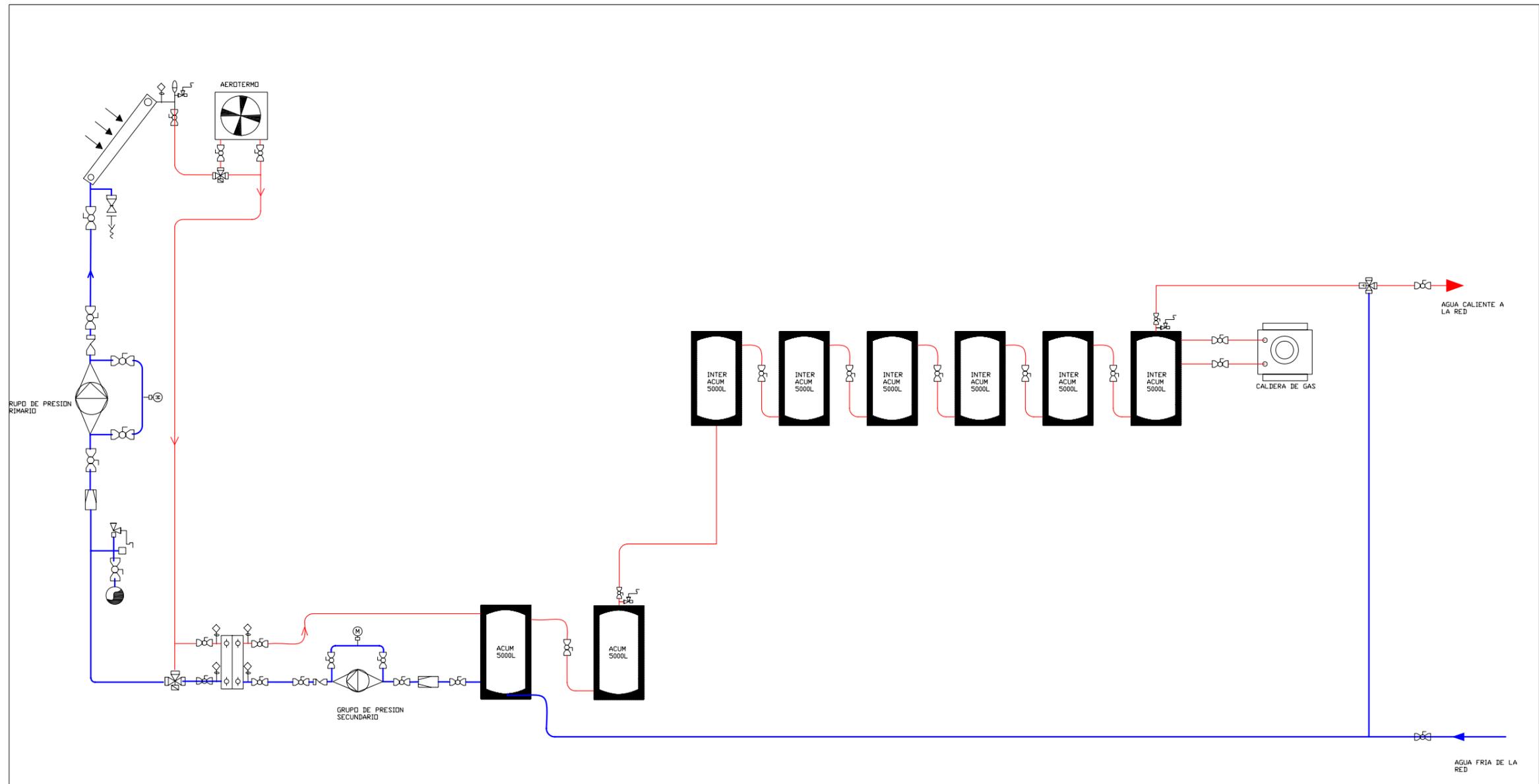
PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS		
AUTOR DEL PROYECTO: MARIA FERNANDEZ FANEGO	TITULO PLANO: ALZADO AC	N°: 10
SITUACION DEL PROYECTO: MADRID	 UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID DEPARTAMENTO INGENIERIA TERMICA Y DE FUIDOS	
FECHA: ABRIL 2009		



PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS		
AUTOR DEL PROYECTO: MARIA FERNANDEZ FANEGO	TITULO PLANO: ALZADO AD	Nº: 11
SITUACION DEL PROYECTO: MADRID	 UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID DEPARTAMENTO INGENIERIA TERMICA Y DE FUIDOS	
FECHA: ABRIL 2009		

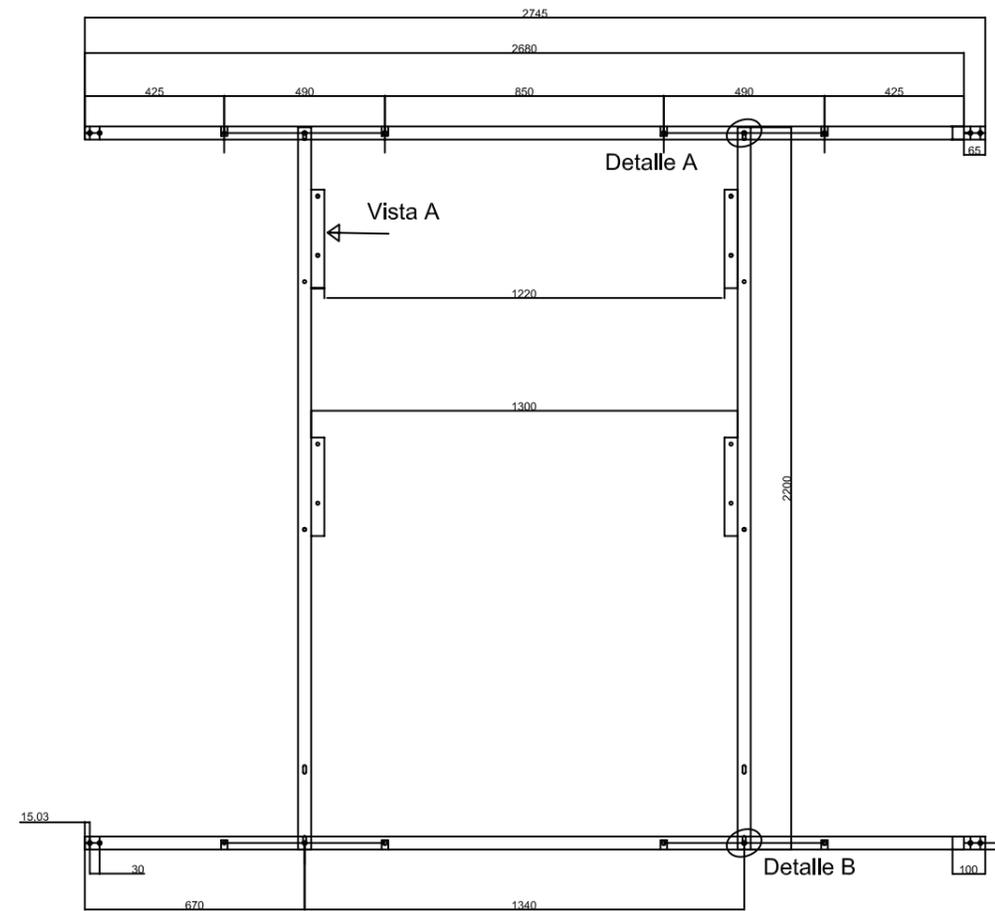


PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS		
AUTOR DEL PROYECTO: MARIA FERNANDEZ FANEGO	TITULO PLANO: ALZADO DE	N°: 12
SITUACION DEL PROYECTO: MADRID	 UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID DEPARTAMENTO INGENIERIA TERMICA Y DE FUIDOS	
FECHA: ABRIL 2009		

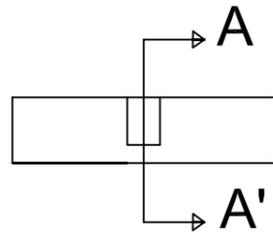


LEYENDA DE SIMBOLOGIA			
	VALVULA TERMOESTATICA		TERMOMETRO
	VALVULA ANTIRRETORNO		VALVULA VACIADO
	CAUDALIMETRO		VALVULA DE ESFERA
	MANOMETRO		VALVULA DE TRES VIAS
			VALVULA DE SEGURIDAD
			VASO DE EXPANSION
			PUERGADOR

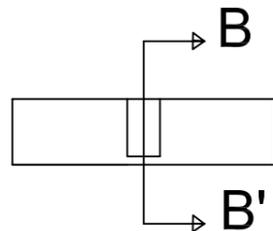
PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS		
AUTOR DEL PROYECTO: MARIA FERNANDEZ FANEGO	TITULO PLANO: ESQUEMA INSTALACION	N°: 13
SITUACION DEL PROYECTO: MADRID	UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID DEPARTAMENTO INGENIERIA TERMICA Y DE FUIDOS	
FECHA: ABRIL 2009		



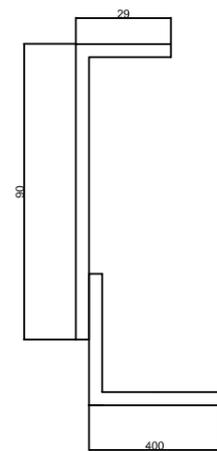
Detalle A en Serie SN



Detalle A en serie P

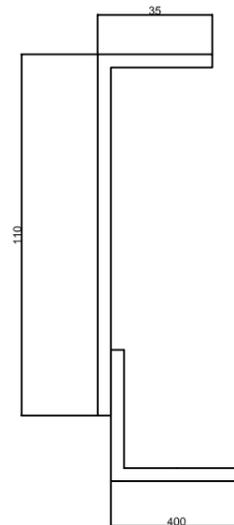


Sección AA'



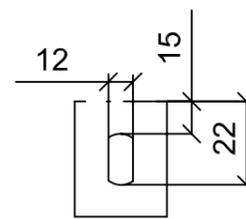
Ud.: mm

Sección BB'

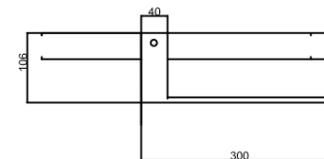


Ud.: mm

Detalle B



Vista A



Perfiles L 40x4mm
 Pletinas R 40x4mm
 Tornillos Ø 10mm
 ACEROS A42 Galvanizado
 en caliente
 mm Unidad cotas

PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS

AUTOR DEL PROYECTO:
 MARIA FERNANDEZ FANEGO
 SITUACION DEL PROYECTO:
 MADRID

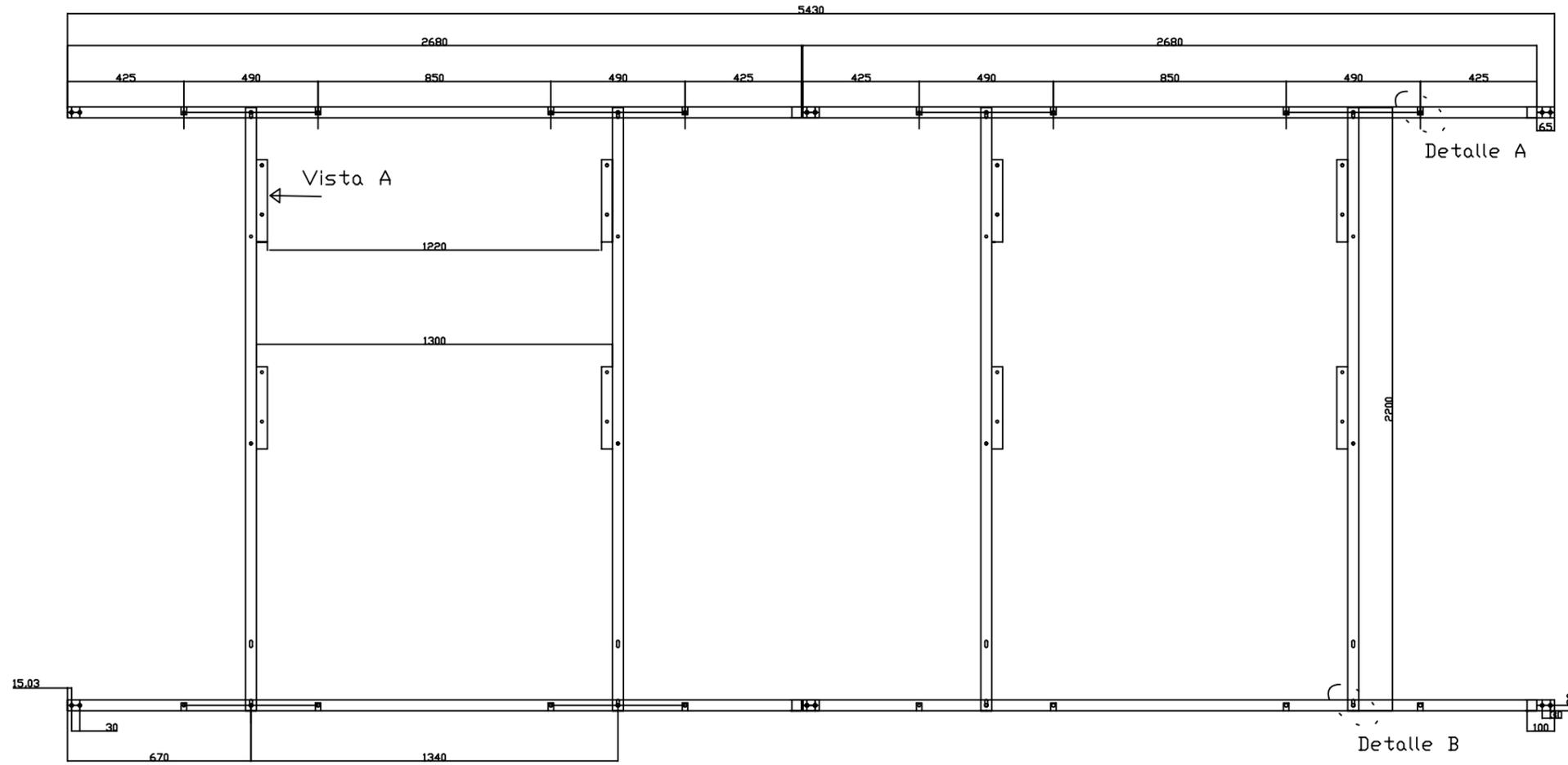
TITULO PLANO:
 DETALLE ESTRUCTURA
 2 CAPTADORES

N°:
 14

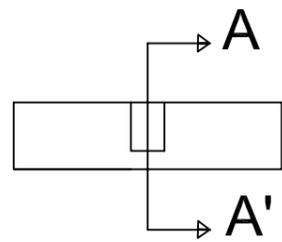
FECHA:
 ABRIL 2009



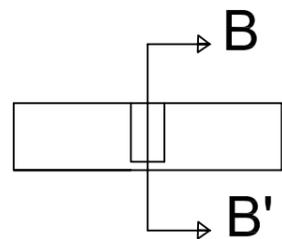
UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID
 DEPARTAMENTO INGENIERIA
 TERMICA Y DE FUIDOS



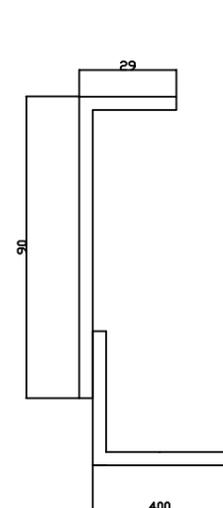
Detalle A en Serie SN



Detalle A en serie P

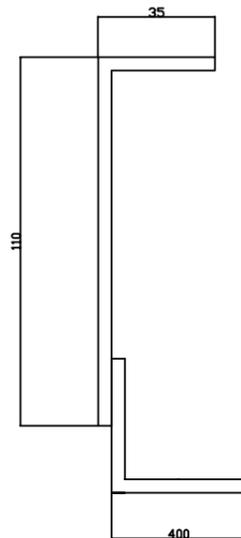


Sección AA'



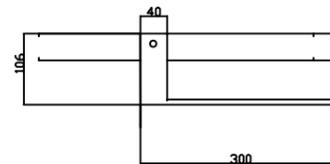
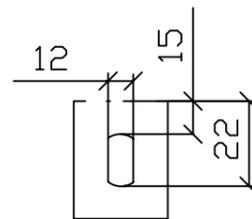
Ud.: mm

Sección BB'



Ud.: mm

Detalle B Vista A



Perfiles L 40x4mm
 Pletinas R 40x4mm
 Tornillos Ø 10mm
 ACEROS A42
 Galvanizado en
 caliente
 mm Unidad cotas

PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS

AUTOR DEL PROYECTO:

MARIA FERNANDEZ FANEGO

SITUACION DEL PROYECTO:

MADRID

FECHA:

ABRIL 2009

TITULO PLANO:

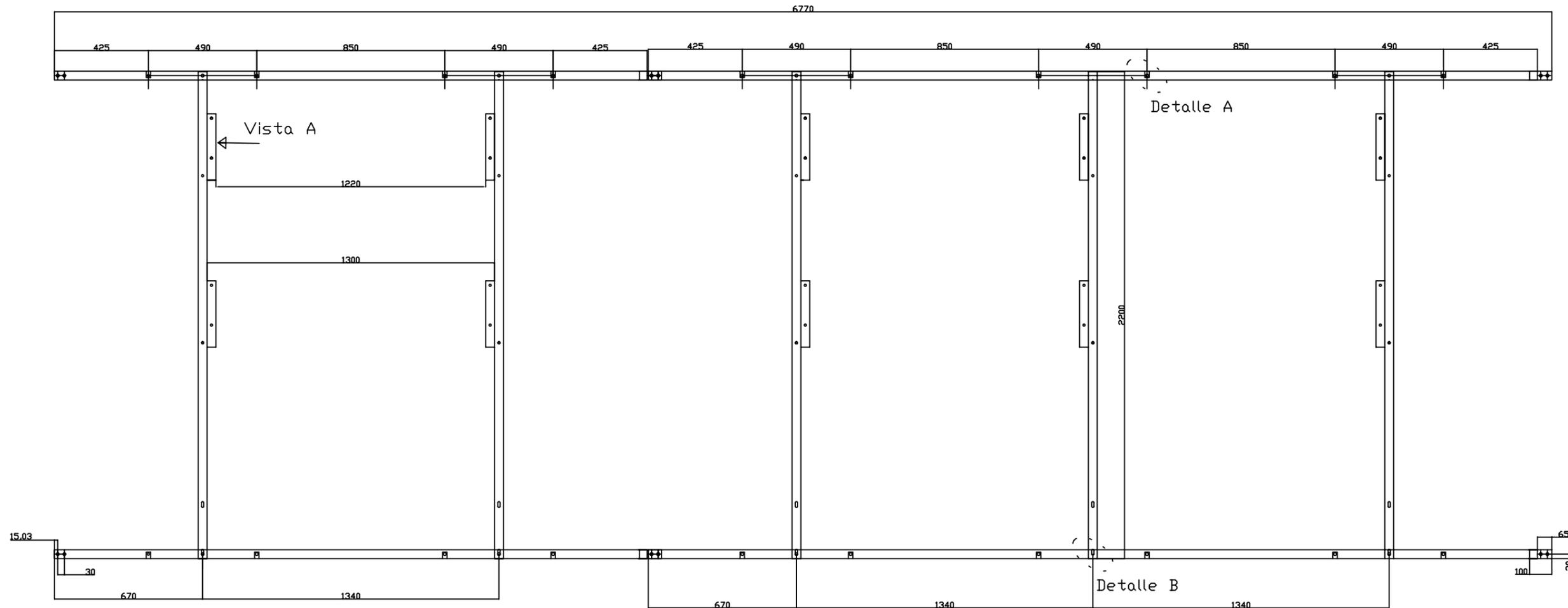
DETALLE ESTRUCTURA
 4 CAPTADORES

N°:

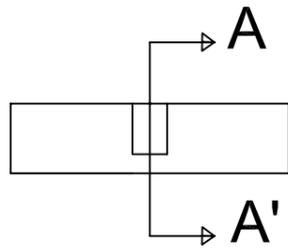
15



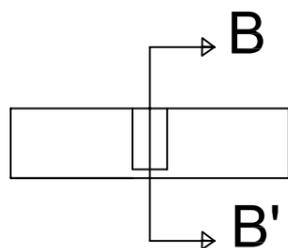
UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID
 DEPARTAMENTO INGENIERIA
 TERMICA Y DE FUIDOS



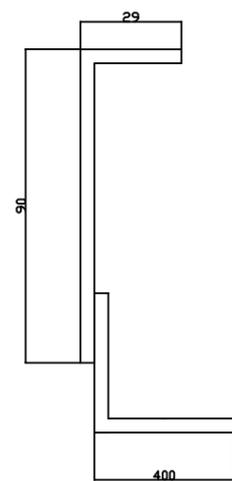
Detalle A en Serie SN



Detalle A en serie P

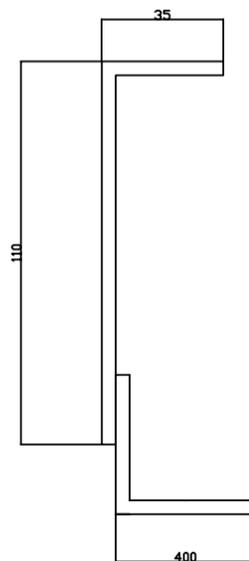


Sección AA'



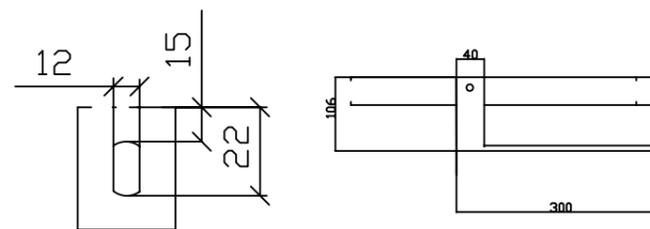
Ud.: mm

Sección BB'



Ud.: mm

Detalle B Vista A



Perfiles L 40x4mm
 Pletinas R 40x4mm
 Tornillos Ø 10mm
 ACEROS A42
 Galvanizado en
 caliente
 mm Unidad cotas

<p>PROYECTO DE INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS</p>		
<p>AUTOR DEL PROYECTO: MARIA FERNANDEZ FANEGO</p>	<p>TITULO PLANO: DETALLE ESTRUCTURA 5 CAPTADORES</p>	<p>N°: 16</p>
<p>SITUACION DEL PROYECTO: MADRID</p>	<p>UNIVERSIDAD CARLOS III, MADRID DEPARTAMENTO INGENIERIA TERMICA Y DE FUIDOS</p>	
<p>FECHA: ABRIL 2009</p>		



XIV. ANEXO II: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Tuberías



TUBERÍA DE COBRE RÍGIDA

Agua (M)

MEDIDAS		
Código	Diámetro Nominal	Diámetro Exterior
1721 03	1/4	3/8
1721 05	3/8	1/2
1705 45	1/2	5/8
1721 07	5/8	3/4
1705 46	3/4	7/8
1718 88	1	1 1/8
1720 05	1 1/4	1 3/8
1720 08	1 1/2	1 5/8
1720 07	2	2 1/8
1721 11	2 1/2	2 5/8
1721 13	3	3 1/8
1721 15	4	4 1/8

Gas (L)

MEDIDAS		
Código	Diámetro Nominal	Diámetro Exterior
1721 04	1/4	3/8
1721 06	3/8	1/2
1705 43	1/2	5/8
1721 08	5/8	3/4
1705 44	3/4	7/8
1707 56	1	1 1/8
1721 09	1 1/4	1 3/8
1721 10	1 1/2	1 5/8
1720 67	2	2 1/8
1721 12	2 1/2	2 5/8
1721 14	3	3 1/8
1721 16	4	4 1/8

Fluidos y Gas a mayor presión y temperatura (K)

MEDIDAS		
Código	Diámetro Nominal	Diámetro Exterior
1721 17	1/4	3/8
1721 18	3/8	1/2
1721 19	1/2	5/8
1721 20	5/8	3/4
1721 21	3/4	7/8
1721 22	1	1 1/8
1721 23	1 1/4	1 3/8
1721 24	1 1/2	1 5/8
1721 25	2	2 1/8



Tramos de 20 Pies o 6.10 Mts.

Aislante

UV Resistance

Fire Rating

(η)

(μ)



Braxton Biddle, S.L



International Innovative Insulation A.B.E.



ISOPIPE UV

DIAMETRO TUBERIA			DIAMETRO INTERNO Min - Max	ESPESOR Y DIAMETROS AISLAMIENTO										
Fe Inch	Cu mm	Cu Inch		9mm - 3/8"			13mm - 1/2"			19mm - 3/4"				
				ϕ	m/Crtm	EUR/m	ϕ	m/Crtm	EUR/m	ϕ	m/Crtm	EUR/m		
---	ϕ 6	1/4"	7,0 - 8,0	9x6	288	1,115								
---	ϕ 10	3/8"	11,0 - 12,0	9x10	190	1,224	13x10	130	1,668	19x10	80			
---	ϕ 12	---	13,0 - 14,0	9x12	180	1,334	13x12	120	1,700	19x12	70			
1/4"	ϕ 15	5/8"	16,0 - 17,0	9x15	140	1,400	13x15	100	1,955	19x15	60	5,090		
3/8"	ϕ 18	---	19,0 - 20,0	9x18	130	1,527	13x18	90	2,137	19x18	60	5,648		
1/2"	ϕ 22	7/8"	23,0 - 24,0	9x22	100	1,652	13x22	70	2,258	19x22	44	6,375		
	ϕ 25	1"	26,0 - 27,0	9x25	80	1,878	13x25							
3/4"	ϕ 28	1 1/8"	29,0 - 30,0	9x28	80	1,972	13x28	60	2,880	19x28	40	7,757		
1"	ϕ 35	1 3/8"	36,0 - 37,0	9x35	60	2,270	13x35	44	3,400	19x35	30	9,230		
1 1/4"	ϕ 42	1 5/8"	43,0 - 44,0	9x42	50	2,687	13x42		3,850	19x42	28	9,950		
Tolerance according EN14304				$\pm 1,5\text{ mm}$			$\pm 1,5\text{ mm}$			$\pm 2\text{ mm}$				



ISOPIPE UV PLUS

DIAMETRO TUBERIA			DIAMETRO INTERNO Min - Max	ESPESOR Y DIAMETROS AISLAMIENTO								
Fe Inch	Cu mm	Cu Inch		13 mm - 1/2"			19mm - 3/4"			19mm - 3/4"		
				Φ	m/Crtm	EUR/m	Φ	m/Crtm	EUR/m	Φ	m/Crtm	EUR/m
1/4"	Φ 15	5/8"	16,0 - 17,0				19x15	60	6,895	30x15		13,441
3/8"	Φ 18	---	19,0 - 20,0				19x18	60	7,768	30x18	32	14,500
1/2"	Φ 22	7/8"	23,0 - 24,0				19x22	44	8,068	30x22	24	15,523
3/4"	Φ 28	1 1/8"	29,0 - 30,0				19x28	40	9,582	30x28	24	16,964
1"	Φ 35	1 3/8"	36,0 - 37,0	13x35	44	7,232	19x35	30	10,868	30x35	18	19,491
1 1/4"	Φ 42	1 5/8"	43,0 - 44,0	13x42	36	7,959	19x42	28	11,741	30x42	16	21,205
1 1/2"	Φ 48	1 7/8"	49,0 - 50,0	13x48	30	8,764	19x48	22	14,064	30x48	14	24,986
--	Φ 54	2 1/8"	55,0 - 56,0	13x54	26	9,914	19x54	20	15,005	30x54	12	26,664
2"	Φ 60	2 3/8"	61,0 - 62,0	13x60	24	10,550	19x60	16	16,514	30x60	10	28,082
--	Φ 64	2 1/2"	65,0 - 66,0	13x64	22	11,536	19x64	16	18,005	30x64	10	29,895
2 1/2"	Φ 76	3"	77,0 - 79,0	13x76	20	12,659	19x76	14	20,959	30x76	10	31,741
3"	Φ 89	3 9/16"	90,0 - 92,0	13x88	14	14,791	19x88	12	22,464	30x88	8	35,809
--	Φ 101	4"	103,0 - 105,0	13x101	12	18,418	19x101	8	26,614			
3 1/2"	Φ 108	4 1/4"	110,0 - 112,0	13x108	10	19,159	19x108	8	0,000	25x108	6	35,323
4"	Φ 114	4 9/16"	116,0 - 118,0	13x114	10	19,900	19x114	8	29,373	25x114	6	39,436
5"	Φ 139	5 1/2"	141,0 - 143,0	13x1139	8	29,341	19x139	6	38,541			
Tolerance according EN14304				± 1,5 mm			± 2 mm			± 2 mm		

Isopipe UV PLUS longitud estandar 95 cm (+/-5 cm.)

Isopipe UV/Plus medidas caja 210 x 47 x 21 cm.

Los precios pueden sufrir variaciones.

Acumulador

Gran capacidad, serie estándar

Código	Artículo
«ACSPF-PT» VERTICAL AISLAMIENTO RÍGIDO	
CC 01 901	ACSPF-300 PT
CC 01 902	ACSPF-500 PT
CC 01 903	ACSPF-750 PT
CC 01 904	ACSPF-1000 PT
«ACSPF-T» VERTICAL AISLAMIENTO FLEXIBLE	
CC 01 911	ACSPF-1500 T
CC 01 912	ACSPF-2000 T
CC 01 913	ACSPF-2500 T
CC 01 914	ACSPF-3000 T
CC 01 915	ACSPF-4000 T
CC 01 916	ACSPF-5000 T
«ACSPOF-PT» HORIZONTAL AISLAMIENTO RÍGIDO	
CC 01 921	ACSPOF-300 PT
CC 01 922	ACSPOF-500 PT
CC 01 923	ACSPOF-750 PT
CC 01 924	ACSPOF-1000 PT
«ACSPOF-T» HORIZONTAL AISLAMIENTO FLEXIBLE	
CC 01 931	ACSPOF-1500 T
CC 01 932	ACSPOF-2000 T
CC 01 933	ACSPOF-2500 T
CC 01 934	ACSPOF-3000 T
CC 01 935	ACSPOF-4000 T
CC 01 936	ACSPOF-5000 T

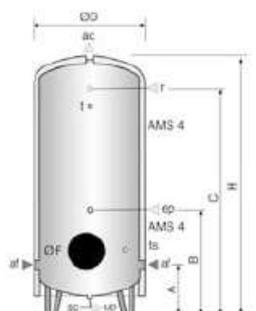
El tratamiento SmaltoPLAST es un polvo termoplástico de revestimiento que ofrece algunas ventajas respecto a otros tratamientos similares y garantiza una larga protección contra la corrosión. Permite temperaturas de trabajo, en continuo de hasta 80°C.

Características técnicas:

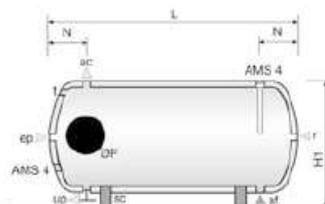
- Aislamiento: De 300 a 1000 l, poliuretano rígido de 30 mm.
- De 1500 a 5000 l, poliuretano flexible de 50 mm.
- Revestimiento externo: PVC de color gris con 5 mm de poliuretano flexible.
- Protección catódica: Ánodo electrónico por corriente impresa (CORREX) para protección permanente.

Condiciones de trabajo:

- Temperatura máxima en continuo: 80°C.
- Presión máxima de trabajo: 8 bar.
- Garantía anticorrosión: 3 años contra la perforación por corrosión electroquímica.



ac agua caliente
 af agua fría
 ep entrada preparador
 Ø 1-1/4"
 up salida preparador
 r recirculación Ø 1-1/4"
 sc descarga
 t termómetro Ø 1/2"
 ts termostato Ø 1/2"



Capac. Lts.	DIMENSIONES (mm)								Conex. ac-af	Ánodos nº	Ø mm Brida Re- gistro	Peso Kg
	A	B	C	ØD	H	H1	L	N				
300*	295	685	1215	620	1410	755	1320	205	1-1/4"	1	32 x 320	50
500*	325	715	1485	720	1710	850	1600	240	1-1/4"	1	32 x 520	85
750*	345	835	1610	820	1855	945	1740	260	1-1/2"	1	32 x 520	110
1000*	355	895	1915	870	2170	990	2060	270	1-1/2"	1	32 x 520	135
1500	435	955	2055	950	2400	1155	2235	315	2"	2	32 x 520	210
2000	450	1040	2070	1100	2450	1285	2305	350	2"	2	32 x 520	250
2500	510	1100	2180	1200	2540	1375	2410	380	2"	2	32 x 520	380
3000	520	1110	2190	1300	2570	1460	2450	400	2"	2	32 x 520	380
4000	570	1240	2440	1400	2855	1565	2720	440	2-1/2"	2	32 x 520	495
5000	580	1250	2450	1600	2895	1780	2780	470	2-1/2"	2	32 x 520	580

Aerotermo

AEROTERMOS ELÉCTRICOS MURALES

Serie EC-N





Aerotermos murales de instalación fija, para calentar locales comerciales o industriales.

Características:
 IP24
 Fabricados en chapa de acero pintada.
 Ventilador axial muy silencioso.
 Interruptor posterior que permite seleccionar que el termostato actúe sobre el ventilador resistencia, o solo sobre la resistencia (el ventilador funciona permanentemente).
 Contactor.
 Protector térmico.
 Botón de rearme manual (RESET).



0 012872 402066

Calificación EC-A



Soporte mural, incluido en el aparato, para fijar en la pared.




Orientables, de manera vertical y horizontal, para dirigir el calor al lugar deseado.

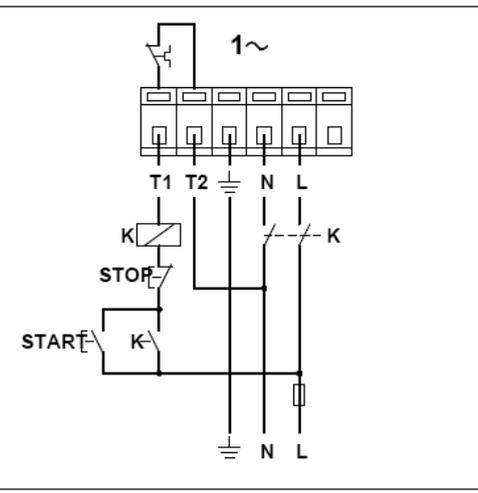
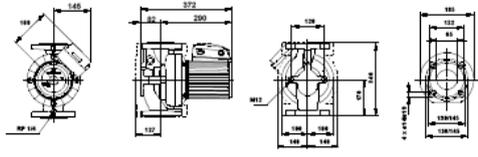
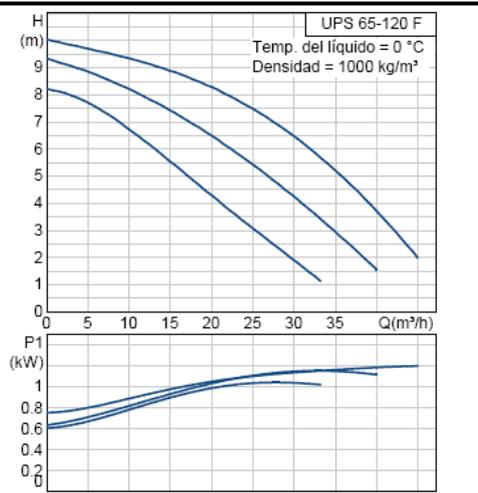
Características técnicas

Modelo	Tensión 50 Hz (V)	Potencia total (W)	Potencia calefacción (W)	Intensidad máxima (A)	Velocidad (r.p.m.)	Caudal máximo (m ³ /h)	Nivel presión sonora* dB(A)	Aumento de temperatura (°C)	Protec. contra salpicaduras de agua	Velocidad aire en descarga (m/s)	Peso (kg)
EC-3N	230V	3033	1500/3000	13	1300	350	43	26	IP24	2	9,7
EC-5N	3N AC 400	5033	2500/5000	7.2	1300	450	43	33	IP24	2,3	9,7
EC-9N	3N AC 400	9050	4500/9000	13	1300	800	49	33	IP24	2,4	15
EC-12N	3N AC 400	12040	6000/12000	17.3	1370	1100	50	32	IP24	3,3	17
EC-15N	3N AC 400	15040	7500/15000	21.7	1370	1100	50	40	IP24	3,3	17

* Presión sonora a 1,5 metros, aparato en el suelo.

Bomba (circuito primario)

Descripción	Valor
Producto::	UPS 65-120 F
Código::	96402278
Número EAN::	5700390664947
Técnico:	
Nº de velocidad:	3
Altura máxima:	120 dm
Homologaciones en placa:	CE, TSE
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Fundición EN-JL1040 ASTM 35 B - 40 B
Impulsor:	Acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301 AISI 304
Instalación:	
Rango de temperaturas ambientes:	0 .. 40 °C
Presión de trabajo máxima:	10 bar
Tipo de brida:	DIN
Diámetro de conexiones:	DN 65
Presión:	PN 6 / PN 10
Distancia entre conexiones de aspiración y descarga:	340 mm
Líquido:	
Rango de temperatura del líquido:	-10 .. 120 °C
Datos eléctricos:	
Potencia de entrada en velocidad 1:	1050 W
Potencia de entrada en velocidad 2:	1150 W
Potencia de entrada en velocidad 3:	1200 W
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	1 x 230-240 V
Intensidad en velocidad 1:	5.1 A
Intensidad en velocidad 2:	5.6 A
Intensidad máx.:	5.5 A
Cos phi en velocidad 1:	0,9
Cos phi en velocidad 2:	0,89
Cos phi:	0,95
Tamaño condensador - Funcionamiento:	30 µF/400 V
Grado de protección (IEC 34-5):	44
Clase de aislamiento (IEC 85):	H
Protección del motor:	Contacto
Protección térmica:	exterior
Paneles control:	
Relé:	sin relé
Posición caja de terminales:	1.30H
Otros:	
Peso neto:	33.2 kg
Peso bruto:	31.5 kg
Volumen:	0.043 m³
Clasificación energética:	C



Vaso de expansión

E SALVADOR ESCODA S.A. Provença, 392 pl. 1 y 2
08025 BARCELONA
Tel. 93 446 27 80
www.salvadorescoda.com Fax 93 456 90 32

CATÁLOGO TÉCNICO

MANUALES, CATÁLOGOS Y HOJAS TÉCNICAS: EN NUESTRA WEB

4.3.3. Vasos de expansión

IT 1.3.4.2.4

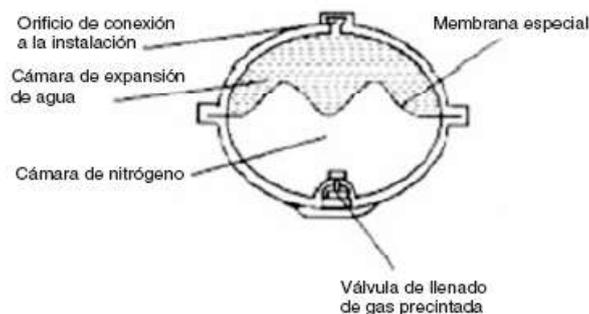
Los circuitos cerrados de agua o soluciones acuosas estarán equipadas con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permita absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

Código	Artículo	Capacidad l	Presión máx. bar	Dimensiones D x H	Conex. de agua Ø	Precarga bar
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura máxima: 130°C • Precarga: 2,5 bar • Apto para el uso hasta 50% anticongelante 						
MEMBRANA FIJA						
SO 09 021	5 SMF	5	10	200x240	3/4"	2,5
SO 09 022	8 SMF	8	10	200x335	3/4"	2,5
SO 09 023	12 SMF	12	10	270x304	3/4"	2,5
SO 09 024	18 SMF	18	10	270x405	3/4"	2,5
SO 09 025	24 SMF	24	8	320x425	3/4"	2,5
MEMBRANA INTERCAMBIABLE						
SO 09 026	35 SMR-P	35	10	360x615	1"	2,5
SO 09 027	50 SMR-P	50	10	360x750	1"	2,5
SO 09 028	80 SMR-P	80	10	450x750	1"	2,5
SO 09 029	100 SMR-P	100	10	450x850	1"	2,5
SO 09 030	220 SMR	200	10	485x1400	1-1/2"	2,5
SO 09 031	350 SMR	300	10	485x1965	1-1/2"	2,5
SO 09 032	500 SMR	500	10	600x2065	1-1/2"	2,5
SO 09 033	700 SMR	700	10	700x2215	1-1/2"	2,5

Cálculo del vaso de expansión:

El vaso de expansión de una instalación térmica será siempre cerrado, tiene la función de absorber las variaciones de volumen del fluido calor-portante, contenido en el circuito solar, al variar su temperatura, manteniendo la presión entre límites preestablecidos e impidiendo, al mismo tiempo, pérdidas y reposiciones de la masa de fluido.

Sección de un vaso de expansión cerrado:



Para desarrollar el cálculo se ha de tener en cuenta

a) Capacidad de fluido de la instalación

Contenido de fluido calor-portante de los colectores.

Depende del modelo y características, para un colector plano de 2,5 m² se puede considerar entre 2 y 3 litros.





Intercambiador

SALVADOR ESCODA S.A.
 Provença, 392 pl. 1 y 2
 08025 BARCELONA
 Tel. 93 446 27 90
 Fax 93 456 90 32
 www.salvadorescoda.com

CATÁLOGO TÉCNICO
 MANUALES, CATÁLOGOS Y HOJAS TÉCNICAS: EN NUESTRA WEB

4.4.5. Intercambiadores de placas

RITE, IT 1.1.4.3.1 Preparación de ACS para usos sanitarios.

ACS en sistemas de preparación centralizados dotados de depósitos de acumulación y circuito de retorno.

Cuando se hable de grandes volúmenes, el intercambio de calor deberá en contrarse en el exterior de los depósitos acumuladores, para facilitar la limpieza y el mantenimiento. Este intercambiador de calor será de placas, y desmontable, y funcionará a contra corriente con el fin de realizar todo el intercambio de calor.

Modelos mas usuales de intercambiadores de placas desmontables

Código	Modelo	Nº de placas	Tipo de placa	Tipo de junta	Temp. Máx. °C
SO 20 005	T2B5	5	H	EPDMCT	150
SO 20 007	T2B7	7	H	EPDMCT	150
SO 20 012	T2B12	12	H	EPDMCT	150
SO 20 018	T2B18	18	H	EPDMCT	150
SO 20 108	M3FM8	8	H	EPDMCT	140
SO 20 112	M3FM12	12	H	EPDMCT	140
SO 20 115	M3FM15	15	H	EPDMCT	140
SO 20 117	M3FM17	17	H	EPDMCT	140
SO 20 120	M3FM20	20	H	EPDMCT	140
SO 20 123	M3FM23	23	H	EPDMCT	140
SO 20 127	M3FM27	27	H	EPDMCT	140
SO 20 128	M3FM28	28	H	EPDMCT	140
SO 20 130	M3FM30	30	H	EPDMCT	140
SO 20 134	M3FM34	34	H	EPDMCT	140
SO 20 135	M3FM35	35	H	EPDMCT	140
SO 20 138	M3FM38	38	H	EPDMCT	140
SO 20 143	M3FM43	43	H	EPDMCT	140
SO 20 221	T5M21	21	L	EPDMCT	150
SO 20 223	T5M23	23	L	EPDMCT	150
SO 20 227	T5M27	27	L	EPDMCT	150
SO 20 229	T5M29	29	L	EPDMCT	150
SO 20 233	T5M33	33	L	EPDMCT	150
SO 20 325	M6MFM25	25	L	EPDMCT	140
SO 20 330	M6MFM30	30	L	EPDMCT	140
SO 20 335	M6MFM35	35	L	EPDMCT	140

Cálculo de algunos modelos estándar

Producción de A.C.S. con panel solar:

Modelo	Nº Placas	Paneles	(1) Panel 55°C		(2) A.C.S. 45°C		Pot. Kcal/h
			l/h	m.c.a.	l/h	m.c.a.	
M3FM L	8	5	600	0,77	600	1,17	6.000
M3FM L	12	10	1.200	1,22	1.200	1,52	11.400
M3FM L	20	20	2.400	1,76	2.400	1,89	22.800
M3FM L	28	30	3.600	2,06	3.600	2,08	34.200
M3FM L	35	40	4.800	2,53	4.800	2,23	45.600
M3FM L	43	50	6.000	2,84	6.000	2,33	56.400
T5M H	21	60	7.200	2,46	7.200	2,07	67.800
T5M H	23	70	8.400	2,98	8.400	2,50	79.200
T5M H	27	80	9.600	2,82	9.600	2,21	90.600
T5M H	29	90	10.800	2,91	10.800	2,45	102.000
T5M H	33	100	11.900	2,74	11.900	2,30	112.800

Criterios de selección:

Temperatura primario: 55°C 45°C
 Temperatura secundario: 35°C 45°C
 Pérdida de carga cto. Solar: Máx. 5 m.c.a.

Climatización de piscina con panel solar:

Modelo	Nº Placas	Paneles	(1) Panel 55°C		(2) Piscina 25°C		Piscina m²	Pot. Kcal/h
			l/h	m.c.a.	l/h	m.c.a.		
T2B H	5	5	600	1,79	400	0,75	10	6.000
T2B H	7	10	1.200	2,79	800	1,30	20	11.400
T2B H	12	20	2.400	3,05	1.600	1,91	40	22.800
T2B H	18	30	3.600	3,50	2.400	1,91	60	34.200
M3FM L	17	40	4.800	2,67	3.200	1,25	80	45.600
M3FM L	20	50	6.000	2,72	3.800	1,41	95	56.400
M3FM L	23	60	7.200	3,28	4.600	1,44	115	67.800
M3FM L	27	70	8.400	3,38	5.400	1,49	135	79.200
M3FM L	30	80	9.600	3,51	6.000	1,62	150	90.600
M3FM L	34	90	10.800	3,71	6.800	1,69	170	102.000
M3FM L	38	100	11.900	3,90	7.600	1,79	190	112.800

Criterios de selección:

Temperatura primario: 55°C 45°C
 Temperatura secundario: 10°C 28°C
 Pérdida de carga cto. Piscina: Máx. 2 m.c.a.

Intercambiador de placas M3

Diseño estándar:

El intercambiador de calor de placas consta de un paquete de placas metálicas de relieve corrugado con orificios para la circulación de los dos fluidos entre los que se va a producir transferencia térmica.

El paquete de placas se sitúa entre una placa de bastidor y una placa de presión que, mediante unos pernos de apriete, comprimen el citado paquete. Cada placa lleva una junta periférica que sella los canales y dirige el fluido alternativamente entre placas.

El número de placas se determina en función de los caudales, propiedades físicas de los fluidos, pérdidas de carga admisibles y programa de temperaturas. El corrugado de las placas facilita la formación de turbulencias y soporta la presión diferencial que se produce.

La placa de presión y el resto de placas se encuentran suspendidas de una barra soporte, situada superiormente, y centrados por una barra guía inferior. Ambas barras se fijan a una columna soporte.

Las conexiones se sitúan en la placa de bastidor, o si alguno de los fluidos realiza más de un paso dentro de la unidad, se sitúan en las placas de bastidor y de presión.

Las placas pueden suministrarse en cualquier material prensable y las juntas en diferentes calidades de elastómeros.

Caudal:

Depende del tipo de fluidos, pérdidas de carga admisibles y programa de temperaturas.

Hasta 14 m³/h.

Tipos de bastidor:

FM, FGL y FG.

Tipos de placas:

M3 y M3-X, donde M3 proporciona flujo paralelo y M3-X flujo diagonal (ver figuras).

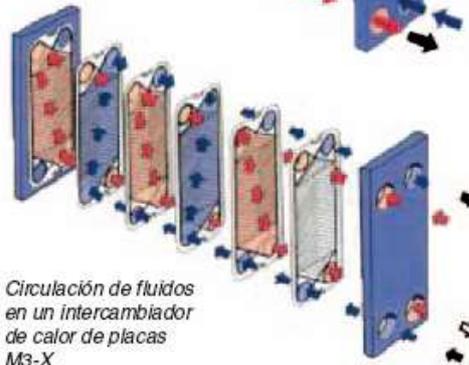
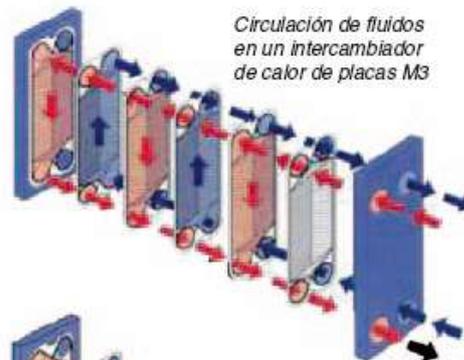
Principio de funcionamiento:

Los fluidos se introducen por los orificios de conexión y circulan por los canales que se forman entre placas, convenientemente separadas por las juntas. Un fluido es conducido a un segundo paso, mientras el otro circula por el canal que forman estos dos primeros. Los dos fluidos se encuentran así separados, sin poderse mezclar, por una delgada placa a través de la cual se produce la transferencia de calor.

Las corrugaciones forman los correspondientes canales entre placas, cuyos bordes de apoyo presionan unas sobre las otras. Los fluidos circulan con altas turbulencias produciendo un gran rendimiento en la transferencia de calor.



M3-FM



Materiales estándar:

Bastidor

Acero al carbono pintado con pintura epoxi.

Placas

Acero inoxidable AISI 316, Titanio.

Juntas

M3: NBR Clip-on, EPDM Clip-on

M3X: NBR y EPDM, Clip-on y pegadas, Viton pegadas.

Conexiones

Rosca externa ISO R 1-1/4".

Rosca externa ISO G 1-1/4".

Datos técnicos:

Temp. máxima de trabajo

Juntas de goma, hasta 140°C (284°F)

Presión máxima de trabajo

FM -1.0 Mpa (144 psig)

FG, FGL -1.6 Mpa (230 psig)

Coefficiente de transferencia de calor

3500 -5500 W/m² °C (600-1000 BTU/ft²h °F)

Máxima superficie de intercambio térmico

FM, FG: 3.9 m² (41.8 sq ft)

FGL: 2.7 m² (28.9 sq ft)

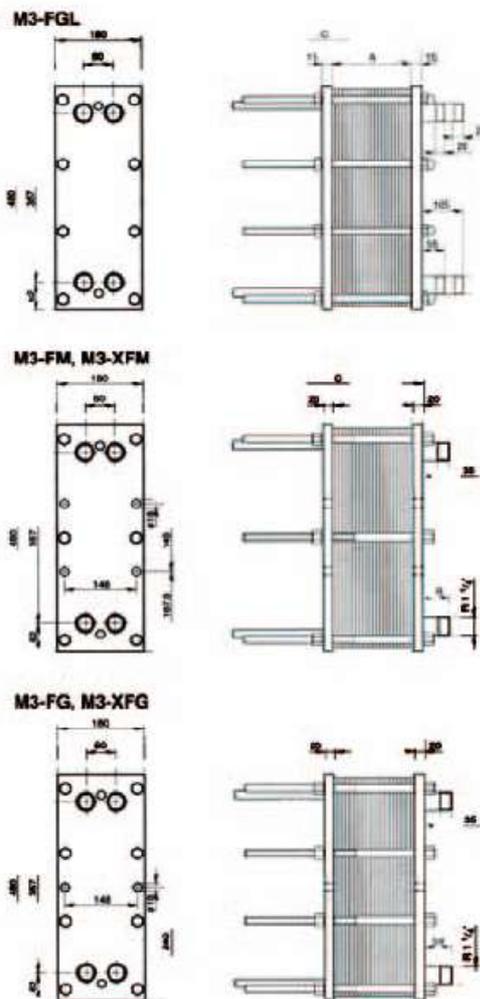
Superficie de transferencia por placa

0.032 m² (0.34 sq ft)

Datos particulares requeridos para ofertar:

Para que un representante de Alfa Laval pueda efectuar una oferta correcta, sus consultas deben incluir los siguientes datos:

- Caudales requeridos.
- Programa de temperaturas.
- Propiedades físicas de los fluidos en cuestión (si no se trata de agua).
- Presión de trabajo.
- Pérdida de carga máxima admisible en el intercambiador.



A = (2.4 + 0.6 Titanio) x n mm. (n = Número de placas)
 (2.4 + 0.5 AISI 316) x n mm. (n = Número de placas)

FM, FG	B = 175 mm	C = 240 mm	(máx. 49 placas)
	350 mm	300 mm	(máx. 63 placas)
	550 mm	500 mm	(máx. 95 placas)
FGL	B = 250 mm	C = 300 mm	(máx. 63 placas)
	500 mm	500 mm	(máx. 95 placas)

Purgador

SALVADOR ESCODA S.A. Rosselló, 430-432
Tel. 93 446 27 80
Fax 93 456 90 32
08025 BARCELONA

CATÁLOGO TÉCNICO

**01 PURGADOR AUTOMÁTICO PARA ENERGÍA SOLAR
PURG-O-MAT 150 SOLAR**

VOSS El Purgador de Máxima Calidad... **MADE IN GERMANY**

El PURG-O-MAT 150 SOLAR ha sido desarrollado especialmente para las instalaciones solares térmicas en las que tiene mucha importancia la resistencia a temperaturas muy elevadas.

Heredero de nuestra experiencia en la fabricación de millones de purgadores durante más de 30 años y basado en la mecánica del PURG-O-MAT normal, fabricado en latón forjado, en su aspecto exterior no se diferencia de éste... pero en su interior es completamente distinto. Empezando por la boya, fabricada en acero inoxidable (CrNi 1.4571) y soldada mediante la técnica del láser.



Especial para Energía Solar

Asimismo el material de las juntas es resistente a temperaturas muy elevadas.

El PURG-O-MAT 150 SOLAR se fabrica desde hace años para los más prestigiosos fabricantes e instaladores de colectores con el mayor éxito. Somos los primeros del mercado que suministramos este purgador, en latón forjado MS 58 niquelado.



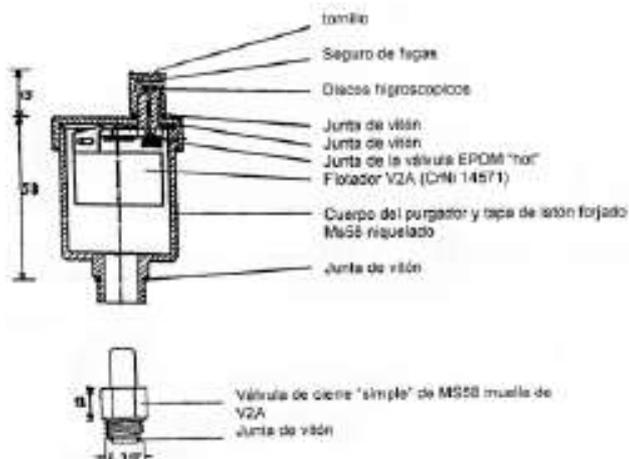
También disponible en versión angular



Sección del purgador en la que se puede observar el mecanismo interno

Características técnicas:

Cód. mod. normal	AC 01 039
Cód. mod. conex. lateral	AC 01 040
Cód. válvula reten. 3/8"	AC 01 041
Presión de servicio	10 bar
Presión de prueba	15 bar
Temperatura máx.	150° C
Conexión	3/8" m



Interacumulador

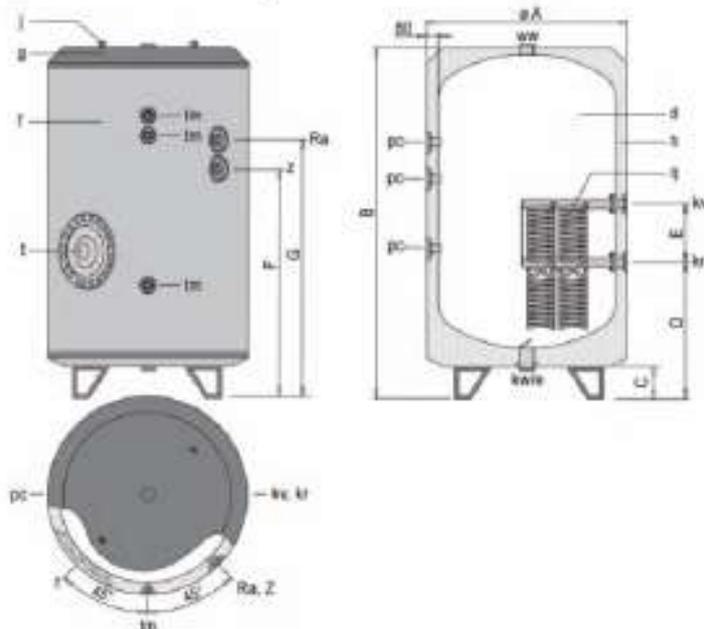


SALVADOR ESCODA S.A.
 www.salvadorescoda.com

Provença, 292 pl. 1 y 2
 08025 BARCELONA
 Telf. 93 446 27 80
 Fax 93 456 90 32

CATÁLOGO TÉCNICO
MANUALS, CATALOGOS Y FOLIOS TÉCNICOS DE NUESTRA RED

Depósitos de ACS mod.: IMV-...-SB con serpentines de calentamiento desmontables



Características técnicas:

Modelo		IMV 1500SB	IMV 2000SB	IMV 2500SB	IMV 3000SB	IMV 3500SB	IMV 4000SB	IMV 5000SB
Capacidad de ACS	litros	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000
Temperatura máx. en continuo dep. ACS	°C	90	90	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de ACS	bar	8	8	8	8	8	8	8
Temperatura máx. circuito calentamiento	°C	200	200	200	200	200	200	200
Presión máx. circuito de calentamiento	bar	25	25	25	25	25	25	25
Número de serpentinas		4	4	6	6	7	8	10
Superficie de intercambio	m ²	2,8	3,4	4,2	5,0	5,9	6,7	8,3
Peso en vacío (aprox.)	Kg	360	425	590	655	720	835	940
Cota A: diámetro exterior	mm	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910
Cota B: Longitud total	mm	1950	2300	2035	2325	2610	2345	2750
Cota C:	mm	200	200	235	235	235	195	195
Cota D:	mm	825	825	910	910	910	960	990
Cota E:	mm	250	400	250	400	400	400	400
Cota F:	mm	1020	1470	1120	1410	1695	1355	1760
Cota G:	mm	1210	1660	1310	1600	1885	1525	1950
kw-e: entrada agua fría/desagüe	GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
ww: salida agua caliente	GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
z: recirculación	GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
kv: avance caldera	GAS/M	2	2	2	2	2	2	2
lr: retorno caldera	GAS/M	2	2	2	2	2	2	2
Ra: conexión resistencia de apoyo	GAS/M	2	2	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	GAS/M	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
pc: conexión protección catódica	GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
nº conexiones protección catódica		2	2	3	3	3	3	3

Caldera

VIESSMANN

VITOPLEX 200

Caldera de baja temperatura a gasóleo/gas
De 700 a 1950 kW

Datos técnicos

Nº de pedido y precios: consultar Lista de precios



VITOPLEX 200 Modelo SX2

Caldera de baja temperatura a gasóleo/gas

Caldera de tres pasos de humos.

Para el funcionamiento con descenso progresivo de la temperatura de caldera



INSTALACION PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE ACS EN MADRID

Datos técnicos

Datos técnicos

		700	900	1100	1300	1600	1950
Potencia térmica nominal	kW	700	900	1100	1300	1600	1950
Carga térmica nominal	kW	761	978	1196	1413	1739	2120
Homologación CE		CE-0085 BQ0020					
Conforme a la Directiva de Aparatos a Gas							
Temperatura adm. de impulsión (= temperatura de seguridad)	°C	110					
Presión adm. de servicio	bar	6	6	6	6	6	6
Pérdida de carga en pasos de humos (sobrepresión)	Pa mbar	270 2,7	460 4,6	400 4,0	570 5,7	530 5,3	850 8,5
Dimensiones del cuerpo de la caldera							
Longitud (medida k)*1	mm	2200	2500	2450	2670	2745	3075
Anchura (medida c)	mm	1085	1085	1180	1180	1280	1280
Dimensiones totales							
Longitud total (medida f)	mm	2355	2655	2605	2825	2920	3250
Anchura total							
- Con regulación (medida a)	mm	1460	1460	1555	1555	1660	1660
- Sin regulación (medida b)	mm	1285	1285	1380	1380	1485	1485
Altura total (con argollas de suspensión) (medida h)	mm	1690	1690	1920	1920	2140	2140
Altura (con conexiones)	mm	1670	1670	1900	1900	2120	2120
Altura de los soportes antivibratorios (con carga)	mm	37	37	37	37	37	37
Bancada							
Longitud	mm	1900	2200	2150	2300	2400	2700
Anchura	mm	1200	1200	1300	1300	1400	1400
Diámetro de la cámara de combustión	mm	620	620	720	720	840	840
Longitud de la cámara de combustión	mm	1700	2000	1930	2150	2200	2530
Peso del cuerpo de la caldera	kg	1525	1655	2150	2330	2900	3230
Peso total	kg	1640	1780	2285	2475	3065	3410
Caldera con aislamiento térmico y regulación de caldera							
Volumen de agua de la caldera	litros	935	1325	1525	1690	1960	2230
Conexiones de la caldera							
Impulsión y retorno de caldera	PN 6 DN	100	100	125	125	150	150
Toma de seguridad (válvula de seguridad)	PN 16 DN	50	50	65	65	85	85
Conexión de vaciado	R (exterior)	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼
Índices de humos^{2,2}							
Temperatura (con una temperatura de caldera de 60 °C)							
- Con potencia térmica nominal	°C	185	185	185	185	185	185
- Con carga parcial	°C	125	125	125	125	125	125
Temperatura (con una temperatura de caldera de 80 °C)							
- Con potencia térmica nominal	°C	195	195	195	195	195	195
Caudal másico (con gasóleo C y gas natural)							
- Con potencia térmica nominal	kg/h	1170	1500	1840	2160	2670	3250
- Con carga parcial	kg/h	700	900	1100	1300	1600	1950
Tiro necesario	Pa/mbar	0	0	0	0	0	0
Conexión de humos	Ø mm	300	300	350	350	400	400
Contenido total de gas	m ³	0,98	1,01	1,47	1,64	2,23	2,51
Cámara de combustión, pasos de humos, conductos de retorno, desviación y caja de humos							
Rendimiento estacional (para el funcionamiento con gasóleo)	%						

5828 397-1 ES

*1 Puerta de la caldera desmontada.

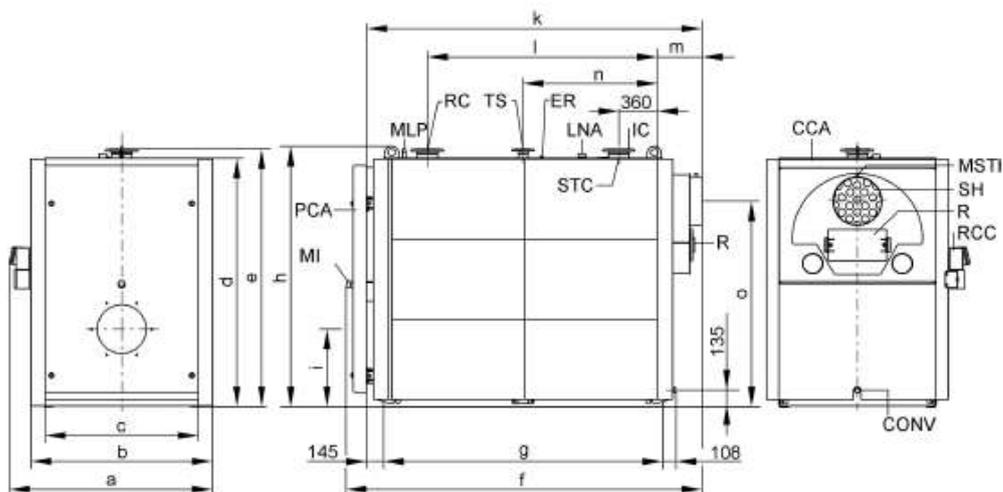
^{2,2} Valores de cálculo para el dimensionado del sistema de salida de humos de acuerdo con la norma EN 13384 referidos a un 13 % de CO₂ con gasóleo C y un 10 % de CO₂ con gas natural.

Temperaturas de humos indicadas en valores brutos medidos a una temperatura del aire de combustión de 20 °C.

Los datos relativos a la carga parcial se refieren a una potencia del 60 % de la potencia térmica nominal. Si varía la carga parcial (según el modo de funcionamiento), se tiene que calcular el caudal másico de humos correspondiente.

Datos técnicos (continuación)

Potencia térmica nominal	kW	700	900	1100	1300	1600	1950
Con una temperatura del sistema de calefacción de 75/60 °C		88 (H _s) / 94 (H _i)					
Pérdida por disposición de servicio Q _{s,70}	%	0,15	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11



SH	Salida de humos	STC	Sonda de temperatura de caldera (desplazada en la Fig.)
MSTH	Manguito R ½ para sonda de temperatura de humos	PCA	Puerta de la caldera
MLP	Manguito R ½ para dispositivo de limitación de presión máxima	ICL	Impulsión de caldera
V	Conexión de vaciado	R	Registro de limpieza
CCA	Cubierta de la caldera (transitable)	ER	Manguito R ½ para equipo de regulación adicional
RC	Retorno de caldera	TS	Toma de seguridad (válvula de seguridad)
RCC	Regulación de caldera.	MI	Mirilla de inspección
		LNA	Manguito R 2 para el limitador del nivel de agua

Tabla de dimensiones

Potencia térmica nominal	kW	700	900	1100	1300	1600	1950
a	mm	1460	1460	1555	1555	1660	1660
b	mm	1285	1285	1380	1380	1485	1485
c	mm	1085	1085	1180	1180	1280	1280
d	mm	1590	1590	1815	1815	2035	2035
e	mm	1670	1670	1900	1900	2120	2120
f	mm	2355	2655	2605	2825	2920	3250
g (longitud de los rieles inferiores)	mm	1775	2075	2005	2225	2280	2610
h	mm	1690	1690	1920	1920	2140	2140
i	mm	525	525	580	580	640	640
k (medida de introducción)	mm	2200	2500	2450	2670	2745	3075
l	mm	1420	1720	1650	1870	1920	2250
m	mm	280	280	300	300	320	320
n	mm	890	1040	1005	1115	1140	1305
o	mm	1270	1270	1480	1480	1690	1690

Medida k: Puerta de caldera desmontada.

Bomba (circuito secundario)

Descripción	Valor
Producto::	UPS 40-80/2 F
Código::	96401916
Número EAN::	5700390654658
Técnico:	
Nº de velocidad:	3
Altura máxima:	60 dm
Homologaciones en placa:	CE,TSE
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Fundición EN-JL1040
	ASTM 36 B - 40 B
Impulsor:	Acero inoxidable
	DIN W.-Nr. 1.4301
	AISI 304
Instalación:	
Rango de temperaturas ambientes:	0 .. 40 °C
Presión de trabajo máxima:	10 bar
Tipo de brida:	DIN
Diámetro de conexiones:	DN 40
Presión:	PN 6 / PN 10
Distancia entre conexiones de aspiración y descarga:	250 mm
Líquido:	
Rango de temperatura del líquido:	-10 .. 120 °C
Datos eléctricos:	
Número de polos:	2
Potencia de entrada en velocidad 1:	155 W
Potencia de entrada en velocidad 2:	175 W
Potencia de entrada en velocidad 3:	250 W
Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	3 x 230 V
Intensidad en velocidad 1:	0.43 A
Intensidad en velocidad 2:	0.5 A
Intensidad máx.:	0.8 A
Cos phi en velocidad 1:	0.89
Cos phi en velocidad 2:	0.87
Cos phi:	0.78
Grado de protección (IEC 34-5):	44
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección del motor:	Contacto
Protección térmica:	exterior
Paneles control:	
Relé:	sin relé
Posición caja de terminales:	1.30H
Otros:	
Peso neto:	18.3 kg
Peso bruto:	17.9 kg
Volumen:	0.026 m³
Clasificación energética:	C

Impreso del CAPS Grundfos **GRUNDFOS** 6/8

Regulador térmico diferencial



Manual de instalación y empleo

Regulador térmico diferencial
6 Entradas / 3 Salidas

ES

715.972 | 05.45





9. Datos técnicos

Regulador térmico diferencial	
Tensión del sistema	230 V ($\pm 15\%$), 50 Hz [opcional 115 V ($\pm 15\%$), 60 Hz]
Consumo característico máximo	≤ 3 W
Entradas	6
5 x determinación de la temperatura (Pt1000) y 1 x determinación de la temperatura o impulso	
Salidas	3
1 x salida de relé, corriente máx. de conmutación: 1 A 2 x salida Triac para la regulación del número de revoluciones, corriente máx. de conmutación: 3,5 A	
Número de los esquemas hidráulicos predeterminados	15
Interfaces	RS232, IS-Bus
Temperatura ambiental permitida	0 °C...+45 °C
Display de LCD	LCD gráfica animada con iluminación de fondo
Clase de protección	IP 20 / DIN 40050
Dimensiones largo x ancho x alto	170 x 170 x 46 mm

Datos de potencia

Salida	Potencia	Fusible
R1	230 W (230 V ~) / 115 W (115 V ~)	Fusible interno: 2,5 A MT, 250 V
R2	230 W (230 V ~) / 115 W (115 V ~)	
R3	800 W (230 V ~) / 400 W (115 V ~)	Fusible interno:: 4 A MT, 250 V



Anexo

Ajustes de los parámetros

	Ajuste de fábrica	Ajustable a mín.:	Ajustable a máx.:
Temperatura máxima del acumulador 1-3	60 °C	0 °C	95 °C
Diferencia de temperatura de activación 1-3 (DTA)	8 K	ATD + 2K	50 K
Diferencia de temperatura de desactivación 1-3 (DTD)	4 K	0 K	DTA - 2 K
Limitación máx. de temperatura del circuito de carga 1-2	100 °C	Mín. + 2 K	130 °C
Limitación mín. de temperatura del circuito de carga 1-2	0 °C	0°C	Máx. - 2 K
Estrategia de carga del acumulador 1-3 por diferencia de temperatura	8 K	0 K	80 K
Estrategia de carga del acumulador 1-3 por temperatura absoluta	60 °C	0 °C	100 °C
Estrategia de carga del circuito solar por diferencia de temperatura	10 K	0 K	80 K
Estrategia de carga del circuito solar por temperatura absoluta	70 °C	0 °C	100 °C

Umbral de conmutación fijos	Ajuste de fábrica
Colector máx.	130 °C
Temperatura de reactivación del colector	127 °C
Histéresis de conmutación de los colectores (en caso de regulación por válvula)	10 K
Histéresis máx. de reactivación del acumulador	3 K