



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA INDUSTRIAL, ESPECIALIDAD TECNOLOGÍAS
ENERGÉTICAS

**PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS,
CALEFACCIÓN Y PISCINA EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS**
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TÉRMICA Y DE FLUIDOS

AUTOR: ANTONIO LUIS RELAÑO PEÑA

TUTOR: DOMINGO SANTANA SANTANA

LEGANÉS MAYO DE 2010

SÍNTESIS DEL PROYECTO

Con arreglo al nuevo Código Técnico de la Edificación, en el que se establece unos niveles mínimos de contribución solar para ACS en los edificios de nueva construcción y rehabilitación, por el interés por las energías renovables y la eficiencia energética el alumno ha realizado el siguiente proyecto.

En este proyecto se ha pretendido realizar un diseño de la instalación que sea por una parte lo más eficiente posible desde el punto de vista energético y por otra parte que su utilización sea lo más confortable posible para las viviendas del edificio en cuestión, todo ello sin restar prestaciones ni garantías al diseño de la misma. Esto se ha conseguido con una instalación de acumulación solar centralizada para ACS y Calefacción, y una producción mediante energía auxiliar en línea con cada vivienda, teniendo en cuenta que todos los usuarios de esta consigan el mismo beneficio de la instalación solar.

La instalación solar consta de 50 colectores solares los que transforman la radiación solar incidente en energía térmica, la cual deberá ser transportada y almacenada en los depósitos de acumulación para su posterior utilización en forma de agua caliente sanitaria.

A parte de la instalación solar, se ha diseñado el sistema de energía auxiliar, según se indica en el CTE, para aquellos momentos en los que exista un déficit energético por parte de la instalación solar.

Para el sistema de acumulación podemos hablar de dos volúmenes de acumulación diferenciados, el del sistema solar y el del sistema de Calefacción. El sistema de acumulación solar consta de un depósito de 2000 litros y el sistema de acumulación para la calefacción de un depósito de 5000 litros, suficientes para almacenar la energía generada por el campo de colectores.

La instalación solar está completamente regulada por un sistema electrónico de regulación y control el cuál actuará sobre los dispositivos de la instalación y almacenará todos los datos obtenidos para su posterior análisis en las labores de mantenimiento de la misma.

La instalación diseñada cubrirá un 100% del total de agua caliente sanitaria anual, superando así el 60% de cobertura mínima, exigida por el CTE para la zona donde estaría situado el edificio. En total la instalación cubrirá un total de una 26,8% de la demanda de ACS más Calefacción, utilizando el excedente energético de los meses estivales en elevar la temperatura de la piscina comunitaria para así ampliar el periodo de baño.



3.3.2. Elección de los intercambiadores	83
3.4. Fluido de trabajo	85
3.5. Circuito hidráulico	89
3.5.1. Características de la red de tuberías	90
3.5.2. Cálculo de la red de tuberías	91
3.5.2.1.Circuito primario	96
3.5.2.2.Circuito secundario ACS	98
3.5.2.3.Circuito secundario Calefacción.....	100
3.5.2.4.Circuito secundario Piscina	101
3.5.2.5.Circuito terciario ACS y Calefacción.....	102
3.6. Bombas de circulación	102
3.6.1. Grupo de bombeo del circuito primario	102
3.6.2. Grupo de bombeo del circuito secundario de ACS ...	103
3.6.3. Grupo de bombeo del circuito secundario de Calefacción	104
3.6.4. Grupo de bombeo del circuito secundario de Piscina	105
3.7. Vasos de expansión	106
3.8. Aislamiento de las tuberías	109
3.9. Sistema de energía auxiliar	111
3.10. Sistema de control	112
3.10.1. Elementos del sistema de control	113
3.10.2. Funciones del sistema de control.....	113
3.10.3. Sistema de medida.....	116
3.10.3.1. Elementos del sistema de medida.....	116
3.11. Sistemas varios.....	117
3.11.1. Purgadores y Drenaje	117
3.11.2. Sistema de llenado.....	117
3.11.3. Sistema de protección frente a sobrecalentamientos.	118
3.11.3.1. Descripción de la protección	119
3.11.3.2. Elección del sistema de protección	122
3.11.4. Sistema de protección frente a heladas.....	122
3.11.5. Estructura soporte.....	122
3.11.5.1. Elección de la estructura soporte.....	123

4. ANEXO 1: PRESUPUESTO.....	124
5. ANEXO 2: HOJAS TÉCNICAS.....	134
6. ANEXO 3: PLANOS	141
6.1. Situación y emplazamiento	
6.2. Recinto del edificio	
6.3. Alzados del edificio	
6.4. Perfiles del edificio	
6.5. Distribución 1ª planta	
6.6. Distribución plantas 2ª a 5ª	
6.7. Distribución azotea	
6.8. Instalación en sótano	
6.9. Situación de los colectores	
6.10 Esquema de la instalación	
6.11. Conexionado de colectores	



1. INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR EN ESPAÑA

El Marco Actual

El Plan de Energías Renovables en España (PER) 2005-2010 trata de mantener el compromiso de cubrir con fuentes renovables al menos el 12% del consumo total de energía en 2010.

La energía solar térmica, por su sencillez, es una pieza clave dentro del desarrollo de las energías renovables. Contribuye por lo tanto a un modelo sostenible de abastecimiento energético, que pretende reducir el impacto ambiental que supone el uso de energía y favorecer la independencia energética.

Las instalaciones solares térmicas no vierten ningún tipo de contaminante asociado a su operación, su energía se produce cercana al punto de consumo y son fáciles de instalar, por ello la energía solar térmica está perfectamente en línea con la sostenibilidad.

En España, la oficina Española de Cambio Climático coordina todas las entidades para reducir la emisión de gases de efecto invernadero. El Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010 pretende doblar el porcentaje de abastecimiento basado en estas fuentes (del 6% al 12%) y siguiendo lo establecido en el Protocolo de Kyoto deben limitarse las emisiones de gases de efecto invernadero.

Para llevar esto a cabo existen diversos programas de financiación destinados a promover proyectos de energías renovables y proyectos energéticos eficientes en los ámbitos Europeo, Nacional, Regional y Municipal.

1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto es el diseño de una instalación solar térmica de baja temperatura para el suministro de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y calefacción mediante suelo radiante en un bloque de viviendas localizado en la ciudad de Córdoba complementada con una fuente de gas natural.



Debido a la Normativa actual es obligatorio para todos los edificios de nueva construcción implementar, en función de la zona climática y la demanda, una cobertura mínima de ACS mediante energía solar.

Se amplía el estudio con un sistema de calefacción mediante suelo radiante para un mayor aprovechamiento de la instalación en invierno y el aumento de la temperatura del agua de una piscina al aire libre, aumentando el periodo de baño, en verano.

El estudio se realiza a partir de las necesidades energéticas del edificio. A partir de estos datos se dimensiona el volumen de acumulación, subsistema de intercambio, el subsistema de regulación y control y el subsistema hidráulico. Finalmente se estima un presupuesto.

Se apuesta por el Gas Natural por ser la energía de apoyo más económica haciendo la inversión más atractiva.

La Normativa básica es el Código Técnico de la Edificación (CTE), utilizando de manera especial el documento básico de Ahorro Energético (HE) y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).

1.3. NORMATIVA Y BIBLIOGRAFÍA

En la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normativas y legislaciones:

- Código Técnico de la Edificación (CTE) (Aprobado por el Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo de 2006. BOE 28 de marzo del 2006).
- Documento Básico "DB HE Ahorro de Energía" Exigencia básica HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- Reglamentación de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE).
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura. Instalaciones de Energía Solar Térmica (PET-REV-Octubre 2002).



- Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis (Aprobados por el Real Decreto 865/2003).
- Normas básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua (NIA).
- Normativa UNE de aplicación.
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Complementarias MI.BT, incluidas las hojas de interpretación.
- Reglamento de recipientes a presión (RAP).
- Sistemas de aprovechamiento térmico (CENSOLAR)

La última normativa referente a la eficiencia energética, publicada en el Boletín Oficial del Estado (BOE) con fecha 29 de Agosto de 2007, fue el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), tras las recomendaciones del nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE) aprobado el 17 de Marzo de 2006 y la necesidad de transponer la directiva 2002/91/CE, del 16 de Diciembre, además de incorporar la experiencia práctica de los últimos años.

Dicho nuevo reglamento se desarrolla con un enfoque basado en prestaciones u objetivos, es decir, expresando los requisitos que deben satisfacer las instalaciones térmicas sin obligar al uso de una determinada técnica o material, ni impidiendo la introducción de nuevas tecnologías y conceptos en cuanto al diseño, frente al enfoque tradicional de reglamentos prescriptivos que consisten en un conjunto de especificaciones técnicas detalladas que presentan el inconveniente de limitar la gama de soluciones aceptables e impiden el uso de nuevos productos y técnicas innovadoras.

Por otra parte, el reglamento que se aprueba constituye el marco normativo básico en el que se regulan las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas.

En Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), tiene por objeto establecer las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios destinadas a atender la demanda de



bienestar e higiene de las personas, durante su diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento y uso, así como determinar los procedimientos que permitan acreditar su cumplimiento.

El nuevo CTE (Código Técnico de la Edificación), posibilita edificios más seguros, más habitables y más sostenibles, creando además el Consejo para la Sostenibilidad, Innovación y Calidad de la Edificación (CSICE), como órgano de participación de las administraciones públicas y de los Agentes de la Edificación.

El ámbito de aplicación será a todos los edificios de nueva construcción y las modificaciones o reformas de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m², dónde se renueven al menos el 25% del total de sus cerramientos.

La segunda parte está formada por una serie de “Documentos Básicos” donde se recogen las exigencias que deben cumplir los edificios, cuyas principales innovaciones son:

- a) Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE).
- b) Documento Básico de Seguridad frente a Incendios (DB-SI).
- c) Documento Básico de Seguridad en su Utilización (DB-SU).
- d) Edificios más saludables: Salud, higiene y protección del Medio Ambiente.
- e) Documento Básico de Ahorro Energético (DB-HE): el Documento Básico de Ahorro Energético es uno de los instrumentos de las nuevas políticas medioambientales del Gobierno. Establece las reglas y procedimientos que permite un cumplimiento de las exigencias básicas de ahorro de energía. Consistiendo principalmente en el uso racional de la energía en los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y la parte que sea posible que el consumo proceda de energías renovables. El cumplimiento de los requisitos mediante los mínimos establecidos asegura el ahorro de energía. Siendo esta nuestra principal referencia en el proyecto tratado. Este documento a su vez se divide en cinco exigencias energéticas básicas:



- i. HE-1: Limitación de la Demanda Energética, donde se establecen los valores límite para los cerramientos de los edificios (fachadas, vidrios, cubiertas, etc.)
- ii. HE-2: Rendimiento de las Instalaciones Térmicas, que se desarrolla dentro del RITE y su aplicación quedará definida en el proyecto del edificio.
- iii. HE-3: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación.
- iv. HE-4: Contribución Solar mínima de Agua Caliente Sanitaria, que obliga a que la producción de agua caliente sanitaria se realice con un aporte obligatorio de energía solar térmica, que varía entre un 30% y un 70% dependiendo de la zona climática en la que nos encontremos y la demanda total de ACS.
- v. HE-5: Contribución Fotovoltaica mínima de Energía Eléctrica, que establece que ciertos edificios han de disponer de sistemas de captación y transformación de la energía solar en energía eléctrica por procedimientos fotovoltaicos.

Según las estimaciones del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de las Energías (IDAE), la implantación de las exigencias energéticas introducidas en el CTE supondrá, para cada edificio, un ahorro entre el 30 y el 40% y una reducción de emisiones de CO₂ por consumo de energía eléctrica de entre un 40 y un 55%.

1.4. TECNOLOGÍA SOLAR

Una instalación solar térmica está constituida por los elementos de captación de la radiación solar, transformándola en energía térmica utilizable por un sistema mediante un fluido de trabajo y almacenando esta de forma eficiente, normalmente en otro fluido apto para el consumo. La acumulación se realiza mediante depósitos de acumulación para poder utilizarla en el momento de consumo con las menores pérdidas posibles.



Dicho sistema se complementa con una producción de energía térmica por un sistema convencional auxiliar o de apoyo que puede o no estar integrado dentro de la misma instalación.

Los sistemas que conforman la instalación solar térmica para agua caliente son los siguientes:

- **Sistema de captación:** está formado por los colectores solares, encargados de transformar la radiación solar incidente sobre los mismos en energía térmica aprovechable y transportada mediante un fluido de trabajo.
- **Sistema de acumulación:** constituido por uno o varios depósitos que almacenan el agua caliente hasta que se precisa su uso.
- **Circuito hidráulico:** constituido por tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de transportar la energía térmica a través del fluido caliente hasta la acumulación.
- **Sistemas de intercambio:** que realizan la transferencia de la energía térmica desde el circuito de captadores ó primario hasta el consumo.
- **Sistema de regulación y Control:** que se encarga por un lado de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía solar térmica posible y, por otro lado, actúa como protección frente a la acción de múltiples factores como sobre calentamientos del sistema, riesgos de congelaciones, etc.
- **Equipo de energía convencional auxiliar o de apoyo:** que se utiliza para complementar la contribución solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o demanda superior a la prevista.

El objetivo básico del sistema solar es suministrar al usuario una instalación que:

- a) Optimice el ahorro energético global de la instalación en combinación con el resto de equipos térmicos del edificio.
- b) Garantice la durabilidad y calidad suficientes.
- c) Garantice un uso seguro de la instalación.

El elemento más característico de una instalación solar son los captadores solares, sus partes principales son:



- **Cubierta:** elemento de material transparente a la radiación solar, suele usarse vidrio.
- **Absorbedor:** lámina metálica o varias aletas adheridas. Normalmente están fabricadas en cobre, debido a su alto coeficiente de transmisión de calor, presentando algún tratamiento superficial (pintura) que mejore sus prestaciones. El más extendido es el absorbedor de parrilla, es decir, el constituido por varias tuberías paralelas que se unen a los conductos de distribución.
- **Aislamiento:** se coloca en los laterales y en el fondo de la carcasa, para disminuir la transmisión de calor hacia el exterior. Suele estar constituido por lana de roca o fibra de vidrio.
- **Carcasa o Caja:** contenedor de los elementos del captador que suele ser de aluminio o acero galvanizado para soportar las condiciones exteriores.

El fluido caloportador que circula en su interior puede ser agua de red, agua glicolada, según las características climatológicas del lugar de instalación y de la calidad del agua empleada. Los colectores se encontrarán anclados al tejado mediante un soporte adecuado y podrán estar conectados en serie, paralelo ó serie-paralelo en función de la configuración. La unión entre los colectores han de ser flexibles para prevenir las dilataciones debidas a los gradientes de temperatura.

Se debe proteger el sistema frente a heladas por lo que se fijará la temperatura mínima del sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deben ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.

Para evitar sobrecalentamientos se deben dotar las instalaciones de dispositivos de control automático o manuales para evitar que dañen los equipos y se penalice la calidad del suministro energético.

En España la forma más habitual de calefacción por agua es la de radiadores alimentados desde calderas individuales o colectivas. Estos radiadores necesitan para funcionar eficazmente una temperatura relativamente alta, entre 70 y 90°C. Esta temperatura es fácil de alcanzar y mantener mediante sistemas convencionales de



energía pero no por un sistema de energía solar térmica. La única posibilidad de obtener una buena calefacción utilizando colectores solares es mediante la utilización de suelo radiante, ya que el sistema funciona eficazmente a una temperatura muy inferior, en torno a los 40°C, siendo este un rango óptimo de funcionamiento para los colectores solares.

Las principales ventajas que aporta el suelo radiante son el confort y la salubridad entre las que se describen a continuación.

De todos los sistemas existentes de calefacción, el suelo radiante es el que mejor se ajusta al perfil óptimo de temperaturas del cuerpo humano. Este perfil es aquel en que la temperatura del aire a la altura de los pies es ligeramente superior a la temperatura del aire a la altura de la cabeza. Esto se traduce en una percepción, por parte del usuario del sistema, de una mayor sensación de confort.

El emisor térmico es todo el suelo del área a calefactar. Esto da lugar a que la emisión térmica sea uniforme en toda la superficie. Este fenómeno se contrapone al de zonas calientes y zonas frías que se obtiene con otros sistemas de calefacción en los cuales existe un número limitado de emisores de calor.

La velocidad de migración de las capas de aire caliente hacia zonas frías es proporcional a la diferencia de temperaturas del aire entre ambas zonas, caliente y fría. Como la temperatura de la superficie emisora (pavimento) de un sistema de calefacción por suelo radiante es baja (inferior a 30°C), esa diferencia de temperaturas del aire es muy reducida lo que origina que el movimiento de aire produce menor movimiento de polvo y un entorno más higiénico y saludable.

El ahorro energético medio es aproximadamente del 20% respecto a si se calefacta por radiadores y superior si se hace por convectores de aire. Para una misma sensación térmica percibida por el usuario, la temperatura ambiente de un local es inferior si dicho local se calefacta mediante suelo radiante a si se calefacta por otro sistema. Otro factor que influye en el ahorro energético es la disminución de pérdidas de calor en la sala de calderas y en las conducciones hasta colectores debido a la menor temperatura del agua de impulsión y retorno en comparación con otros sistemas de calefacción.



Es un sistema de calefacción que ofrece una total libertad de decoración de interiores ya que los emisores de calor están ocultos.

Para aprovechar el excedente energético en las estaciones estivales, donde no tendremos necesidades de calefacción, y las necesidades de agua caliente sanitaria disminuirán, este se usará en aumentar el periodo de baño de la piscina comunitaria.



2. DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación solar se ha diseñado para ser centralizada en la generación solar e individual en el sistema de generación auxiliar y abastecer la demanda total del edificio de agua caliente para uso sanitario en las viviendas y una parte de la carga de calefacción.

La instalación se ha diseñado con el fin de aprovechar la energía tomada por los captadores al máximo. Se han evaluado varias opciones de diseño, tomando este diseño por ser el más eficiente energéticamente hablando y el de menor coste al tener menor cantidad de elementos, que encarezcan la instalación.

Tanto la distribución de los captadores en la cubierta como, los depósitos de acumulación han sido dispuestos para la mejor maniobrabilidad del sistema, mantenimiento y reparación del mismo.

2.1.1. Objeto de la instalación

El objetivo de la instalación solar es satisfacer la mayor demanda energética posible. En verano con la irradiación que se dispone se puede llegar a cubrir el 100% del consumo energético en agua caliente sanitaria y elevar la temperatura de la piscina, pero en invierno existe un déficit energético importante que se cubrirá con el sistema de apoyo de energía convencional.

2.1.2. Clasificación de la instalación

Nuestra instalación solar se puede clasificar en base a unos criterios:

- Por el principio de circulación se clasifica como instalación por **circulación forzada**, ya que existen bombas circuladoras que mueven el fluido caloportador a lo largo de los distintos circuitos de la instalación.
- Por el sistema de transferencia de calor se clasifica como **instalación indirecta** con intercambiador de calor independiente.



- Por el sistema de expansión se clasifica como instalación de **sistema cerrado**, debido a que el fluido de trabajo no está en contacto con el exterior y trabaja a una presión superior a la atmosférica.
- Según la forma de acoplamiento se clasifica como una **instalación partida**, al estar físicamente separados el captador y el depósito.
- Por el sistema de aporte de energía auxiliar se clasifica como instalación con sistema de energía auxiliar en **línea individual**, modulante.

2.2. CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

El edificio donde irá colocada la instalación está situado en una amplia parcela, con orientación Norte-Sur, la cubierta del mismo es a dos aguas por lo que nuestros captadores tendrán orientación Sur, con esto y las características climatológicas del emplazamiento propician la idoneidad de este tipo de instalaciones.

El emplazamiento del edificio es bastante propicio para este tipo de instalaciones debido a que a su alrededor no existen edificios ni objetos que puedan proyectar sombra sobre nuestro sistema de captación y producir pérdidas importantes en este.

2.2.1. Datos del emplazamiento

El edificio está situado en Córdoba, localidad con los siguientes datos geográficos y climatológicos:

- **Altura:** 128 m
- **Latitud:** 37,9°
- **Longitud:** 4,8 W
- **Temperatura mínima histórica:** -6°C
- **Temperatura media anual durante horas de sol:** 20°C
- **Humedad relativa media:** 62%



- **Número medio anual de días de niebla:** 25 días
- **Número medio anual de días despejados:** 131 días
- **Número medio anual de horas de sol:** 2800 horas

Para el diseño de la instalación solar se han tenido en cuenta otros datos climatológicos tales como la temperatura ambiente, la temperatura del agua de red y datos de irradiación solar propios de la ciudad de Córdoba.

Estos datos han sido obtenidos de CENSOLAR (centro de estudios de la energía solar).

2.2.2. Zonificación Climática

La zona climática donde se ubican los edificios se determinará a partir de unos valores tabulados en el DB-HE1. Se clasifican en 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra correspondiente a la división de invierno y un número correspondiente a la división de verano.

La zona climática correspondiente a Córdoba, es la B4, con una altura de referencia de 113 m sobre el nivel del mar, como el edificio se encuentra dentro de la capital a una altura aproximada a la de referencia la zona climática no cambia.

2.2.3. Clasificación de espacios

Los espacios interiores de los edificios se clasifican en habitables y no habitables.

A efectos de cálculo de la demanda energética, clasificaremos los espacios habitables en función de la cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio, en baja o alta. Debido a las condiciones de utilización del edificio objeto del proyecto se clasificará como de baja carga interna.



El edificio consta de 5 plantas más terraza y un sótano dedicado a garajes y trasteros. Todas las plantas están dedicadas exclusivamente a viviendas, la primera planta consta de 2 viviendas de 3 dormitorios y 3 viviendas de 2 dormitorios, las demás plantas constan de 4 viviendas de 3 dormitorios y una vivienda de 2 dormitorios.

El sótano consta de 22 plazas de garaje, distribuidas conforme se muestra en los planos del edificio.

Todas las plantas irán conectadas mediante escaleras y un ascensor, incluidos el sótano y la terraza.

La planta de cubierta tendrá una superficie de terraza transitable, facilitando el acceso para las labores de montaje y mantenimiento del sistema.

La descomposición de superficies es:

ZONA		ESPACIOS HABITABLES		ESPACIOS NO HABITABLES	
		Emplazamiento	M ²	Emplazamiento	M ²
SÓTANO				Zona de tránsito	182
				Garajes Noroeste	89
				Garajes Noreste	42
				Garajes Sureste	67
				Garajes Suroeste	67
				Servicios Generales	33
				Cuarto de instalación	36
TOTAL (m²)			0		516
PRIMERA PLANTA	Servicios Generales			Pasillos	38,3
				Hueco escalera	8,1
				Hueco ascensor	2,8
				Armarios de contadores	11,1
	1º A	Pasillos	7,7	PTerraza salón	3,5
		Salón	21,3	Terraza cocina	2,9
		Cocina	8,2	Terraza dorm. Pral.	3
		Dormitorio pral.	11,9		
		Dormitorio aux.	11,3		
		Baño dorm. Pral.	3,6		
Baño aux.	4,1				
1º B	Pasillos	12	Terraza cocina	3,7	



INGENIERÍA INDUSTRIAL

	1º C	Salón	20,5	Terraza dorm. Aux. Izq.	2,5
		Cocina	9	Terraza salón	3,6
		Dormitorio pral.	11,4		
		Dormitorio aux. Izq.	10,8		
		Dormitorio aux. Der.	10,5		
		Baño dorm. Pral.	3,4		
		Baño aux.	3,9		
	1º D	Pasillos	8,8	Terraza dorm. Pral.	6,5
		Salón	19,3	Terraza dorm. Aux.	2,4
		Cocina	11,1	Terraza cocina	2,6
		Dormitorio pral.	10,7		
		Dormitorio aux.	13		
		Baño dorm. Pral.	3,4		
		Baño aux.	4,1		
	1º E	Pasillos	11,8	Terraza cocina	3,7
		Salón	20,5	Terraza dorm. Aux. Der.	2,5
		Cocina	9	Terraza salón	3,6
		Dormitorio pral.	11,3		
		Dormitorio aux. Izq.	10,5		
		Dormitorio aux. Der.	10,8		
		Baño dorm. Pral.	3,4		
	1º F	Pasillos	8,8	Terraza dorm. Pral.	6,5
		Salón	19,3	Terraza dorm. Aux.	2,4
		Cocina	11,2	Terraza cocina	2,6
		Dormitorio pral.	10,6		
		Dormitorio aux.	13		
		Baño dorm. Pral.	3,4		
		Baño aux.	4,1		
TOTAL (m²)			371,6		112,3
PLANTAS SEGUNDA A QUINTA	Servicios Generales			Pasillos	19,5
				Hueco escalera	11,6
				Hueco ascensor	2,8
	2-5º A	Pasillos	7,7	Terraza salón	3,6
		Salón	21,2	Terraza cocina	2,9
		Cocina	8,3	Terraza dorm. Pral.	3
		Dormitorio pral.	11,8		
		Dormitorio aux.	11,4		
		Baño dorm. Pral.	3,6		
		Baño aux.	4,1		
	2-5º B	Pasillos	11,9	Terraza cocina	3,7
		Salón	20,5	Terraza dorm. Aux. Izq.	2,5

INGENIERÍA INDUSTRIAL

		Cocina	9	Terraza salón	3,6
		Dormitorio pral.	11,4		
		Dormitorio aux. Izq.	10,8		
		Dormitorio aux. Der.	10,5		
		Baño dorm. Pral.	3,4		
		Baño aux.	3,9		
	2-5° C	Pasillos	8,8	Terraza cocina	3,2
		Salón	21,9	Terraza dorm. Aux. Izq.	2,4
		Cocina	8,3	Terraza salón	2,6
		Dormitorio pral.	10,7		
		Dormitorio aux. Izq.	12,5		
		Dormitorio aux. Der.	9,6		
		Baño dorm. Pral.	3,4		
		Baño aux.	4,1		
	2-5° D	Pasillos	11,8	Terraza cocina	3,7
		Salón	20,5	Terraza dorm. Aux. Der.	2,5
		Cocina	9	Terraza salón	3,6
		Dormitorio pral.	11,4		
		Dormitorio aux. Izq.	10,5		
		Dormitorio aux. Der.	10,8		
		Baño dorm. Pral.	3,4		
		Baño aux.	3,9		
	2-5° E	Pasillos	8,8	Terraza cocina	3,2
		Salón	21,9	Terraza dorm. Aux. Der.	2,4
		Cocina	8,3	Terraza salón	2,6
		Dormitorio pral.	10,7		
		Dormitorio aux. Izq.	9,7		
		Dormitorio aux. Der.	12,5		
Baño dorm. Pral.		3,4			
Baño aux.		4			
TOTAL (m²)		1557,6		317,6	
CUBIERTA			Pasillos	40,3	
			Hueco escalera	11,6	
			Hueco ascensor	2,8	
			Salida a azotea	9	
			Trasteros	203,3	
			Azotea	153,1	
TOTAL (m²)		0		420,1	
TOTAL HABITABLE		1929,2	TOTAL NO HABITABLE		
			1366		

Tabla 1. Descomposición de superficies



La superficie total a climatizar es de 1929,2 m² distribuidos en las cinco plantas dedicadas a viviendas.

2.2.4. Cálculo de la transmitancia térmica de cerramientos

2.2.4.1. Cerramientos en contacto con el exterior

Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el aire exterior tales como los muros de la fachada, cubiertas en contacto con el aire exterior. La transmitancia térmica U (W/m²°K) viene dada por la siguiente expresión.

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Donde:

- R_T : es la resistencia térmica total del componente constructivo (m²°K/W).

La resistencia térmica total R_T de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse como:

$$R_T = R_{se} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{si}$$

Donde:

- R_{se} y R_{si} son las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire exterior e interior respectivamente, de acuerdo con la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio (m²°K/W).
- R_1, R_2, \dots, R_n : son las resistencias térmicas de cada capa (m²°K/W).

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Donde:

- e : espesor de la capa (m)
- λ : conductividad térmica del material de la capa (W/m²K)

Posición del cerramiento y flujo de calor	R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o pte. >60° y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramiento horizontal o pte. ≤60° y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramiento horizontal y flujo descendente	0,04	0,17

Tabla 2. Resistencias térmicas de convección en superficies en contacto con el aire exterior

A) MURO EXTERIOR VIVIENDAS (M1)

Se considera muro exterior de viviendas a todos aquellos muros que cierran las viviendas y dan al exterior. El muro exterior a viviendas tiene un espesor de 30 cm, a continuación se realiza el cálculo de la transmitancia térmica del mismo.

	RESISTENCIA/MATERIAL	e (m)	λ (W/m ² K)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Muro Exterior Viviendas (M1)	Rse			0,04	
	Fábrica de ladrillo perforado	0,14	0,76	0,18	
	Mortero de cemento	0,015	1,40	0,01	
	Cámara de aire	0,05	0,28	0,18	
	Espuma de poliuretano	0,03	0,02	1,30	
	Fábrica de ladrillo hueco sencillo	0,05	0,49	0,10	
	Enlucido de yeso	0,015	0,30	0,05	
	Rsi				0,13
	TOTAL		0,3		2,00

Tabla 3. Transmitancia térmica del muro exterior de viviendas

La transmitancia límite para muros y fachadas en la zona climática B4, dónde se encuentra Córdoba, según CTE HE-1 es, $U_{Mlim} = 0,82 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

B) CUBIERTA DE LA AZOTEA (C1)

Se considera cubierta de la azotea a toda aquella parte de la cubierta del edificio transitable y que directamente se comunica con un espacio habitable.

	RESISTENCIA/MATERIAL	e (m)	λ (W/m ^o K)	R (m ^{^2} K/W)	U (W/m ^{^2} K)
CUBIERTA DE LA AZOTEA (C1)	Rse			0,04	
	Plaquetas	0,020	1,050	0,02	
	Mortero de cemento	0,010	1,400	0,01	
	Aislamiento de arcilla expandida	0,050	0,085	0,59	
	Lámina bituminosas	0,010	0,190	0,05	
	Hormigón armado	0,050	1,630	0,03	
	Bovedilla de hormigón	0,300	0,926	0,32	
	Mortero de cemento	0,010	1,400	0,01	
	Lana de mineral (Tipo II)	0,040	0,040	1,00	
	Rasillón	0,050	0,320	0,16	
	Enlucido de yeso	0,01	0,300	0,03	
	Rsi				0,10
	TOTAL		0,55		2,36

Tabla 4. Transmitancia térmica de la cubierta de la azotea

La transmitancia límite para cubiertas en la zona climática B4, dónde se encuentra Córdoba, según CTE HE-1 es, $U_{Mlim} = 0,45 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

2.2.4.2.Cerramientos en contacto con el terreno



En el caso que nos atañe no tenemos cerramientos en contacto directo con el terreno y con espacios habitables por lo que este caso no es necesario estudiarlo.

2.2.4.3. Cerramientos en contacto con espacios no habitables

En el edificio existen multitud de espacios no habitables como se muestra en la tabla de descomposición de superficies, tales como garajes y los trasteros de la azotea.

La transmitancia térmica U (W/m^2K) viene dada por la expresión:

$$U = U_p b$$

Donde:

- U_p : la transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable.
- b : coeficiente de reducción de temperatura (relacionado con el espacio no habitable).

Las resistencias superficiales se muestran en la siguiente tabla:

Posición del cerramiento y flujo de calor	R_{se}	R_{si}
Particiones interiores verticales o pte. $>60^\circ$ y flujo horizontal	0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o pte. $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente	0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente	0,17	0,17

Tabla 5. Resistencias térmicas de convección en particiones interiores

Se calcula la relación entre áreas de la partición interior entre el espacio habitable (A_{iu}) y no habitable y entre el no habitable y el exterior (A_{ue}).

El sótano se considera un espacio ventilado de grado 3.

A) FORJADO SÓTANO (F1)

El forjado del sótano se entiende a todo el techo del sótano que está en contacto con un espacio habitable.

SÓTANO (F1)	RESISTENCIA/MATERIAL	e (m)	λ (W/m ² K)	R (m ² K/W)	Up (W/m ² K)
	Rse			0,17	
	Solado de gres	0,020	1,050	0,02	
	Losa de hormigón para suelo radiante	0,060	1,400	0,04	
	Lámina bituminosa	0,010	0,190	0,05	
	Lana de mineral (Tipo II)	0,030	0,040	0,75	
	Hormigón armado	0,050	1,630	0,03	
	Bovedilla de hormigón	0,300	0,926	0,32	
	Enlucido de yeso	0,01	0,300	0,03	
	Rsi			0,17	
TOTAL	0,48		1,59	0,63	

Tabla 6. Transmitancia térmica del forjado del sótano

La transmitancia límite para suelos en la zona climática B4, dónde se encuentra Córdoba, según CTE HE-1 es, $U_{Mlim} = 0,68 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

Se calcula el coeficiente de reducción de temperatura en función de las áreas antes descritas.

	S (m ²)
A _{ue}	781,02
A _{iu}	515,3

$$A_{iu} / A_{ue} = 0,66$$

Por lo que el coeficiente de reducción de temperatura obtenido es:

$$b = 0,96$$

Finalmente

$$U_{F1} = U_p b = 0,6 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

B) FORJADO AZOTEA (F2)

La transmitancia térmica del forjado de la azotea es:

	RESISTENCIA/MATERIAL	e (m)	λ (W/m ² ·K)	R (m ² ·K/W)	U (W/m ² ·K)
FORJADO DE LA AZOTEA (F1)	Rse			0,04	
	Plaquetas	0,020	1,050	0,02	
	Mortero de cemento	0,010	1,400	0,01	
	Aislamiento de arcilla expandida	0,050	0,085	0,59	
	Lámina bituminosas	0,010	0,190	0,05	
	Hormigón armado	0,050	1,630	0,03	
	Bovedilla de hormigón	0,300	0,926	0,32	
	Mortero de cemento	0,010	1,400	0,01	
	Lana de mineral (Tipo II)	0,040	0,040	1,00	
	Rasillón	0,050	0,320	0,16	
	Enlucido de yeso	0,01	0,300	0,03	
	Rsi			0,10	
	TOTAL	0,55		2,36	0,42

Tabla 7. Transmitancia térmica del forjado de la azotea

$$U_p = 0,42 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

La relación de áreas es:

A_{ue}	607,6
A_{iu}	276,2

$$A_{iu}/A_{ue} = 0,45$$

Obtenemos un coeficiente de reducción de temperatura de:

$$b = 0,99$$

Finalmente

$$U_{F2} = U_p b = 0,41 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

2.2.4.4. Huecos y lucernarios

La transmitancia térmica de los huecos U_H (W/m²°K) se determinará mediante la siguiente expresión:

$$U_H = (1 - FM)U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m}$$

Donde:

- $U_{H,v}$: transmitancia térmica de la parte semitransparente (W/m²°K)
- $U_{H,m}$: transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta (W/m²°K)
- FM : fracción del hueco ocupada por el marco

Tomamos como valores de transmitancia para marcos de aluminio con RPT y vidrios dobles con cámara de 6mm:

$$U_{H,v} = 4,3 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$U_{H,v} = 3 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la transmitancia térmica para los diferentes tipos de huecos existentes en el edificio:

HUECO	ÁREA TOTAL (m2)	ÁREA TRANSP. (m2)	U _h (W/m2°K)
Ventana pisos	1,75	1,09	3,49
Puerta cuarto cocina	1,622	1,33	3,23

Tabla 8. Transmitancia térmica de huecos

2.2.4.5. Cumplimiento de la normativa vigente

Ahora se comprobarán los resultados obtenidos con los límites establecidos por el CTE para la zona climática en la que se encuentra el edificio.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los valores obtenidos y los valores límite impuestos por el CTE HE-1.

ZONA	U (W/m2°K)	U _{lim} (W/m2°K)
Muro exterior viviendas (M1)	0,50	0,82
Cubierta de la azotea (C1)	0,42	0,45
Forjado del Sótano (F1)	0,60	0,68
Forjado de la azotea (F2)	0,41	0,59
Ventana pisos	3,49	5,70
Puerta cuarto cocina	3,23	5,70

Tabla 9. Comparación de los valores obtenidos con los valores límite

A la vista de los resultados se comprueba que no se superan en ningún caso los valores límite que impone la normativa.

2.3. NECESIDADES DE ACS

La instalación solar térmica persigue un aumento de la temperatura del agua de red hasta la temperatura de consumo o cercana a la misma. Las necesidades de agua caliente sanitaria son muy variables a lo largo del día y dependen de multitud de factores por lo que estimarlas en momentos concretos es complicado por ello se recurre a estimarlas a nivel diario.

La temperatura de distribución del agua caliente sanitaria que se ha considerado en el diseño de la instalación es de 45°C en los puntos de consumo, y la de acumulación de 60°C, calculado según los requerimientos expresados en el CTE HE-4.

El porcentaje de ocupación empleado será del 100%, ya que se han considerando las viviendas como viviendas principales.

Partiremos calculando la demanda diaria de ACS, para ello debemos saber que el edificio consta de cinco plantas, garaje y azotea.

La primera planta consta de 2 viviendas de tres dormitorios cada una y 3 viviendas de dos dormitorios cada una.

Las plantas 2ª, 3ª, 4ª y 5ª son iguales y constan cada una de 4 viviendas de tres dormitorios cada una y 1 vivienda de dos dormitorios.

Los datos de litros de ACS por persona a una temperatura de 60°C han sido obtenidos de CTE- DB HE-4, de las tablas siguientes:

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 Kg de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla 10. Consumo de ACS en diferentes emplazamientos

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Número de dormitorios

Tabla 11. N° de personas en función del N° de dormitorios de la vivienda

Según el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico HE-4, contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, para viviendas multifamiliares se estimará un consumo de 22 litros de ACS por persona y día a 60° C.

Por lo tanto para las viviendas de dos dormitorios el número de personas es tres y para las viviendas de tres dormitorios es de cuatro personas, entonces si calculamos por plantas nos queda:

- Planta 1ª
 - Número de personas= (2 viviendas x 4 personas)+(3 viviendas x 3 personas)= 17 personas
 - Consumo ACS= 22 litros/persona día a 60°C x 17 personas = 374 l/día
- Plantas 2ª a 5ª
 - Número de personas (por planta) = (4 viviendas x 4 personas)+(1 vivienda x 3 personas)= 19 personas
 - Consumo ACS= 22 litros/persona día a 60°C x 19 personas = 418 l/día

Procedemos a hallar el consumo de ACS a 60° del edificio completo, el cual será la suma del consumo de las plantas:

**Consumo total diario de ACS del edificio = $374 + (4 \times 418) = 2046$
litros/día a 60°C**

2.3.1. Contribución solar mínima

El objetivo de la instalación solar es satisfacer la mayor demanda energética posible. En verano se podría llegar a cubrir el 100% del consumo de ACS en el edificio debido a la irradiación de que se dispone, pero en invierno existirá un déficit energético importante, el cual tendremos que cubrir con un sistema de apoyo.

Según el CTE-HE 4, la contribución solar mínima que tendrá que cubrir la instalación dependerá de la fuente energética de apoyo, del consumo de ACS y de la zona climática de la localidad.

En nuestro caso tenemos los siguientes valores:

- **Energía de apoyo:** Gas natural
- **Zona climática de Córdoba:** IV
- **Demanda de ACS del edificio:** 2046 litros/día

En el siguiente gráfico podemos ver la distribución de las zonas climáticas en España con arreglo al CTE HE-4.



Figura 1. Zonas climáticas

Con la siguiente tabla tenemos que la contribución solar mínima para nuestros datos es del 60%.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5000	30	30	50	60	70
5000-6000	30	30	55	65	70
6000-7000	30	35	61	70	70
7000-8000	30	45	63	70	70
8000-9000	30	52	65	70	70
9000-10000	30	55	70	70	70
10000-12500	30	65	70	70	70
12500-15000	30	70	70	70	70
15000-17500	35	70	70	70	70
17500-20000	45	70	70	70	70
>2000	52	70	70	70	70

Tabla 12. Contribución solar mínima de ACS

2.3.2. Necesidades energéticas de ACS

Los criterios de partida para la determinación de la superficie colectora son los consumos energéticos y las aportaciones solares. Lo deseado es que estos datos se ajusten lo mejor posible para que no haya exceso ni carencias energéticas.

Para estudiar este parámetro indicativo se determina la fracción Aportación/Consumo, la cual se pretende que oscile lo más próxima a la unidad lo cual se consigue en los meses de verano produciéndose un déficit energético en los meses de invierno que deberá ser cubierto por el sistema de energía de apoyo.

El criterio a seguir para dimensionar la superficie colectora es que el área de la misma sea tal que haga que la aportación solar en el periodo considerado sea igual al porcentaje de necesidades energéticas que se desea cubrir.

En este caso se pretende cubrir el 60% de la demanda anual de agua caliente sanitaria en el edificio mediante el sistema solar, el resto debe ser cubierto por la energía de apoyo.

Esta aportación es aconsejada por los organismos competentes ya que un porcentaje mayor provocaría problemas de sobrecalentamientos en muchos periodos de los meses de verano.

Las cargas caloríficas determinan la cantidad de calor necesaria mensual para calentar el agua destinada al consumo doméstico, calculándose mediante la expresión:

$$Q_a = C_e \cdot M \cdot N \cdot (t_{ac} - t_r) \cdot 0$$

Donde:

- Q_a : carga calorífica mensual de calentamiento de ACS (KJ/Mes)
- C_e : calor específico. Para el agua 4187 J/(Kg°C)
- M : consumo medio diario, expresado en l/d
- N : Número de días del mes
- t_{ac} : temperatura del agua caliente de acumulación (°C)



- t_r : temperatura del agua de red ($^{\circ}\text{C}$)
- O : ocupación (tanto por uno)

En la expresión anterior tenemos varias variables, como son el número de días del mes o la temperatura de red por lo que la carga calorífica mensual varía para cada mes del año.

Hemos supuesto que el edificio es de viviendas principales, por ello hemos tomado la ocupación del 100% para todo el año.

En la siguiente tabla se muestran los resultados del cálculo de las estimaciones de demanda energética para cada mes del año.

Mes	Ce (KJ/KG $^{\circ}\text{C}$)	N	M (litros/día)	T ^a _{Acumulación}	T ^a _{Red}	O	Q _{ACS} (KJ)
Ene	4,187	31	2046	60	6	1	14.340.491,75
Feb	4,187	28	2046	60	7	1	12.712.837,37
Mar	4,187	31	2046	60	9	1	13.543.797,76
Abr	4,187	30	2046	60	11	1	12.592.904,94
May	4,187	31	2046	60	12	1	12.747.103,78
Jun	4,187	30	2046	60	13	1	12.078.908,82
Jul	4,187	31	2046	60	14	1	12.215.974,45
Ago	4,187	31	2046	60	13	1	12.481.539,11
Sep	4,187	30	2046	60	12	1	12.335.906,88
Oct	4,187	31	2046	60	11	1	13.012.668,44
Nov	4,187	30	2046	60	9	1	13.106.901,06
Dic	4,187	31	2046	60	6	1	14.340.491,75
ANUAL	4,187	365	2046	60	10,25	1	155.509.526,11

Tabla 13. Demanda energética de ACS

En el siguiente gráfico se muestra la variación en la estimación de demandas mensuales:

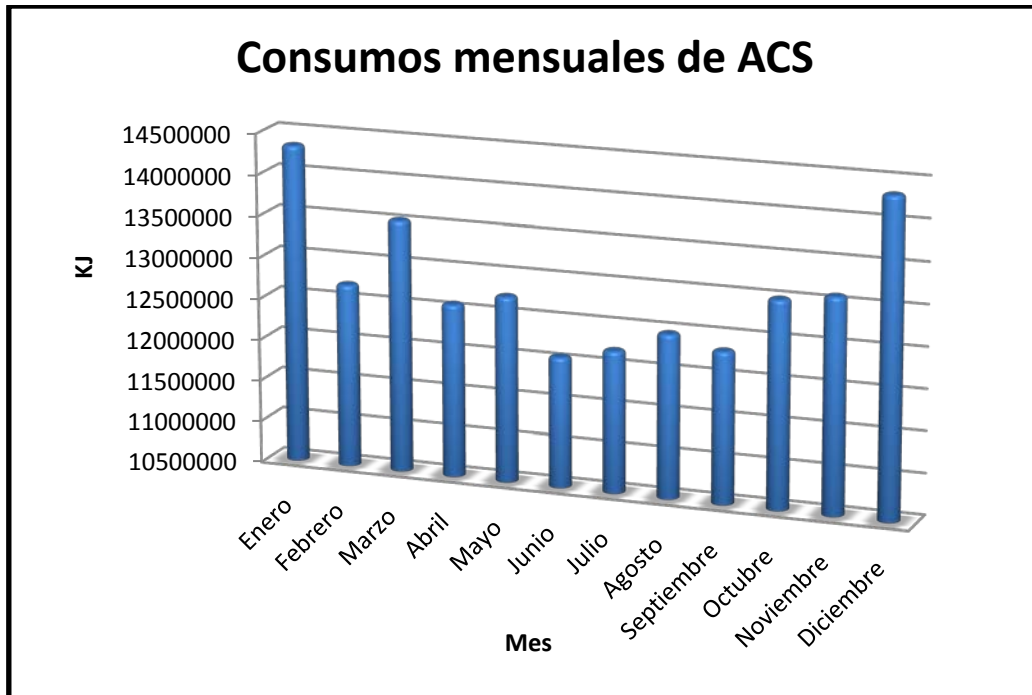


Figura 2. Consumos mensuales de ACS

2.4. NECESIDADES DE CALEFACCIÓN

Al igual que para el caso del agua caliente sanitaria, debemos calcular la carga térmica de diseño y las necesidades medias mensuales, para obtener el aporte necesario de calor para mantener las viviendas a la temperatura de confort.

2.4.1. Condiciones térmicas de diseño

Las condiciones de ambiente interior están definidas en el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmica en Edificios).

La temperatura de diseño interior se tomará en 21°C y una humedad relativa del 55%.

Las condiciones del ambiente exterior vienen definidas por: temperatura seca, temperatura húmeda, radiación solar y por la velocidad y dirección del viento. Según



la norma UNE 100 001 085 y la UNE 100 002 088, que nos proporcionan los valores de temperatura exterior para las condiciones de invierno para dos niveles de percentiles, NP 99% y NP 97,5%. Para el edificio que estudiamos el nivel percentil es del 97,5%, para el que los datos son:

- **Temperatura Seca:** -0,3°C
- **Grados Día/año°K:** 869
- **Viento:** 5,4 m/s SW

Para el cálculo de las condiciones exteriores se siguen las indicaciones del HE1, Limitación de la demanda energética, Apéndice G.

Para las condiciones exteriores se utilizan los valores medios mensuales. Se utilizarán los valores medios de la estación del aeropuerto de Córdoba ya que es la más cercana al emplazamiento del edificio.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T _{med}	9,5	10,9	13,1	15,2	19,2	23,1	26,9	26,7	23,7	18,4	12,9	9,7
HR _{med}	80	75	67	65	58	53	46	49	55	67	76	80

Tabla 14. Tª media y Humedad relativa media en el municipio de Córdoba

2.4.2. Cálculo de la carga térmica de diseño

La carga térmica de diseño se modeliza para las condiciones extremas, es decir, para en este caso el día más frío de invierno.

Esta carga térmica se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_{T,Inv} = Q_{transmisión} + Q_{renovación} + Q_{infiltraciones}$$

El cálculo de la carga térmica en invierno es más directa que para verano, tomándose la situación más desfavorable: temperatura mínima, radiación solar nula, mínima presencia de personas, equipos y luces. Por ello no se tendrá en cuenta las cargas debidas a personas, iluminación o equipos.



Ahora se procede al cálculo de la carga del edificio sumando todas las dependencias del mismo.

2.4.2.1.Carga térmica por transmisión de diseño

La carga térmica de transmisión representa las pérdidas de calor debidas a la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior a través de los distintos cerramientos del edificio:

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_{transm} = U * A * \Delta T$$

Donde:

- Q_{transm} : carga por transmisión (W)
- U : coeficiente global de transferencia de calor (W/m²°K)
- A : superficie del cerramiento (m²)
- ΔT : salto de temperatura entre el recinto interior y el adyacente (°C)

A continuación se realiza el cálculo de todas las estancias del edificio:

ZONA		ÁREA (m2)	U (W/m ² °K)	Tint (°C)	Text (°C)	Qtrans (W)	Totales (W)	
PRIMERA PLANTA	1° A	Forjado del suelo	68,10	0,60	21,00	10,35	435,16	1434,94
		Muros exteriores	28,50	0,50	21,00	-0,30	303,53	
		Muros con esp. no hab.	28,86	0,50	21,00	10,35	153,68	
		Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76	
		Ventanas	4,80	3,49	21,00	-0,30	356,82	
	1° B	Forjado del suelo	81,50	0,60	21,00	10,35	520,79	1841,21
		Muros exteriores	52,52	0,50	21,00	-0,30	559,34	
		Muros con esp. no hab.	18,70	0,50	21,00	10,35	99,58	
		Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76	
		Ventanas	6,40	3,49	21,00	-0,30	475,76	
	1° C	Forjado del suelo	70,40	0,60	21,00	10,35	449,86	
		Muros exteriores	42,64	0,50	21,00	-0,30	454,12	
		Muros con esp. no hab.	23,20	0,50	21,00	10,35	123,54	

		Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76	1689,03	
		Ventanas	6,40	3,49	21,00	-0,30	475,76		
	1º D	Forjado del suelo	81,20	0,60	21,00	10,35	518,87	1590,85	
		Muros exteriores	46,20	0,50	21,00	-0,30	492,03		
		Muros con esp. no hab.	7,02	0,50	21,00	10,35	37,38		
		Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76		
		Ventanas	4,80	3,49	21,00	-0,30	356,82		
	1º E	Forjado del suelo	70,40	0,60	21,00	10,35	449,86	1718,05	
		Muros exteriores	45,20	0,50	21,00	-0,30	481,38		
		Muros con esp. no hab.	23,53	0,50	21,00	10,35	125,30		
		Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76		
		Ventanas	6,40	3,49	21,00	-0,30	475,76		
	SEGUNDA A CUARTA PLANTA	2º a 4º A	Muros exteriores	26,43	0,50	21,00	-0,30	281,48	3107,65
			Muros con esp. no hab.	39,78	0,50	21,00	10,35	211,83	
			Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76	
Ventanas			4,80	3,49	21,00	-0,30	356,82		
2º a 4º B		Muros exteriores	54,34	0,50	21,00	-0,30	578,72	3772,62	
		Muros con esp. no hab.	3,25	0,50	21,00	10,35	17,31		
		Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76		
		Ventanas	6,40	3,49	21,00	-0,30	475,76		
2º a 4º C		Muros exteriores	47,78	0,50	21,00	-0,30	508,86	3995,00	
		Muros con esp. no hab.	30,29	0,50	21,00	10,35	161,29		
		Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76		
		Ventanas	6,40	3,49	21,00	-0,30	475,76		
2º a 4º D		Muros exteriores	57,52	0,50	21,00	-0,30	612,59	3934,45	
		Muros con esp. no hab.	7,02	0,50	21,00	10,35	37,38		
		Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76		
	Ventanas	6,40	3,49	21,00	-0,30	475,76			
2º a 4º E	Muros exteriores	50,05	0,50	21,00	-0,30	533,03	4042,60		
	Muros con esp. no hab.	28,73	0,50	21,00	10,35	152,99			
	Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76			
	Ventanas	6,40	3,49	21,00	-0,30	475,76			
QUINTA PLANTA	5º A	Forjado de la azotea	36,00	0,42	21,00	10,35	161,03	1477,24	
		Forjado de la azotea ext.	32,10	0,41	21,00	-0,30	280,33		
		Muros exteriores	26,43	0,50	21,00	-0,30	281,48		
		Muros con esp. no hab.	39,78	0,50	21,00	10,35	211,83		
		Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76		
		Ventanas	4,80	3,49	21,00	-0,30	356,82		



5° B	Forjado de la azotea	36,40	0,41	21,00	10,35	158,94	
	Forjado de la azotea ext.	45,00	0,41	21,00	-0,30	392,99	
	Muros exteriores	54,34	0,50	21,00	-0,30	578,72	
	Muros con esp. no hab.	3,25	0,50	21,00	10,35	17,31	
	Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76	
	Ventanas	6,40	3,49	21,00	-0,30	475,76	1809,47
5° C	Forjado de la azotea	79,30	0,41	21,00	10,35	346,26	
	Muros exteriores	47,78	0,50	21,00	-0,30	508,86	
	Muros con esp. no hab.	30,29	0,50	21,00	10,35	161,29	
	Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76	
	Ventanas	6,40	3,49	21,00	-0,30	475,76	1677,93
5° D	Forjado de la azotea	36,30	0,41	21,00	10,35	158,50	
	Forjado de la azotea ext.	45,00	0,41	21,00	-0,30	392,99	
	Muros exteriores	57,52	0,50	21,00	-0,30	612,59	
	Muros con esp. no hab.	7,02	0,50	21,00	10,35	37,38	
	Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76	
	Ventanas	6,40	3,49	21,00	-0,30	475,76	1862,97
5° E	Forjado de la azotea	79,30	0,41	21,00	10,35	346,26	
	Muros exteriores	50,05	0,50	21,00	-0,30	533,03	
	Muros con esp. no hab.	28,73	0,50	21,00	10,35	152,99	
	Puerta cocina	2,70	3,23	21,00	-0,30	185,76	
	Ventanas	6,40	3,49	21,00	-0,30	475,76	1693,80
CARGA TÉRMICA DE TRANSMISIÓN DEL EDIFICIO						35647,81	

Tabla 15. Cálculo de cargas de transmisión

Consideramos una carga térmica total de transmisión de: **35.647,81 W**

2.4.2.2. Carga térmica por renovaciones de diseño

Para mantener la salubridad de la vivienda y la calidad del aire es necesaria la renovación del aire ambiente. En las viviendas esto ocurre de forma natural, dependiendo del tipo de estación se aplica una tasa de renovación de aire diferente. El aire exterior introducido será compensado con el mismo caudal de aire extraído o expulsado por ventanas y puertas, con el fin de mantener la misma cantidad de aire seco en el interior de la vivienda. La cantidad de calor sensible y latente aportado como carga en forma instantánea se obtiene como:

Carga sensible:

$$Q_{sen} = V_{vent} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{se} - T_{sL})$$

Donde:

- Q_{sen} : carga sensible (W)
- c_p : calor específico del aire (J/Kg°C)
- T_{se} : Temperatura seca exterior (°C)
- T_{sL} : Temperatura seca del local (°C)

Carga latente:

$$Q_{lat} = V_{vent} \cdot h_{fg} \cdot \rho \cdot (W_L - W_e)$$

- Q_{lat} : carga latente (W)
- h_{fg} : calor latente de cambio de fase del agua (J/kg)
- W_e : relación de humedad del aire exterior (kg/kg)
- W_L : relación de humedad del aire del local (kg/kg)
- V_{vent} : caudal de ventilación (m³/s)
- ρ : densidad del aire de ventilación (kg/m³)

Los caudales mínimos de ventilación impuestos por el CTE en su documento HS-3 son los siguientes:

Habitáculo	Renovaciones (renov/h)
Cocina	1
Sala de estar y comedor	0,75
Dormitorio	0,75
Aseos	2
Otras zonas	0,75

Tabla 16. Renovaciones mínimas

Calculamos ahora la carga térmica debida a ventilación:



ZONA		ÁREA (m ²)	Vvent (m ³ /h)	Tint (°C)	Text (°C)	We	WI	Qvent	
PRIMERA PLANTA	1º A	Pasillos	7,7	15,015	21,00	-0,30	4,00	8,50	153,41
		Salón	21,3	41,535	21,00	-0,30	4,00	8,50	424,37
		Cocina	8,2	21,320	21,00	-0,30	4,00	8,50	217,83
		Dormitorio pral.	11,9	23,205	21,00	-0,30	4,00	8,50	237,09
		Dormitorio aux.	11,3	22,035	21,00	-0,30	4,00	8,50	225,13
		Baño dorm. Pral.	3,6	18,720	21,00	-0,30	4,00	8,50	191,26
		Baño aux.	4,1	21,320	21,00	-0,30	4,00	8,50	217,83
	1º B	Pasillos	12	23,400	21,00	-0,30	4,00	8,50	239,08
		Salón	20,5	39,975	21,00	-0,30	4,00	8,50	408,43
		Cocina	9	23,400	21,00	-0,30	4,00	8,50	239,08
		Dormitorio pral.	11,4	22,230	21,00	-0,30	4,00	8,50	227,13
		Dormitorio aux. Izq.	10,8	21,060	21,00	-0,30	4,00	8,50	215,17
		Dormitorio aux. Der.	10,5	20,475	21,00	-0,30	4,00	8,50	209,19
		Baño dorm. Pral.	3,4	17,680	21,00	-0,30	4,00	8,50	180,64
	Baño aux.	3,9	20,280	21,00	-0,30	4,00	8,50	207,20	
	1º C	Pasillos	8,8	17,160	21,00	-0,30	4,00	8,50	175,33
		Salón	19,3	37,635	21,00	-0,30	4,00	8,50	384,52
		Cocina	11,1	28,860	21,00	-0,30	4,00	8,50	294,87
		Dormitorio pral.	10,7	20,865	21,00	-0,30	4,00	8,50	213,18
		Dormitorio aux.	13	25,350	21,00	-0,30	4,00	8,50	259,00
		Baño dorm. Pral.	3,4	17,680	21,00	-0,30	4,00	8,50	180,64
		Baño aux.	4,1	21,320	21,00	-0,30	4,00	8,50	217,83
	1º D	Pasillos	11,8	23,010	21,00	-0,30	4,00	8,50	235,10
		Salón	20,5	39,975	21,00	-0,30	4,00	8,50	408,43
		Cocina	9	23,400	21,00	-0,30	4,00	8,50	239,08
		Dormitorio pral.	11,3	22,035	21,00	-0,30	4,00	8,50	225,13
		Dormitorio aux. Izq.	10,5	20,475	21,00	-0,30	4,00	8,50	209,19
		Dormitorio aux. Der.	10,8	21,060	21,00	-0,30	4,00	8,50	215,17
Baño dorm. Pral.		3,4	17,680	21,00	-0,30	4,00	8,50	180,64	
Baño aux.	3,9	20,280	21,00	-0,30	4,00	8,50	207,20		
1º E	Pasillos	8,8	17,160	21,00	-0,30	4,00	8,50	175,33	
	Salón	19,3	37,635	21,00	-0,30	4,00	8,50	384,52	
	Cocina	11,2	29,120	21,00	-0,30	4,00	8,50	297,52	



INGENIERÍA INDUSTRIAL

SEGUNDA A CUARTA PLANTA		Dormitorio pral.	10,6	20,670	21,00	-0,30	4,00	8,50	211,19
		Dormitorio aux.	13	25,350	21,00	-0,30	4,00	8,50	259,00
		Baño dorm. Pral.	3,4	17,680	21,00	-0,30	4,00	8,50	180,64
		Baño aux.	4,1	21,320	21,00	-0,30	4,00	8,50	217,83
	2º a 5º A	Pasillos	7,7	15,015	21,00	-0,30	4,00	8,50	153,41
		Salón	21,2	41,340	21,00	-0,30	4,00	8,50	422,37
		Cocina	8,3	21,580	21,00	-0,30	4,00	8,50	220,48
		Dormitorio pral.	11,8	23,010	21,00	-0,30	4,00	8,50	235,10
		Dormitorio aux.	11,4	22,230	21,00	-0,30	4,00	8,50	227,13
		Baño dorm. Pral.	3,6	18,720	21,00	-0,30	4,00	8,50	191,26
		Baño aux.	4,1	21,320	21,00	-0,30	4,00	8,50	217,83
	2º a 5º B	Pasillos	11,9	23,205	21,00	-0,30	4,00	8,50	237,09
		Salón	20,5	39,975	21,00	-0,30	4,00	8,50	408,43
		Cocina	9	23,400	21,00	-0,30	4,00	8,50	239,08
		Dormitorio pral.	11,4	22,230	21,00	-0,30	4,00	8,50	227,13
		Dormitorio aux. Izq.	10,8	21,060	21,00	-0,30	4,00	8,50	215,17
		Dormitorio aux. Der.	10,5	20,475	21,00	-0,30	4,00	8,50	209,19
		Baño dorm. Pral.	3,4	17,680	21,00	-0,30	4,00	8,50	180,64
		Baño aux.	3,9	20,280	21,00	-0,30	4,00	8,50	207,20
	2º a 5º C	Pasillos	8,8	17,160	21,00	-0,30	4,00	8,50	175,33
		Salón	21,9	42,705	21,00	-0,30	4,00	8,50	436,32
		Cocina	8,3	21,580	21,00	-0,30	4,00	8,50	220,48
		Dormitorio pral.	10,7	20,865	21,00	-0,30	4,00	8,50	213,18
		Dormitorio aux. Izq.	12,5	24,375	21,00	-0,30	4,00	8,50	249,04
		Dormitorio aux. Der.	9,6	18,720	21,00	-0,30	4,00	8,50	191,26
		Baño dorm. Pral.	3,4	17,680	21,00	-0,30	4,00	8,50	180,64
		Baño aux.	4,1	21,320	21,00	-0,30	4,00	8,50	217,83
	2º a 5º D	Pasillos	11,8	23,010	21,00	-0,30	4,00	8,50	235,10
Salón		20,5	39,975	21,00	-0,30	4,00	8,50	408,43	
Cocina		9	23,400	21,00	-0,30	4,00	8,50	239,08	
Dormitorio pral.		11,4	22,230	21,00	-0,30	4,00	8,50	227,13	
Dormitorio aux. Izq.		10,5	20,475	21,00	-0,30	4,00	8,50	209,19	
Dormitorio aux. Der.		10,8	21,060	21,00	-0,30	4,00	8,50	215,17	
Baño dorm. Pral.		3,4	17,680	21,00	-0,30	4,00	8,50	180,64	
Baño aux.		3,9	20,280	21,00	-0,30	4,00	8,50	207,20	



2º a 5º E	Pasillos	8,8	17,160	21,00	-0,30	4,00	8,50	175,33
	Salón	21,9	42,705	21,00	-0,30	4,00	8,50	436,32
	Cocina	8,3	21,580	21,00	-0,30	4,00	8,50	220,48
	Dormitorio pral.	10,7	20,865	21,00	-0,30	4,00	8,50	213,18
	Dormitorio aux. Izq.	9,7	18,915	21,00	-0,30	4,00	8,50	193,26
	Dormitorio aux. Der.	12,5	24,375	21,00	-0,30	4,00	8,50	249,04
	Baño dorm. Pral.	3,4	17,680	21,00	-0,30	4,00	8,50	180,64
	Baño aux.	4	20,800	21,00	-0,30	4,00	8,50	212,52
CARGA TOTAL POR VENTILACIONES								46077,31

Tabla 17. Cálculo de cargas por renovaciones

Consideramos una carga térmica total por renovaciones de: **46077,31 W**

2.4.2.3. Carga térmica por infiltraciones de diseño

En el caso del edificio esta carga no se tendrá en cuenta al considerar que los habitáculos interiores se encuentran en sobrepresión con respecto al exterior, por lo tanto las infiltraciones de aire exterior son despreciables.

2.4.2.4. Necesidades medias mensuales

Considerando todas las cargas anteriores obtenidas para la situación más desfavorable, se obtiene la carga térmica media para cada mes, que será de:

MES	Q_{trans} (W)	Q_{vent} (W)	Q_{tot} (W)
Oct	4351,38	1911,04	6262,42
Nov	13556,21	16774,69	30330,90
Dic	18911,75	24843,53	43775,28
Ene	19246,47	25126,64	44373,11
Feb	16903,42	22437,03	39340,45
Mar	13221,49	18261,05	31482,54
Abr	9706,91	13518,84	23225,75

May	2984,42	4317,54	7301,96
-----	---------	---------	---------

Tabla 18. Necesidades medias mensuales de cada sistema y totales

Las necesidades medias de calefacción quedan de la siguiente forma:

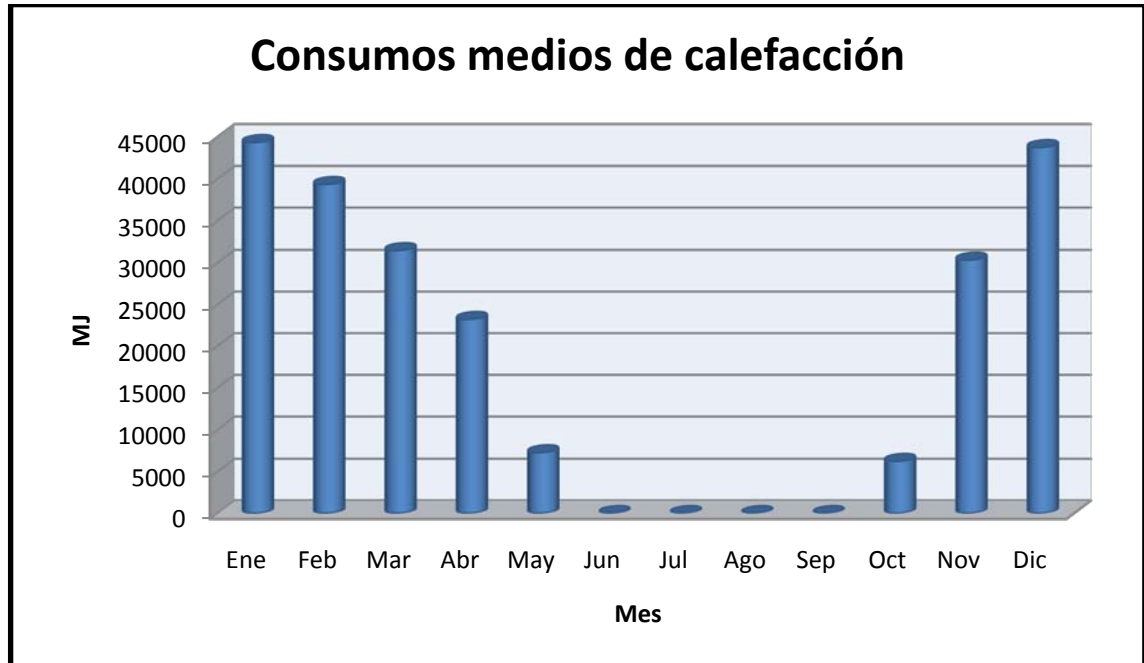


Figura 3. Necesidades de calefacción

Como se observa en el gráfico anterior los meses de mayor demanda energética de calefacción son Diciembre y Enero, reduciéndose rápidamente hasta hacerse cero de Junio a Septiembre.

Para compensar la demanda de los meses de invierno con respecto a los de verano utilizaremos la piscina, ampliando el periodo de baño.

2.5. NECESIDADES ENERGÉTICAS DE LA PISCINA

En los meses de Mayo a Octubre al contar con una demanda energética de calefacción muy baja o nula, el exceso de calor se utiliza para elevar la temperatura del agua de la piscina descubierta y con ello ampliar la temporada de baño.

Para las piscinas al aire libre las pérdidas de calor son:



- **Pérdidas por radiación:** se acentúan por la noche al ser la temperatura media de la atmósfera sensiblemente inferior a la del día.
- **Pérdidas por convección:** se producen al estar en contacto el aire con la superficie del agua. Varían en función de la velocidad de éste, aumentando cuando aumenta la velocidad.
- **Pérdidas por evaporación:** dependen de la humedad atmosférica, de la temperatura del aire y de la velocidad del viento. Cuanto mayor sea la velocidad del viento y menor la humedad, mayor serán las pérdidas por evaporación.
- **Pérdidas por conducción:** a través de las paredes y el fondo de la piscina.

Como la piscina se encuentra orientada al norte del edificio no se considerará ninguna ganancia de radiación percibida ya que esta será muy pequeña.

Para el cálculo de las pérdidas se recurre al RITE en su ITE 10.2 sobre Climatización de piscinas, donde se describen varios métodos. Uno de los más utilizados es el ASHRAE, que está pensado para piscinas cubiertas pero que también puede utilizarse en piscinas al aire libre.

Al ser una piscina de uso privado, la temperatura debe ser de 25 a 26°C, el valor elegido es de 26°C. La velocidad del viento en la zona en que se enclava el edificio es de 5,4 m/s en dirección SW. La superficie de la piscina es de 48 m².

Solo se considera ampliación del horario de baño cuando la temperatura ambiente es mayor de 15 °C por lo que los meses de uso consideraremos que son de Mayo a Octubre.

Las pérdidas calculadas por este método son las más elevadas, pero por razones de sencillez y seguridad se recomienda su uso.

2.5.1. Pérdidas por evaporación

Para el cálculo de las pérdidas por evaporación es necesario calcular la masa de vapor transferida del agua al aire y el coeficiente de velocidad del aire y calor



latente de cambio de fase del agua, siendo un factor determinante la humedad relativa.

$$m = \omega \cdot \frac{P_w - P_r}{r_w} \cdot S$$

$$\omega = \frac{88,75 + 78,15 \cdot v}{1000}$$

$$r_w = 347(374,15 - T_w)^{1/3} - 2$$

Donde:

- m : caudal másico de transferencia de vapor de agua al aire (gr/s).
- ω : coeficiente de velocidad del aire en contacto con la superficie (W/m^2Pa).
- r_w : calor latente de evaporación del agua (KJ/Kg).
- P_w : presión parcial de vapor en el aire saturado a la temperatura de la lámina de agua (Pa).
- P_r : presión parcial de vapor en el aire saturado a la temperatura de rocío (Pa).
- S : superficie de la lámina (m^2).
- v : velocidad del viento (m/s).
- T_w : temperatura del agua de la piscina ($^{\circ}C$).
- T_{red} : temperatura del agua de red ($^{\circ}C$).

Las pérdidas por evaporación las calculamos como:

$$P_{ev} = m(r_w + 4,186 \cdot (T_w - T_{red}))$$

El agua de las piscinas se evapora en el aire ambiente desde la lámina de agua, del suelo mojado de la playa y del cuerpo de las personas que salen de la piscina.

2.5.2. Pérdidas por convección

Las pérdidas por convección son en su mayoría proporcionadas por la lámina, ya que por la playa y superficie adyacente es mucho menor. Puede suponer pérdidas en torno al 90%, despreciándose las anteriores.

$$P_{\text{conv}} = 3,181 \cdot v^{0,8} \cdot (T_w - T_{\text{amb}}) \cdot S$$

Donde:

- v : velocidad del viento (m/s).
- T_w : temperatura del agua (°C).
- T_{amb} : temperatura ambiente (°C).
- S : superficie de la piscina (m²).

2.5.3. Pérdidas por radiación

Las pérdidas por radiación aumentan considerablemente por la noche cuando la diferencia de temperatura es mayor. Para ello se calculará la temperatura del cielo que nos indica la temperatura de la atmósfera. Utilizamos la ecuación de radiación:

$$P_{\text{rd}} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot (T_{\text{wm}}^4 - T_{\text{cielo}}^4) \cdot S$$

Donde:

- σ : constante de Stefan-Boltzman $5,67E-8$ (W/m²K)⁴.
- ε : emisividad de la superficie de agua.
- T_{wm} : temperatura media del agua de la piscina (°K).
- T_{cielo} : temperatura del cielo (°K).

La temperatura del cielo se calcula según “Solar Technologies for Buildings” de Ursula Eicker.

$$T_{\text{cielo}} = 0,037536 \cdot T_{\text{amb}}^{1,5} + 0,32 \cdot T_{\text{amb}}$$

Por lo tanto las pérdidas quedan:

MES	P_{Evap}	P_{Convec}	P_{Rad}	P_{Tot}
May	53477,96	4001,56	4065,05	61544,57
Jun	46731,37	1706,55	3555,84	51993,75
Jul	41519,08	-529,62	3027,81	44017,27
Ago	42130,67	-411,92	3056,38	44775,13
Sep	44309,79	1353,47	3474,55	49137,81
Oct	48086,02	4472,33	4165,39	56723,74

Tabla 19. Pérdidas medias de la piscina y totales

En el siguiente gráfico se muestra la distribución de las pérdidas de la piscina, como se puede observar la pérdida más importante es la de evaporación, debido a la elevada temperatura ambiente que tenemos y al viento.



Figura 4. Distribución de las pérdidas de la piscina

La distribución de la demanda para cada mes de verano es:

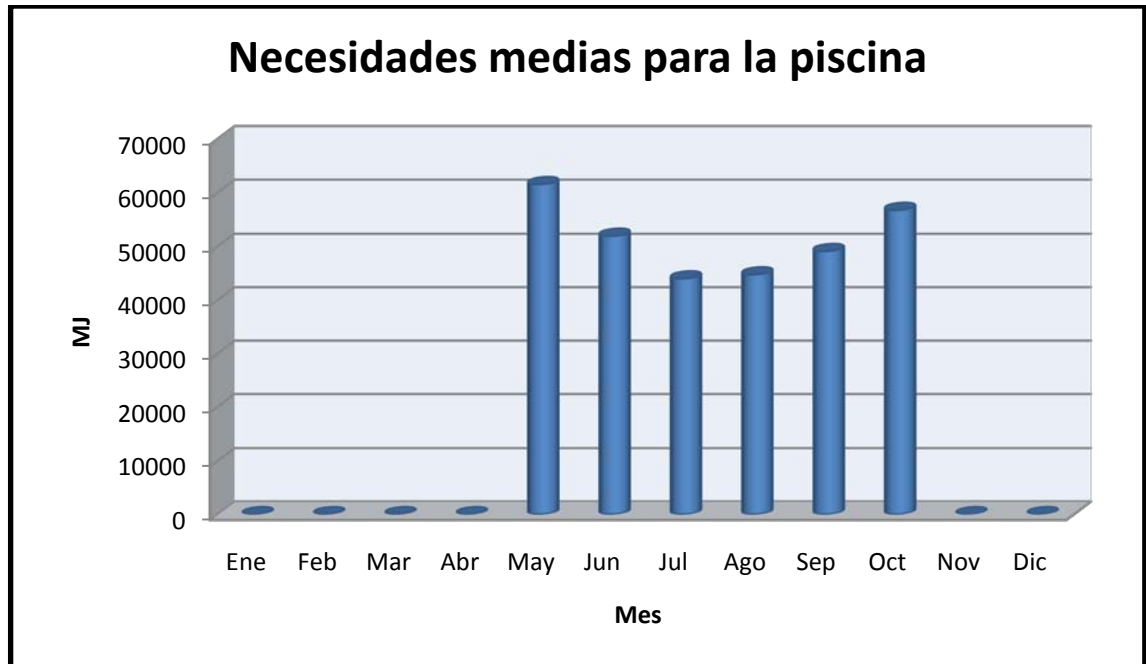


Figura 5. Necesidades medias de la piscina

Como podemos observar en el gráfico anterior los meses de mayor demanda energética de la piscina son Mayo y Octubre ya que la temperatura del ambiente exterior y la radiación son menores.

Hay que tener en cuenta que las pérdidas calculadas son orientativas. Sólo permiten hacer una estimación debido a que el RITE prohíbe que se utilice una fuente de energía convencional para el calentamiento del agua de la piscina al aire libre, debe ser mediante una fuente de energía renovable y gratuita. Por lo tanto, el calentamiento de la piscina no influye en el ahorro energético sino en el confort.

Por lo tanto el objetivo será cubrir la mayor demanda posible dentro de un límite económico de ACS y calefacción en invierno, y durante los meses de menor utilización de la calefacción aprovechar la energía sobrante en elevar la temperatura del agua de la piscina para aumentar así el periodo de baño.

Si la piscina no fuese capaz de absorber toda la cantidad de calor producida disiparíamos esta potencia en un disipador aire-agua. Esto se desarrolla en apartados posteriores.

2.6. NECESIDADES ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En la siguiente tabla se muestran las pérdidas mensuales de los tres sistemas: ACS, Calefacción y Piscina.

Mes	Q _{ACS} (W)	Q _{Piscina} (W)	Q _{Calefacción} (W)	Q _{Total} (W)
Ene	5.354,13	0,00	44.373,11	49.727,24
Feb	5.254,98	0,00	39.340,45	44.595,43
Mar	5.056,67	0,00	31.482,54	36.539,21
Abr	4.858,37	0,00	23.225,75	28.084,12
May	4.759,22	61.544,57	7.301,96	73.605,75
Jun	4.660,07	51.993,75	0,00	56.653,82
Jul	4.560,92	44.017,27	0,00	48.578,20
Ago	4.660,07	44.775,13	0,00	49.435,20
Sep	4.759,22	49.137,81	0,00	53.897,04
Oct	4.858,37	56.723,74	6.262,42	67.844,53
Nov	5.056,67	0,00	30.330,90	35.387,57
Dic	5.354,13	0,00	43.775,28	49.129,41
ANUAL	59.192,84	308.192,27	226.092,41	593.477,52

Tabla 20. Necesidades del edificio por sistemas y totales

La gráfica acumulativa para los tres sistemas a lo largo del año queda:

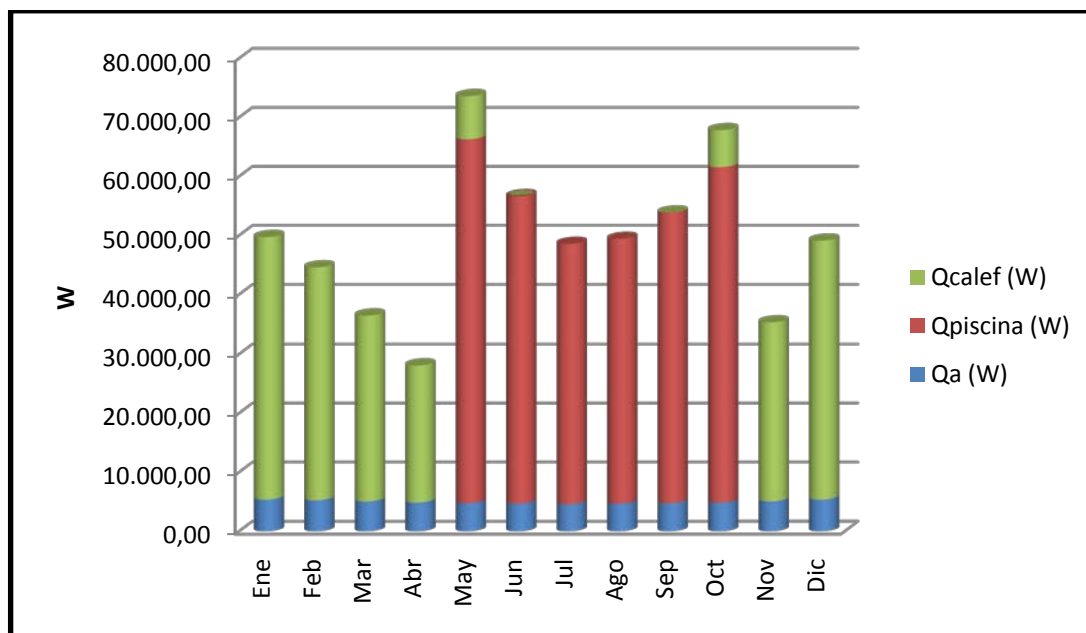


Figura 6. Necesidades del edificio acumulativas por sistemas

Como podemos ver los meses de mayor demanda son Mayo y Octubre, esto se debe a que en Córdoba, ciudad de emplazamiento del edificio las temperaturas en



invierno son muy suaves y muy altas en verano, causando una alta evaporación de la piscina. Por todo esto las potencias medias del edificio son más altas en verano.

A la hora de diseñar el sistema de captación no tomaremos los valores máximos de los tres sistemas sino que se diseñará en función a los valores máximos de calefacción más ACS, por lo ya comentado anteriormente.

La potencia de diseño será: **49.727,24 W**.

El consumo mensual de la instalación se muestra en la siguiente tabla:

Mes	Q _{ACS} (KJ)	Q _{Piscina} (KJ)	Q _{Calefacción} (KJ)	Q _{Total} (KJ)
Ene	14.340.491,75	0,00	118.848.937,82	133.189.429,57
Feb	12.712.837,37	0,00	95.172.416,64	107.885.254,01
Mar	13.543.797,76	0,00	84.322.835,14	97.866.632,90
Abr	12.592.904,94	0,00	60.201.144,00	72.794.048,94
May	12.747.103,78	164.840.970,13	19.557.569,66	197.145.643,57
Jun	12.078.908,82	134.767.794,55	0,00	146.846.703,37
Jul	12.215.974,45	117.895.868,59	0,00	130.111.843,04
Ago	12.481.539,11	119.925.695,55	0,00	132.407.234,66
Sep	12.335.906,88	127.365.212,55	0,00	139.701.119,43
Oct	13.012.668,44	151.928.866,20	16.773.265,73	181.714.800,37
Nov	13.106.901,06	0,00	78.617.692,80	91.724.593,86
Dic	14.340.491,75	0,00	117.247.709,95	131.588.201,70
ANUAL	155.558.784,07	816.724.407,57	590.741.571,74	1.562.975.505,42

Tabla 21. Consumo medio mensual por sistemas y total

El mes de mínimo consumo es Abril debido a que la diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior es mínima, no llegando a ser suficiente para aprovecharlo en la piscina.

2.7. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN

2.7.1. Bases del cálculo

El método de cálculo utilizado será el de las curvas f (F-Chart), el cuál es el recomendado por el “CTE” (código técnico de la edificación) y el “Pliego de condiciones técnicas para instalación solar térmica de baja temperatura” del IDAE,



ya que es el ampliamente aceptado por un proceso de cálculo suficientemente exacto para largas estimaciones, como es nuestro caso.

El sistema F-Chart, permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas y de su rendimiento medio en un largo periodo de tiempo.

Para desarrollarlo se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y es perfectamente válido para determinar el rendimiento factor de cobertura solar en instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios, mediante captadores solares planos.

Para estudiar este parámetro indicativo se determina la fracción Aportación/Consumo, la cual se pretende que oscile lo más próxima a la unidad, lo que se consigue en los meses de verano, produciéndose un déficit energético en los meses invernales, el que deberá ser cubierto por un sistema de apoyo.

La ecuación utilizada en el siguiente método es la siguiente:

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

La secuencia que suele seguirse en el cálculo es la siguiente:

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de ACS o calefacción.
2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador o captadores.
3. Cálculo del parámetro D1, que relaciona la energía absorbida por el captador con la carga calorífica mensual.
4. Cálculo del parámetro D2, que relaciona la energía perdida por el captador con la carga calorífica mensual.
5. Determinación de la gráfica f.
6. Valoración de la cobertura solar mensual.
7. Valoración de la cobertura solar anual y formación de tablas.



Las cargas caloríficas determinan la cantidad de calor necesaria mensual para calentar el agua destinada al consumo doméstico, calculándose mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

- Q_a : Carga calorífica mensual de calentamiento de ACS (J/mes).
- C_e : Calor específico. Para el agua es 4187 J/(KgA°C).
- C : consumo diario de ACS (l/dia).
- N : Numero de días del mes.
- t_{ac} : Temperatura del agua caliente de acumulación (°C).
- t_r : Temperatura del agua de red (°C).

El parámetro D_1 expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes:

$$D_1 = \frac{\text{energía absorbida por el captador}}{\text{carga calorífica mensual}}$$

La energía absorbida por el captador viene dada por la expresión:

$$E_a = S_c \cdot F_r'(\tau\alpha) \cdot R_1 \cdot N$$

Donde:

- S_c : superficie del captador (m²).
- R_1 : Radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área (KJ/m²).
- N : número de días del mes.
- $F_r'(\tau\alpha)$: Factor adimensional que viene dado por la siguiente expresión.

$$F_r'(\tau\alpha) = F_r(\tau\alpha)_n \cdot \left[\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n} \right] \cdot \left(\frac{F_r'}{F_r} \right)$$

Donde:



- $F_r(\tau\alpha)_n$: factor de eficiencia óptica del captador, es decir, la ordenada en el origen de la curva característica del captador.
- $\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n}$: modificación del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante: 0,96 (superficie transparente sencilla) o 0,94 (superficie transparente doble).
- $\frac{F_r'}{F_r}$: Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0,95.

El parámetro D_2 expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador, para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes:

$$D_2 = \frac{\text{Energía perdida por el captador}}{\text{carga calorífica mensual}}$$

La energía perdida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

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

Donde:

- S_c : superficie del captador (m²).

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

Donde:

- $F_r U_L$: pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador).
- t_a : temperatura media mensual del ambiente (°C).
- Δt : periodo de tiempo considerado en segundos (s).
- K_1 : factor de corrección por almacenamiento, que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

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

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



- K_2 : factor de corrección, para ACS, que relaciona la temperatura mínima de ACS, la del agua de red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente expresión:

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

Donde:

- t_{ac} : temperatura mínima de ACS.
- t_r : temperatura del agua de red.
- t_a : temperatura media mensual del ambiente.

Una vez obtenido D1 y D2, aplicando la ecuación inicial se calcula la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar.

De esta forma, la energía útil captada cada mes, Q_u , tiene el valor:

$$Q_u = f \cdot Q_a$$

Donde:

- Q_a : carga calorífica mensual de ACS.

Mediante igual proceso operativo que el desarrollado para un mes, se operará para todos los meses del año. La relación entre la suma de las coberturas mensuales y la suma de las cargas caloríficas, o necesidades mensuales de calor, determinará la cobertura anual del sistema:

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

Si hacemos uso de una hoja de cálculo, podemos comparar numero de captadores, modelos de captadores, orientaciones, etc. Tantas veces como queramos hasta llegar a la solución que más se ajuste a nuestras necesidades.

2.7.2. Predimensionado de la superficie de captación y volumen de acumulación

Para el predimensionado de la superficie captadora se deben tener en cuenta las condiciones que exponen el CTE (DB HE-4) y el RITE (ITE 10.1.3.2):

Según RITE (ITE 10.1.3.2), el área total de los colectores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$1,25 \leq 100A/M \leq 2$$

Donde:

- **A** : la suma de las áreas de los colectores, expresada en m²
- **M**: consumo medio diario de los meses de verano, expresado en l/d
- **V** : volumen del depósito acumulador, expresado en litros

Además, en las instalaciones cuyo consumo sea constante a lo largo del año, el volumen del depósito de acumulación cumplirá la condición:

$$0,8M \leq V \leq M$$

Por otra parte el CTE (DB HE-4 3.3.3.1) establece que para aplicaciones de ACS el área total de captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

Teniendo en cuenta las condiciones citadas y que el consumo diario medio es de 2046 litros/día se predimensiona tanto la superficie de captadores a utilizar como el volumen de acumulación:

$$V_{\text{mín}} = 1636,8 \leq V \leq 2046 = V_{\text{máx}}$$

$$A_{\text{mín}} = 25,575 \leq A \leq 40,92 = A_{\text{máx}}$$

Estos serán los datos de predimensionado para el cálculo del sistema solar a emplear en nuestro edificio.



Hemos de tener en cuenta que este predimensionado es exclusivamente para el sistema de ACS por lo que únicamente lo tomaremos como punto de partida para el dimensionado final de la instalación.

2.7.3. Energía teórica disponible

Para el cálculo de la energía aprovechable que incide en un día medio de cada mes sobre cada metro cuadrado de superficie inclinada de los captadores, R , es necesario acudir a una tabla de irradiación horizontal media H de la provincia considerada y corregir estos valores en base a la inclinación.

Para la corrección de estos valores recurrimos a la siguiente expresión:

$$R = K \cdot H$$

Donde:

- R : radiación incidente en un día medio de cada mes sobre metro cuadrado de superficie inclinada ($\text{KJ} \cdot \text{día}/\text{m}^2$).
- K : factor de corrección en función de la inclinación de los captadores y de la latitud del lugar en que se disponga la instalación. En el caso de Córdoba, latitud $37,9^\circ$ y tomamos una inclinación de los captadores de 35° .
- H : Radiación media diaria incidente horizontalmente en un m^2 de superficie ($\text{KJ} \cdot \text{día}/\text{m}^2$)

La inclinación de los captadores ha sido elegida conforme al RITE (ITE 10.1.3.1).

Los datos utilizados en la realización de dicho cálculo y que se muestran en la siguiente tabla han sido obtenidos de las tablas de CENSOLAR.

Mes	K	H ($\text{KJ} \cdot \text{día}/\text{m}^2$)	R ($\text{KJ} \cdot \text{día}/\text{m}^2$)
Enero	1,34	7200	9648

Febrero	1,25	10100	12625
Marzo	1,15	15100	17365
Abril	1,04	18500	19240
Mayo	0,96	21800	20928
Junio	0,94	25900	24346
Julio	0,97	28500	27645
Agosto	1,05	25100	26355
Septiembre	1,19	19900	23681
Octubre	1,34	12600	16884
Noviembre	1,43	8600	12298
Diciembre	1,42	6900	9798
ANUAL	1,17	16700	220813

Tabla 22. Disponibilidad de radiación

El siguiente gráfico muestra la variación de la radiación incidente en un día medio por m² de superficie en los distintos meses del año.

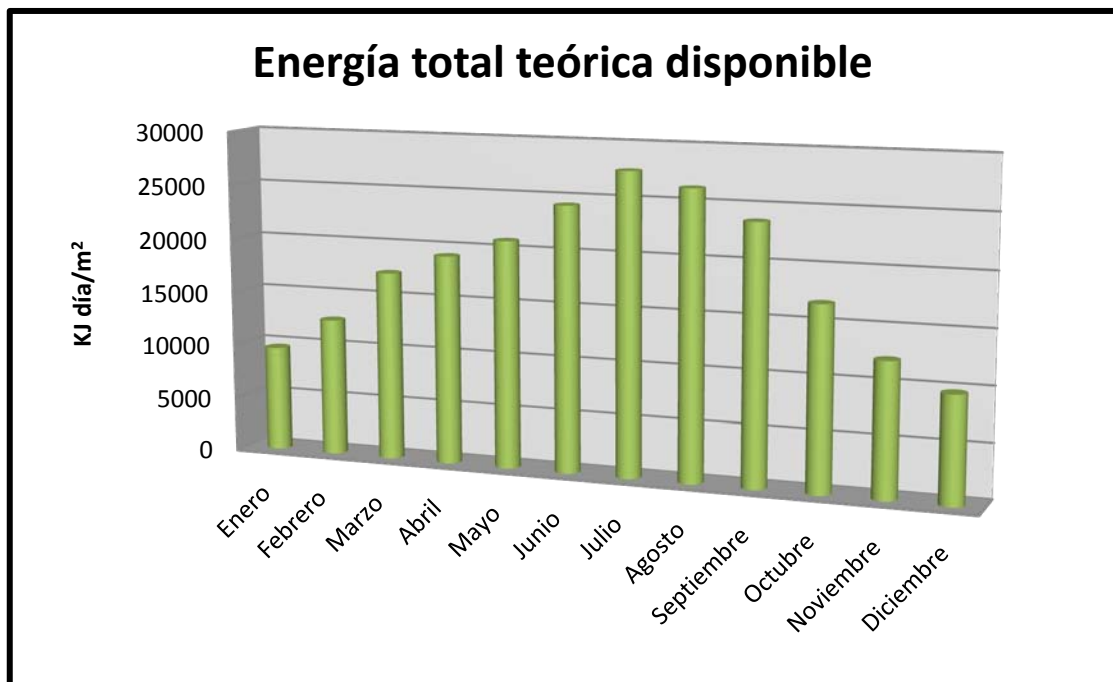


Figura 7. Disponibilidad de energía por meses

En el gráfico anterior podemos observar como la disponibilidad de energía es inversa al consumo de las instalaciones de ACS más Calefacción por lo que la energía sobrante en los meses centrales del año necesitamos invertirla en otro sistema que pueda aprovecharla, en nuestro caso una piscina al aire libre.



La intensidad incidente sobre la superficie de los colectores irá variando conforme transcurra el día. Se trabaja, entonces, con una intensidad media que será el cociente entre la energía útil R incidente a lo largo del día y el tiempo útil del día, el tiempo que el sol está sobre el horizonte, descontando los momentos de principio y final, cuando la altura del sol es tan baja y la intensidad se sitúa por debajo de la umbral, inferior a la cual no se establece la circulación en el captador.

2.7.4. Estudio de la cobertura solar anual. Método F-Chart

Con los datos calculados y siguiendo el proceso de cálculo que se detalla en las bases de cálculo se obtendrá la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar.

Se realiza el cálculo para la demanda de ACS con los requerimientos del CTE en su DB HE.

Cálculo del parámetro D_1 :

Mes	$Sc (m^2)$	$Fr'(\tau\alpha)$	$R1$	N	$Ea (KJ)$	$D1$
Enero	34,38	0,774	9.648	31	7961728,97	0,55519
Febrero	34,38	0,774	12.625	28	9410177,58	0,74021
Marzo	34,38	0,774	17.365	31	14329956,84	1,05805
Abril	34,38	0,774	19.240	30	15365076,38	1,22014
Mayo	34,38	0,774	20.928	31	17270218,07	1,35483
Junio	34,38	0,774	24.346	30	19442731,26	1,60964
Julio	34,38	0,774	27.645	31	22813225,27	1,86749
Agosto	34,38	0,774	26.355	31	21748690,62	1,74247
Septiembre	34,38	0,774	23.681	30	18911661,83	1,53306
Octubre	34,38	0,774	16.884	31	13933025,70	1,07073
Noviembre	34,38	0,774	12.298	30	9821190,71	0,74931
Diciembre	34,38	0,774	9.798	31	8085512,07	0,56382
ANUAL	34,38	0,774	220.813	365	179093195,30	14,06495

Tabla 23. Cálculo del parámetro D_1

Cálculo del parámetro D_2 :

Mes	Fr ^{UL}	ta (°C)	Δt (s)	K1	K2	Ep (KJ)	D2
Enero	0,00347	11	2678400	1,06558	0,89933	27.277.368	1,90
Febrero	0,00347	13	2419200	1,06558	0,91103	24.397.526	1,92
Marzo	0,00347	16	2678400	1,06558	0,95262	27.270.552	2,01
Abril	0,00347	18	2592000	1,06558	1,01341	27.406.651	2,18
Mayo	0,00347	21	2678400	1,06558	1,01266	27.263.736	2,14
Junio	0,00347	26	2592000	1,06558	0,97649	23.831.584	1,97
Julio	0,00347	30	2678400	1,06558	0,95486	22.778.852	1,86
Agosto	0,00347	30	2678400	1,06558	0,89971	21.463.376	1,72
Septiembre	0,00347	26	2592000	1,06558	0,92432	22.558.543	1,83
Octubre	0,00347	21	2678400	1,06558	0,96380	25.948.261	1,99
Noviembre	0,00347	16	2592000	1,06558	0,95262	26.390.857	2,01
Diciembre	0,00347	12	2678400	1,06558	0,88318	26.486.720	1,85
ANUAL	0,00347	20	31536000	1,06558	0,94534	303.074.027	23,39

Tabla 24. Cálculo del parámetro D₂

Finalmente, la cobertura solar que tenemos mensualmente es:

Mes	f	f (%)	Q _{ACS} (KJ)	Q _{Útil} (KJ)
Enero	0,382	38,233	14.340.491,75	5.482.775,37
Febrero	0,518	51,804	12.712.837,37	6.585.814,99
Marzo	0,716	71,635	13.543.797,76	9.702.047,45
Abril	0,797	79,690	12.592.904,94	10.035.258,60
Mayo	0,867	86,709	12.747.103,78	11.052.859,88
Junio	0,990	98,997	12.078.908,82	11.957.733,65
Julio	1,092	109,229	12.215.974,45	13.343.357,42
Agosto	1,056	105,643	12.481.539,11	13.185.814,02
Septiembre	0,966	96,632	12.335.906,88	11.920.464,01
Octubre	0,725	72,483	13.012.668,44	9.431.989,52
Noviembre	0,519	51,895	13.106.901,06	6.801.812,03
Diciembre	0,392	39,223	14.340.491,75	5.624.767,91

Tabla 25. Cobertura solar de ACS mensual

Cobertura solar anual de ACS: 74,03%

La instalación tendrá una cobertura solar anual del 74,03%, con una superficie de captación de 34,38 m², lo que equivale a 18 captadores, por lo tanto cumple las especificaciones del CTE en su DB HE-4 en la contribución solar mínima

y en las limitaciones de dimensionado que impone este, tales como que en ningún mes se sobrepasará el 110% de la demanda energética y en no más de tres meses el 100%.

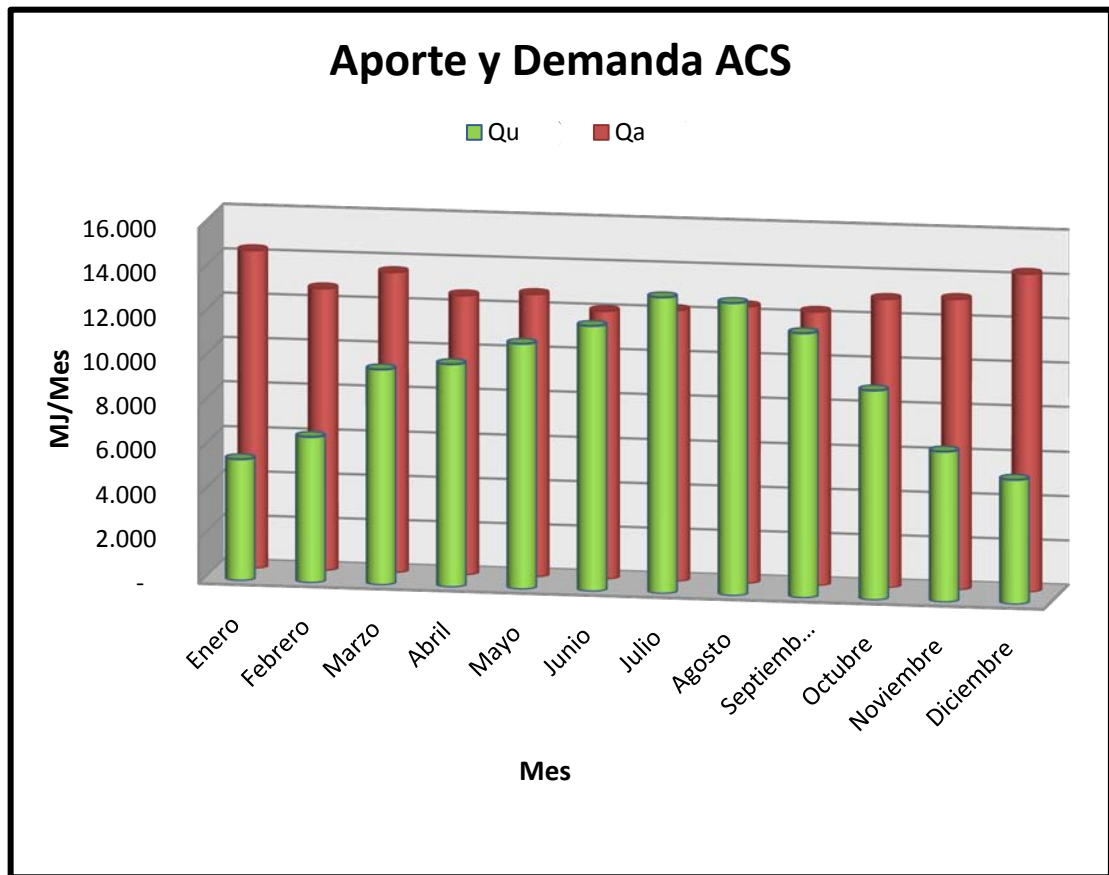


Figura 8. Aporte y demanda del sistema de ACS

Este sería el objetivo fijado por la ley, pero el objeto del proyecto es crear una instalación que cubra el máximo consumo de ACS y alcance un valor óptimo para el sistema de calefacción.

La solución por la que se ha optado es una solución de sistema centralizado, con unos depósitos centralizados minimizando las pérdidas del sistema y maximizando el rendimiento del mismo.

Teniendo en cuenta las distintas limitaciones que tenemos referentes al espacio de la cubierta, volumen de acumulación y económicas se dimensiona la instalación para calefacción, ACS y piscina.



Mediante la utilización de 50 captadores con una superficie útil de captación de 95,5 m² y un volumen de acumulación total de 7500 l la cobertura mensual del sistema es:

Mes	f	f (%)	Q _{Tot} (KJ)	Q _{Útil} (KJ)
Ene	0,130	13,040	133.189.429,57	17.368.354,89
Feb	0,198	19,797	107.885.254,01	21.358.010,63
Mar	0,334	33,370	97.866.632,90	32.657.676,71
Abr	0,462	46,206	72.794.048,94	33.635.518,54
May	0,213	21,326	197.145.643,57	42.043.351,29
Jun	0,320	31,951	146.846.703,37	46.918.755,25
Jul	0,417	41,658	130.111.843,04	54.201.425,24
Ago	0,394	39,370	132.407.234,66	52.128.484,12
Sep	0,327	32,670	139.701.119,43	45.640.693,01
Oct	0,185	18,458	181.714.800,37	33.541.228,70
Nov	0,238	23,774	91.724.593,86	21.806.350,47
Dic	0,135	13,537	131.588.201,70	17.813.028,98

Tabla 26. Cobertura solar de ACS + Calefacción

Cobertura solar anual de ACS + Calefacción: 26,8%

En la siguiente gráfica se muestra la cobertura mensual del sistema para el total de la demanda de la instalación.

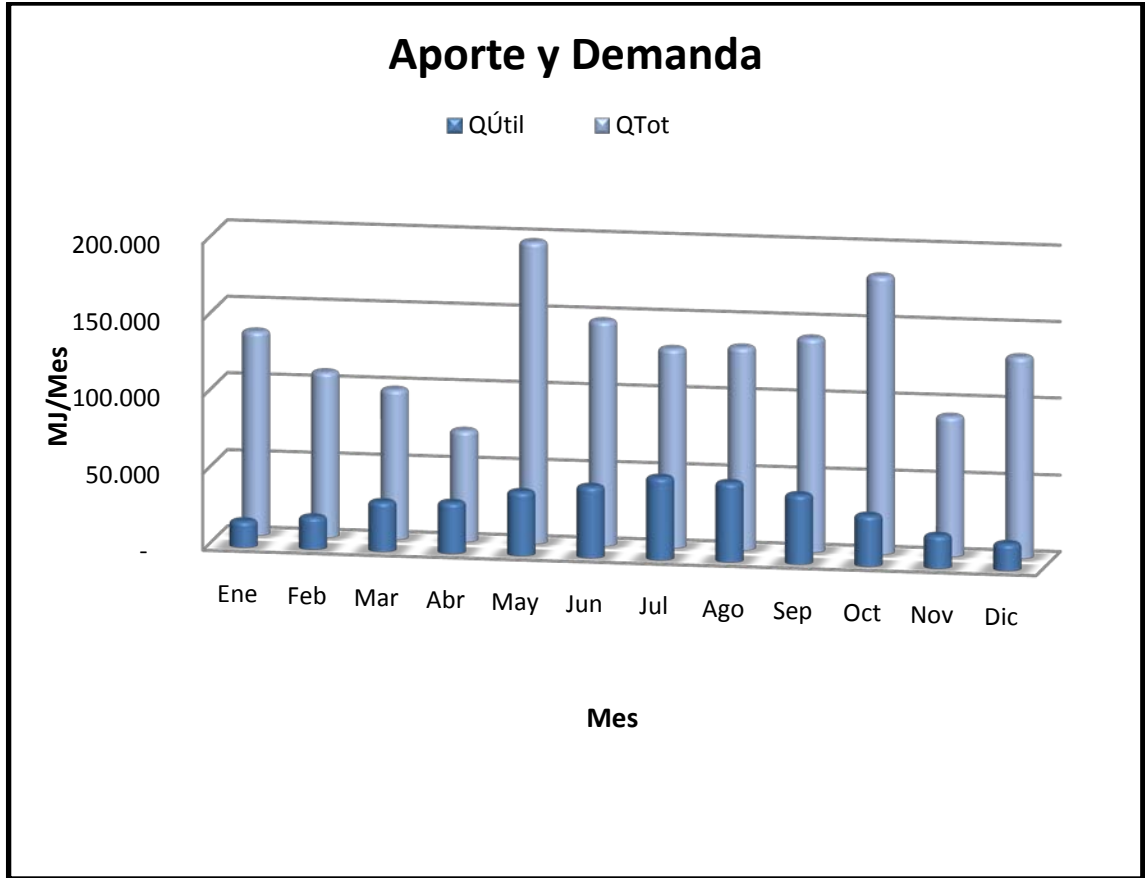


Figura 9. Aporte frente a demanda de ACS + Calefacción + Piscina

Separando para cada uno de los sistemas podemos ver la cobertura mensual proporcionada para cada uno de los sistemas.

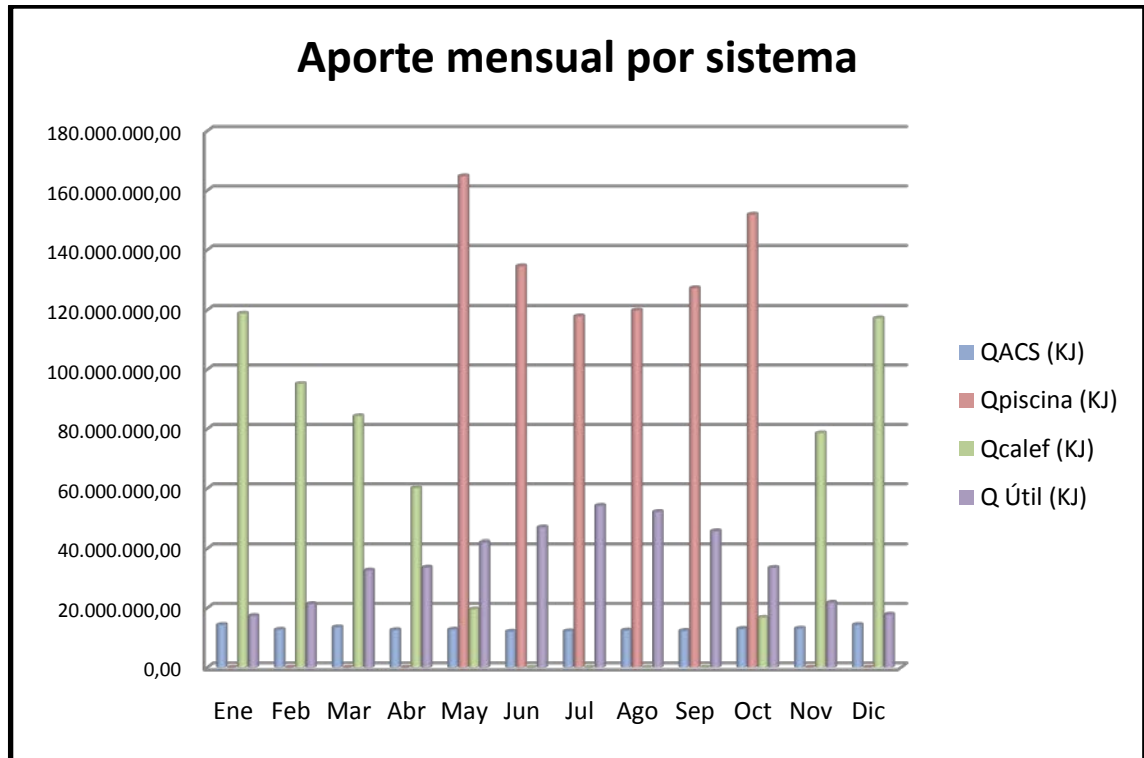


Figura 10. Aporte y demandas de los sistemas por separado

Se observa que se cubre la totalidad de la demanda de ACS, un porcentaje variable de la demanda de calefacción y para los meses centrales del año todo el calor sobrante del sistema lo podemos evacuar en la piscina elevando la temperatura del agua de la misma.

2.8. AHORRO ENERGÉTICO Y ECONÓMICO

En la siguiente tabla se muestran los ahorros energéticos y económicos del total de la instalación solar tanto mensualmente como el anual. Se considera un precio de mercado del gas natural de 0,042887 €/KWh.

Mes	Ahorro (MJ)	Ahorro (KWh)	Ahorro económico (€)
Enero	17368,35	4824,54	206,91 €
Febrero	21358,01	5932,78	254,44 €
Marzo	32657,68	9071,58	389,05 €
Abril	33635,52	9343,20	400,70 €
Mayo	42043,35	11678,71	500,86 €
Junio	46918,76	13032,99	558,95 €
Julio	54201,43	15055,95	645,70 €
Agosto	52128,48	14480,13	621,01 €



Septiembre	45640,69	12677,97	543,72 €
Octubre	33541,23	9317,01	399,58 €
Noviembre	21806,35	6057,32	259,78 €
Diciembre	17813,03	4948,06	212,21 €
ANUAL	419112,88	116420,24	4.992,91 €

Tabla 27. Ahorro medio mensual del sistema

El ahorro anual que se obtiene es bastante significativo, traducándose en **4.992,91 €** año para todo el edificio.

En la siguiente figura se muestra la distribución del ahorro a lo largo de los meses del año.

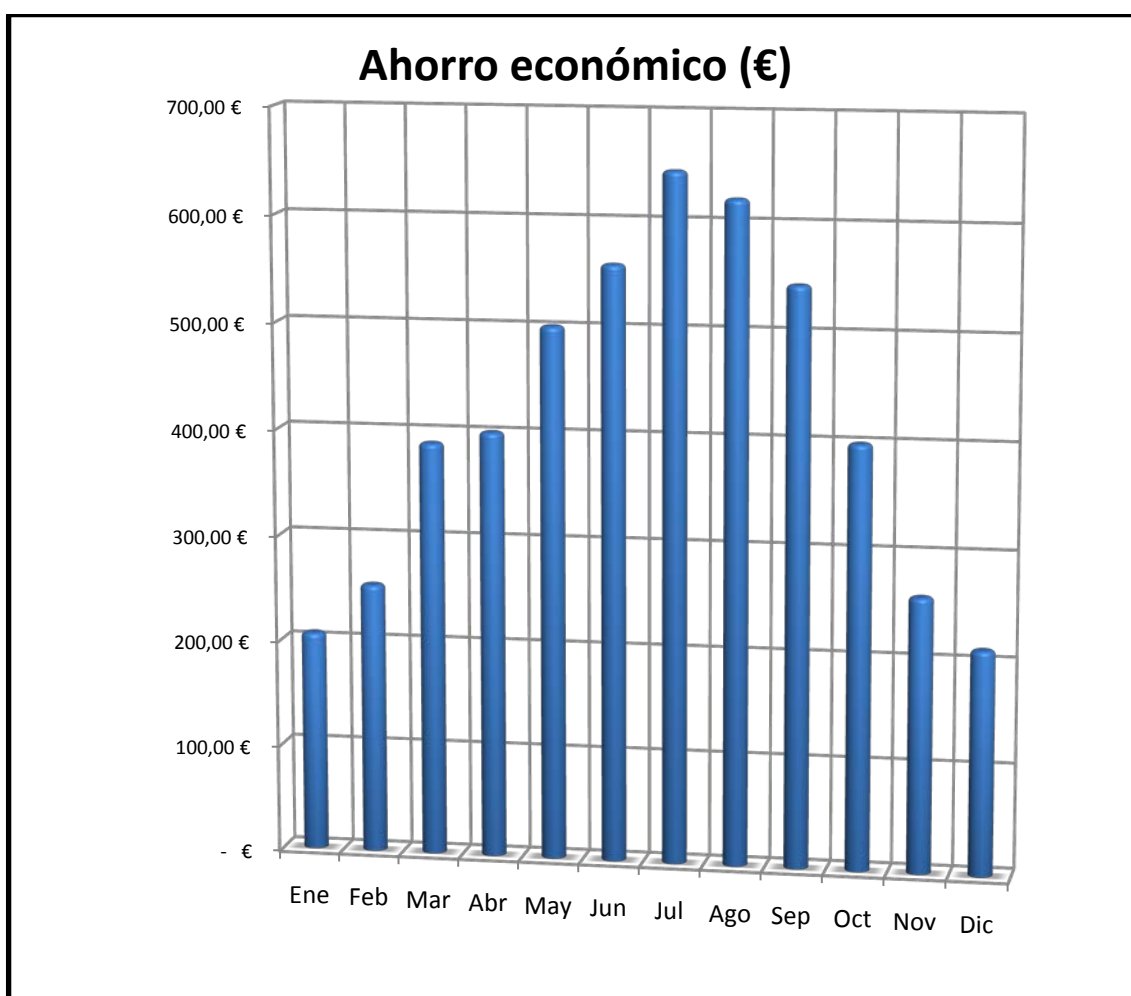


Figura 11. Ahorro medio mensual del sistema



3. INSTALACIÓN

3.1. SISTEMA DE CAPTACIÓN

3.1.1. Captador seleccionado

Tras comprobar todas las especificaciones, cualidades y adecuación a nuestro sistema se ha seleccionado el colector modelo F-6000, de la casa CONERGY. Las características técnicas de dicho captador son:

Marca	CONERGY
Modelo	F-6000
Superficie total	2,15 m²
Superficie de captación	1,91 m²
Dimensión del absorbedor	1930 x 985 x 0,2mm
Dimensiones totales	2010 x 1070 x 90mm
Presión máxima de trabajo	10 bar
Capacidad de fluido	1,3 litros
Rendimiento en el origen	84,90%
Coefficientes de pérdida	a₁=3,656W/m²°K
	a₂=0,026W/m²°K²
Caudal Nominal	30 l/hm²
Pérdida de carga del colector	5 mbar
Colectores en fila	máx. 6
Conexiones VL/RL	Cobre Φ 18mm
Conexión	Cobre Φ 18mm
Temperatura de estancamiento	230°C
Peso	42 Kg

Tabla 28. Características del captador

Curva de rendimiento del captador: $\mu = 0,849 - 3,656(T_e - T_a)/I$

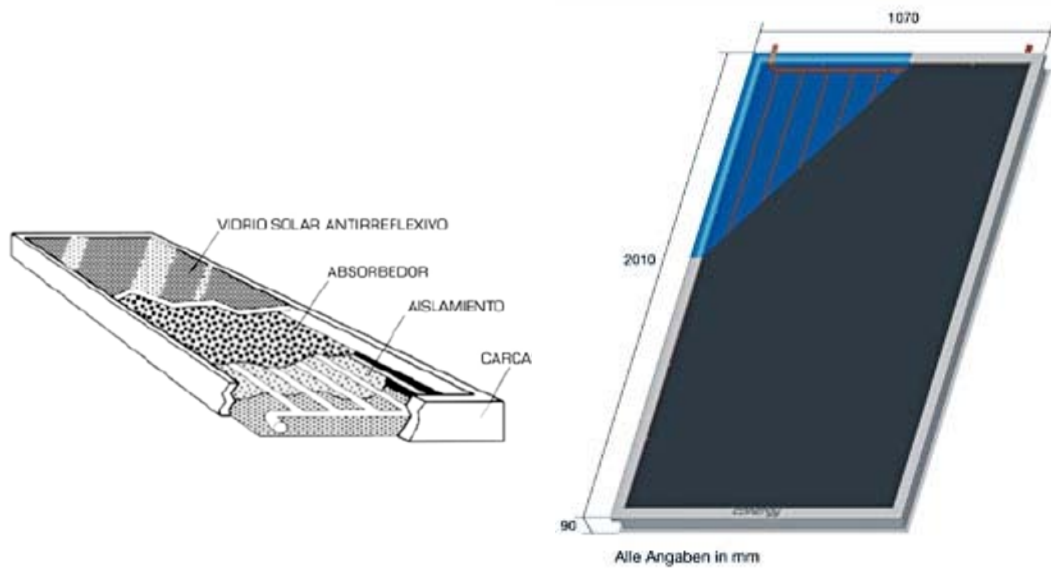


Figura 12. Captador CONERGY F6000

3.1.2. Dimensionado de la superficie de captación

Tomando como punto de partida el predimensionado realizado para el sistema de ACS, conociendo la suma de las demandas de los tres sistemas y conocida también el área unitaria del captador seleccionado podemos obtener el número de captadores a instalar y área real de nuestra instalación.

Área total de captación:

$$A_{\text{Captación}} = N^{\circ}_{\text{Captadores}} \times A_{\text{Captador}} = 50 \times 1,91 = 95,5 \text{ m}^2$$

3.1.3. Inclinación y orientación de los captadores

Determinaremos los límites de orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas admisibles.

Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:

- **Ángulo de inclinación, β** definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales;
- **Ángulo de acimut, α** definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y +90° para módulos orientados al oeste.

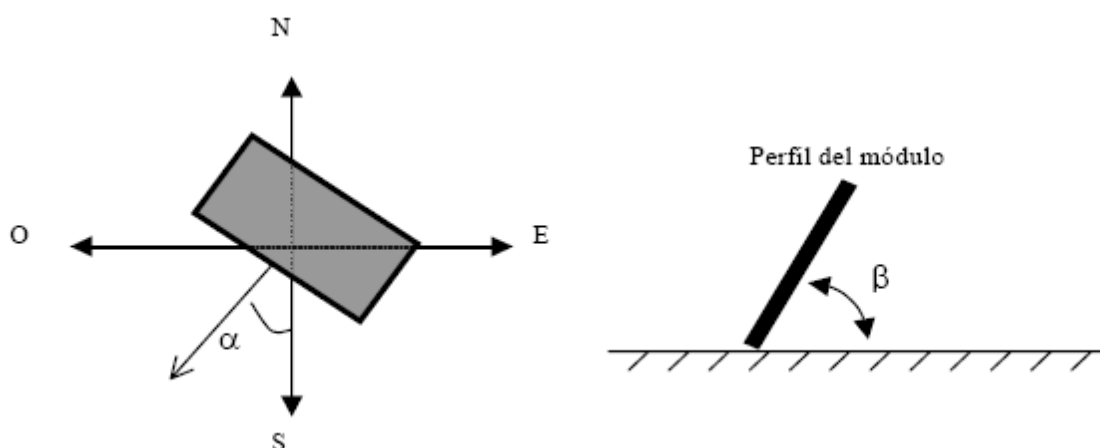


Figura 13. Ángulos principales de los captadores

Las pérdidas máximas admisibles en nuestro caso según el CTE DB HE-4 son del 10% (caso general), al no tener problemas por proximidad de edificios que nos pudiesen proyectar sombra sobre nuestros captadores.

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

Tabla 29. Pérdidas por sombras

Teniendo en cuenta la orientación de nuestros paneles pasaremos a determinar el ángulo azimut, en nuestro caso al tenerlos orientados al sur, será, $\alpha = 0^\circ$

Mediante el siguiente gráfico pasaremos a determinar los valores máximos y mínimos de inclinación de nuestros paneles para el caso de la latitud 41°. Los puntos de intersección del límite de pérdidas del 10%, borde de la región del 90% - 95%, máximo para nuestro caso y con la recta azimut, nos proporcionarán dichos valores.

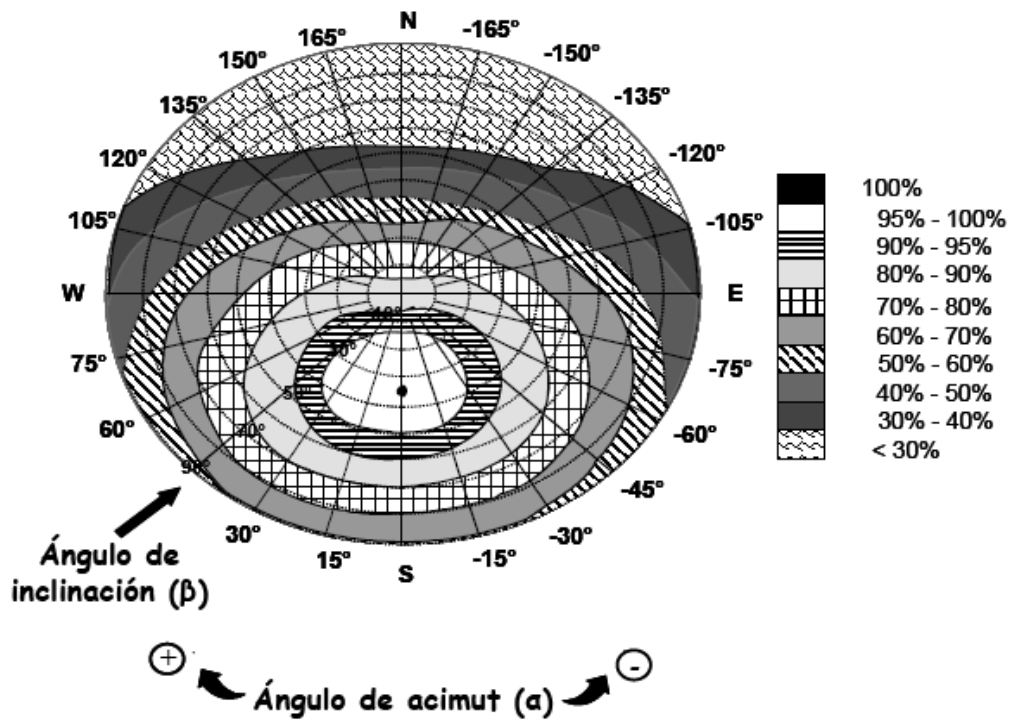


Figura 14. Gráfico de pérdidas por orientación

Para nuestro azimut $\alpha = 0^\circ$ nos queda:

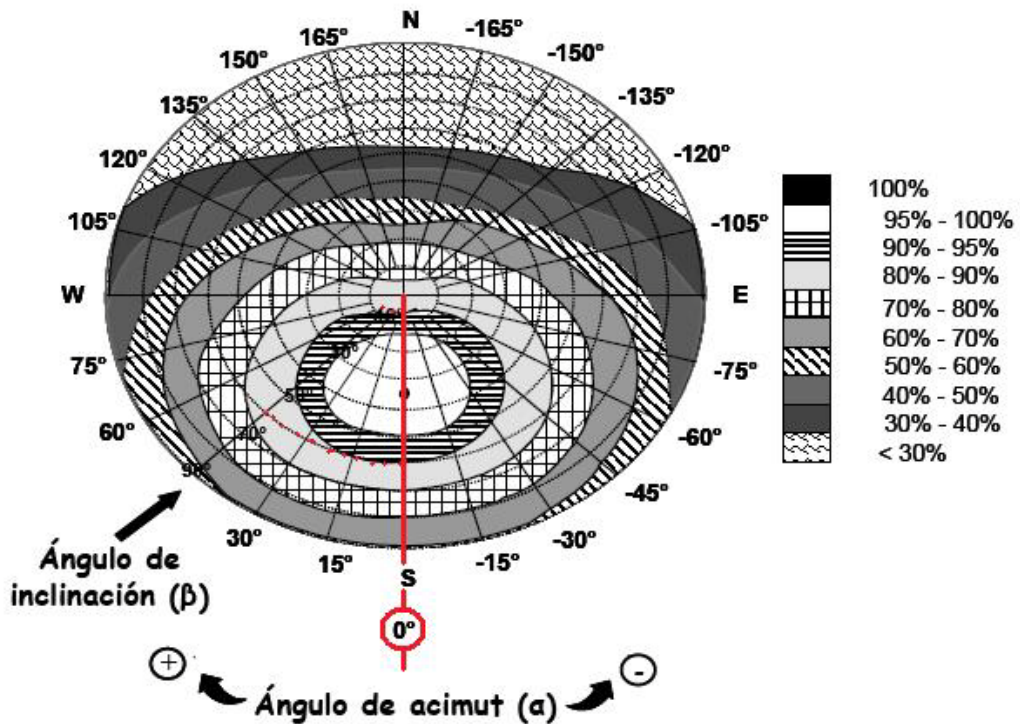


Figura 15. Gráfico de pérdidas por orientación

Para la latitud de 41°:

- Inclinación máxima: 60°
- Inclinación mínima: 0°

Corregimos para la latitud del lugar:

- Inclinación Máxima = Inclinación Máx. (latitud 41°) – (41° - Latitud)

$$\text{Inclinación máxima} = 60^\circ - (41^\circ - 37,9^\circ) = 56,9^\circ$$

- Inclinación Mínima = Inclinación mínima (latitud 41°) – (41°-latitud) ≥ 5

$$\text{Inclinación mínima} = 7^\circ - (41^\circ - 37,9^\circ) = 3,9^\circ < 5^\circ = 5^\circ$$

Por tanto, la inclinación que optemos debe estar entre estos dos valores para cumplir los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación. El RITE ITE 10.1.3.1 aconseja los siguientes valores:

Tipo de demanda	Inclinación
Demanda constante anual	Latitud geográfica
Demanda preferente en invierno	Latitud + 10°
Demanda preferente en verano	Latitud - 10°

Tabla 30. Valores aconsejados de inclinación por el RITE

Adoptaremos una inclinación de los módulos de 35°, ya que está muy próxima a la latitud y estudiado diversos factores hemos considerado 35° como la solución más aconsejable para nuestra instalación.

Según el CTE HE-4 en casos en los que estuviésemos cerca de los límites de inclinación, lo cual no es nuestro caso, habría que calcular el porcentaje de pérdidas a modo de verificación, nosotros lo calcularemos, para obtener datos exactos de las pérdidas de nuestro sistema:

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas}(\%) &= 100 \cdot \left(1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{\text{opt}})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \right) \\ &= 100 \cdot (1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (35 - 37,9)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0^2) = 0,10092\% \end{aligned}$$

Finalmente, adoptaremos las siguientes orientaciones:

- **Ángulo de inclinación: $\beta = 35^\circ$**
- **Ángulo de azimut: $\alpha = 0^\circ$**

3.1.4. Distancia entre filas y determinación de sombras

La distancia d entre filas de captadores y cualquier obstáculo se obtiene de la siguiente expresión:

$$d = h / \text{tg}(61^\circ - \text{Latitud})$$

Donde $1/\text{tg}(61^\circ - \text{Latitud})$ es un coeficiente adimensional denominado k el cual toma los siguientes valores:

Latitud	29°	37°	39°	41°	43°	45°
k	1,6	2,246	2,475	2,747	3,078	3,487

Tabla 31. Coeficiente K en función de la inclinación del captador

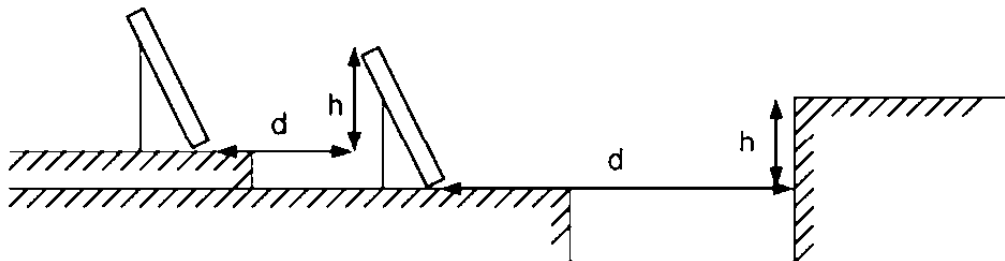


Figura 16. Distancias a elementos que puedan proyectar sombras sobre los captadores

La distancia d , medida sobre la horizontal, entre una fila de captadores y un obstáculo, de altura h , que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

La cubierta donde van instalados los colectores de nuestra instalación tiene una inclinación de 20° sobre la horizontal, por lo que la estructura que se colocará sobre la cubierta los inclinará 15° más.

La distancia entre cada fila de captadores será:

$$k = \frac{1}{\text{tg}(61^\circ - \text{latitud})} = 2,34446^\circ$$

$$d = (h - d \cdot \text{tg}20^\circ) \cdot k$$

$$d = 695,3\text{mm}$$

No existen en la instalación más elementos que produzcan sombra en los captadores.

La instalación en cubierta quedará de la forma:

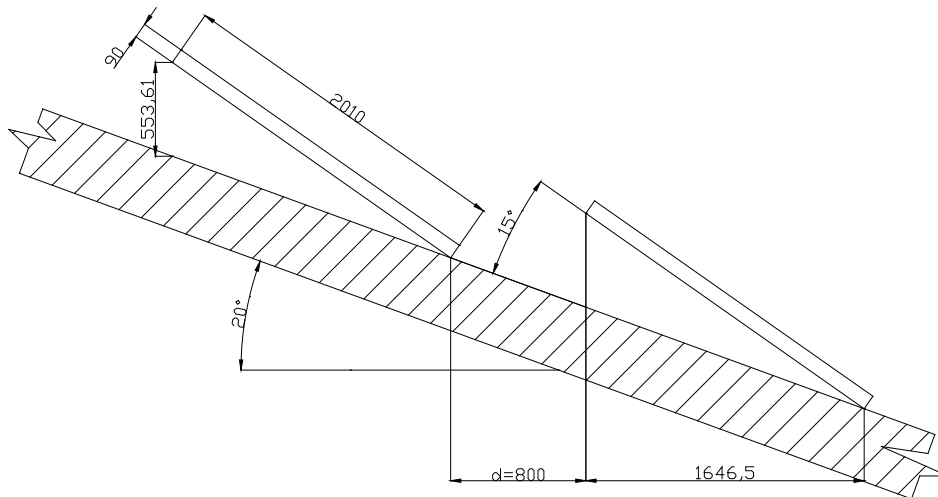


Tabla 17. Posicionado de los captadores en la cubierta

3.1.5. Conexión de los captadores

En el diseño del sistema de captación se ha dividido en 2 ramales, uno por cada fila de captadores, y el retorno de estos se hace de forma invertida con el fin de conseguir un sistema hidráulico lo más equilibrado posible.

Los colectores se agruparán en baterías de cinco captadores, así, se tiene un total de 10 baterías de captadores. Se ha seleccionado este diseño por ser el más fácil de montaje, mantenimiento y reparación del mismo, ya que cada una de estas baterías ha de llevar válvulas de esfera en las entradas y salidas de los mismos con el fin de poder desconectarlos en labores de mantenimiento y reparación sin perder el fluido del circuito solar.

Todos los colectores van conectados en paralelo, ya que la temperatura que se alcanza en condiciones de funcionamiento mediante la conexión en paralelo de estos es suficiente para el uso en ACS y Calefacción, siendo el caudal es bastante mayor. Además el rendimiento de los captadores es mayor cuanto mayor sea el salto térmico conseguido por lo que en la configuración en paralelo es en la que conseguimos un mayor rendimiento.

Finalmente la conexión de los captadores responde al siguiente esquema:

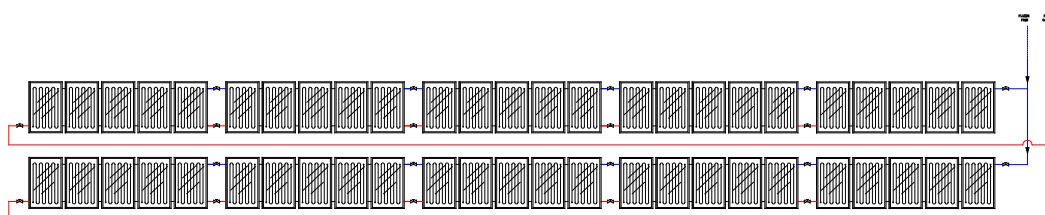


Figura 18. Conexión de los captadores

3.2. SISTEMA DE ACUMULACIÓN

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.

El sistema de acumulación facilita la limitación de temperatura de funcionamiento manteniendo el rendimiento de los captadores a un nivel aceptable, por lo que resulta de vital importancia su correcto dimensionado. Una excesiva acumulación aunque aumentaría el rendimiento del sistema de captación provocaría



unas pérdidas caloríficas inaceptables y no llegar a la temperatura de consumo, por el contrario un sistema de acumulación insuficiente podría representar una temperatura de trabajo excesiva o un consumo mayor del sistema auxiliar.

Se pretende independizar el sistema de acumulación de ACS del sistema de acumulación de la calefacción por ello se utilizarán dos acumuladores independientes. Aunque con esta solución aumentamos el coste de la instalación el rendimiento de la misma va a ser mayor.

La temperatura de acumulación en instalaciones de preparación de agua caliente sanitaria será de 60°C según lo indicado en lo UNE 100.030 a fin de evitar problemas de legionelosis, siendo la temperatura de distribución apta para el consumo humano entorno a 45°C.

Cualquiera de los depósitos debe contar con una adecuada estratificación para conseguir un mayor rendimiento del campo de captadores y mejor utilización de la fuente de energía auxiliar.

Con objeto de aprovechar al máximo la energía y evitar la pérdida de estratificación de los depósitos las tomas estarán situadas en los siguientes puntos:

- **Inyección de agua caliente del intercambiador:** entre el 50 y el 75% de la altura del mismo.
- **Extracción de agua hacia el intercambiador:** por la parte inferior del depósito.
- **Extracción de agua caliente para el consumo:** por la parte superior del depósito.

Los materiales más utilizados para los depósitos son:

- **Acero:** debe ser protegido frente a corrosión bien mediante pintura, galvanizado, vitrificado,...
- **Acero Inoxidable:** no tiene problema de corrosión su precio es sensiblemente mayor.
- **Aluminio:** no es aconsejable debido a los problemas de corrosión que puede presentar.

3.2.1. Dimensionado del volumen de acumulación

Teniendo en cuenta el uso permanente de la instalación, será aconsejable seleccionar un depósito aproximadamente igual a la carga de consumo, ya que, mayores volúmenes de acumulación no proporcionan aumentos significativos en el rendimiento y volúmenes menores alcanzan temperaturas en verano superiores a la deseada.

La instalación consta de dos sistemas de acumulación claramente diferenciados, el solar y el sistema de acumulación para el sistema de calefacción por lo que se tratarán por separado.

El sistema de acumulación de ACS está constituido por un depósito de 2000L y el de calefacción estará constituido por un depósito de 5000 L.

- Acumulación solar:

Según la normativa vigente el cociente entre el volumen de acumulación y el área de colectores debe oscilar entre 50 y 180 l/m².

El volumen de acumulación debe cumplir las condiciones impuestas por el RITE ITE 10.1.3.2 y el CTE HE-4, para instalaciones cuyo consumo sea constante a lo largo del año:

$$50 \leq \frac{V}{A} \leq 180 \rightarrow \frac{V}{A} = \frac{7000}{95,5} = 73,3 \quad \text{CUMPLE la condición}$$

- Acumulación del sistema de calefacción:

El sistema de calefacción debido a la mayor demanda energética del mismo debe tener un sistema de acumulación mayor al sistema de ACS, por ello y siguiendo



las indicaciones del RITE y del Pliego de condiciones Técnicas del IDAE el volumen de acumulación del sistema de calefacción será un depósito de 5000 litros.

El sistema de acumulación de nuestra instalación será el descrito anteriormente, consiguiendo un volumen total de acumulación de 7000 litros, fraccionado en 2 depósitos.

3.2.2. Elección del sistema de almacenamiento

Los acumuladores seleccionados para cada una de las acumulaciones de nuestro sistema son:

- Sistema de acumulación solar

Los acumuladores seleccionados pertenece a la marca IDROGAS, modelo IMV 2000 RB, sus características principales son:

- Destinado a gran producción de agua caliente, tanto en horas punta como en demanda continua.
- Alta protección anticorrosiva, revestimiento epóxico de calidad alimenticia.
- Aislamiento térmico de espuma rígida de poliuretano inyectado de 100 mm de espesor, libre de CFCs, obtenemos unas pérdidas mínimas.
- Boca de hombre para inspección y limpieza.

- Sistema de acumulación de calefacción

El acumulador seleccionado pertenece a la marca IDROGAS, modelo IMV 5000 RB, sus características principales son:

- Destinado a gran producción de agua caliente, tanto en horas punta como en demanda continua.

- Alta protección anticorrosiva, revestimiento epóxico de calidad alimenticia.
- Aislamiento térmico de espuma rígida de poliuretano inyectado de 100 mm de espesor, libre de CFCs, obtenemos unas pérdidas mínimas.
- Boca de hombre para inspección y limpieza.

En el Anexo 1 de características técnicas se puede ver las características técnicas de los depósitos.



Figura 19. Depósito de acumulación

3.2.3. Justificación de la elección del sistema de almacenamiento

Para la elección del sistema de almacenamiento se han tenido en cuenta diversos factores de los cuales destacan los siguientes:

- Adecuación del material de fabricación del depósito a la aplicación a la que se destina.
- Mejor mantenimiento y reparación de la instalación al haber 2 depósitos con una boca de hombre más accesible.



- Menor coste de la instalación, al tener menor fraccionamiento del volumen de acumulación.
- Mayor eficiencia energética, por tener menos pérdidas por conducción que en otros sistemas (individualizados) y al tener volúmenes de acumulación mayores la inercia térmica también es mayor por lo que se ve favorecido.
- El sistema instalado es centralizado la producción solar, pero está diseñado para que sea igualmente aprovechado por todos los usuarios.

3.2.4. Ubicación del sistema de almacenamiento

El sistema de almacenamiento estará situado en el sótano junto a la caldera y a los grupos de bombeo, en un cuarto colindante con el hueco de escalera y el ascensor. Este emplazamiento no presenta ningún tipo de problemas ya que dispone de espacio suficiente para albergar dicho sistema.

En la elección de la ubicación del sistema de almacenamiento se ha tenido en cuenta varios factores determinantes, los más importantes son:

- No introducir cargas importantes en la estructura del edificio, ya que tendríamos que realizar un estudio, además el peso de todo el volumen de acumulación es un peso bastante importante, agravado por que el peso está concentrado en un espacio muy pequeño del forjado del edificio.
- Ahorro de espacio en las plantas dedicadas a viviendas.
- Fácil acceso para su mantenimiento o reparación.
- Cercanía con el sistema de captación.

3.2.5. Tratamiento antilegionela en el acumulador de ACS

En el diseño del volumen de acumulación se ha optado por la solución centralizada con la finalidad de obtener todas las ventajas que esto conlleva.



Como tratamiento antilegionela existen dos posibilidades siendo la segunda la que ofrece un mejor resultado eficiente y económico.

1. La solución directa es el calentamiento de todo el volumen de acumulación mediante el grupo térmico, esta solución no es aconsejable desde el punto de vista de la eficiencia energética.
2. La solución diseñada para dar al agua caliente sanitaria al tratamiento antilegionela consiste en aislar periódicamente los depósitos solares del circuito de alimentación del agua de red y una vez aislados los depósitos solares, los colectores se encargan de que se alcance la temperatura de tratamiento. Para homogeneizar los depósitos y evitar zonas frías, es preciso contar con una bomba que mezcle el contenido de los depósitos durante el tratamiento antilegionela.

La instalación ha de cumplir todos los requisitos que establece la UNE 100030, correspondiente a la prevención y proliferación de la legionelosis en nuestra instalación.

3.2.6. Tratamiento antilegionela de toda la instalación de ACS

En aplicaciones de energía solar para apoyar la producción de agua caliente sanitaria se ha de cumplir la legislación antilegionela por la que cualquier punto del circuito de agua de consumo se ha de poder calentar por encima de los 70°C, incluso el acumulador solar.

En el diseño del grupo térmico se ha tenido en cuenta toda la legislación existente antilegionela por lo que la caldera para la producción de agua caliente sanitaria de cada vivienda es capaz de elevar la temperatura del agua por encima de los 70°C en el punto más alejado del circuito.

3.3. SISTEMA DE INTERCAMBIO

El sistema de intercambio es el encargado de traspasar la energía que han sido capaces de obtener los captadores solares y cederla al sistema de acumulación. La solución elegida para el intercambio de energía entre el circuito primario y el secundario es la de un intercambiador de placas externo que enlaza ambos circuitos, conocido como sistema de termotransferencia indirecta.

En ningún momento en el sistema de intercambio se debe mezclar el fluido caloportador con el agua de acumulación.

Los intercambiadores presentan el inconveniente de la pérdida de rendimiento del sistema, por la diferencia entre los líquidos de los circuitos primario y secundario, por lo que los colectores deben funcionar a una temperatura superior a la del fluido secundario. Esto eleva el coste de la instalación y este elemento debe someterse a la normativa vigente.

Los dos parámetros que mejor caracterizan a un intercambiador son el rendimiento y la eficiencia del intercambiador. El rendimiento es el cociente entre la energía que entra en el intercambiador y la que transferimos al circuito secundario, esta pérdida nunca debe ser superior al 5%. La eficiencia se define como la relación entre la energía calorífica intercambiada en la unidad de tiempo y la máxima que teóricamente podría intercambiarse. Si el diseño es correcto la eficiencia del intercambiador nunca debe ser inferior a 0,7. Cuanto menor sea la eficiencia del intercambiador mayor deberá ser la temperatura de entrada en los colectores, haciendo disminuir el rendimiento de éstos y por lo tanto de la instalación.

3.3.1. Determinación de los intercambiadores

Debido al gran intercambio de energía que tendremos que efectuar entre el circuito primario o de captadores y el sistema de acumulación de ACS o Calefacción y la piscina, utilizaremos intercambiadores de calor de placas externos a los sistemas de acumulación ya que éstos nos proporcionan un mayor rendimiento en el intercambio así como una mayor eficiencia. Además para este tipo sistemas y con los



fluidos que trabajamos son los intercambiadores más adecuados, debido a su bajo coste y reducido espacio necesario para la instalación.

La potencia mínima de diseño del intercambiador de placas será función del área del campo de colectores $A(m^2)$.

$$P(W) \geq 500 \cdot A(m^2)$$

3.3.2. Elección de los intercambiadores

La potencia mínima de los intercambiadores de placas debe ser:

$$P_{\min} = 500 * 95,5 = 47750 \text{ W} = 41124,4 \text{ kcal/h}$$

El caudal máximo que circulará por el circuito primario del intercambiador será de:

$$Q_{\max} = 95,5 \text{ m}^2 * 30 \frac{\text{l}}{\text{hm}^2} = 2865 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

- Sistema de ACS

El intercambiador elegido para el sistema de ACS será de la mara ALFA LAVAL modelo M3FG de 35 placas.

Las características del intercambiador los las siguientes:

Modelo	M3FG
Nº Placas	35
Paneles	40
1º Q (l/h)	4800
1º H (mca)	2,53
2º Q (l/h)	4800

2° H (mca)	2,23
Pot (Kcal/h)	45.600

Tabla 32. Características del intercambiador de ACS

- **Sistema de Calefacción**

El intercambiador elegido para el sistema de calefacción será de la marca ALFA LAVAL modelo M3FG de 35 placas.

Las características del intercambiador son las siguientes:

Modelo	M3FG
N° Placas	35
Paneles	40
1° Q (l/h)	4800
1° H (mca)	2,53
2° Q (l/h)	4800
2° H (mca)	2,23
Pot (Kcal/h)	45.600

Tabla 33. Características del intercambiador de Calefacción

- **Piscina**

El intercambiador elegido para el sistema de calefacción será de la marca ALFA LAVAL modelo M3FG de 17 placas.

Las características del intercambiador son las siguientes:

Modelo	M3FG
N° Placas	17
Paneles	40
1° Q (l/h)	4800
1° H (mca)	2,67
2° Q (l/h)	3200

2º H (mca)	1,25
Pot (Kcal/h)	45.600

Tabla 34. Características del intercambiador de la piscina

3.4. FLUIDO DE TRABAJO

Los captadores solares están conectados con el resto de instalación solar por el circuito hidráulico primario por el que circula el fluido caloportador, que ha sido elegido en base a las siguientes especificaciones.

La ciudad de Córdoba tiene una temperatura mínima histórica de -6°C según datos obtenidos del IDAE, por lo que se hace necesaria la utilización de un anticongelante para la protección contra heladas.

El fluido de trabajo para la instalación solar es una mezcla de agua con propilenglicol que garantiza una protección frente a heladas de hasta -11°C (cinco grados menor que la mínima histórica) según la proporción de anticongelante que contenga la mezcla.

La proporción de propilenglicol se ha obtenido mediante el siguiente gráfico de utilización:

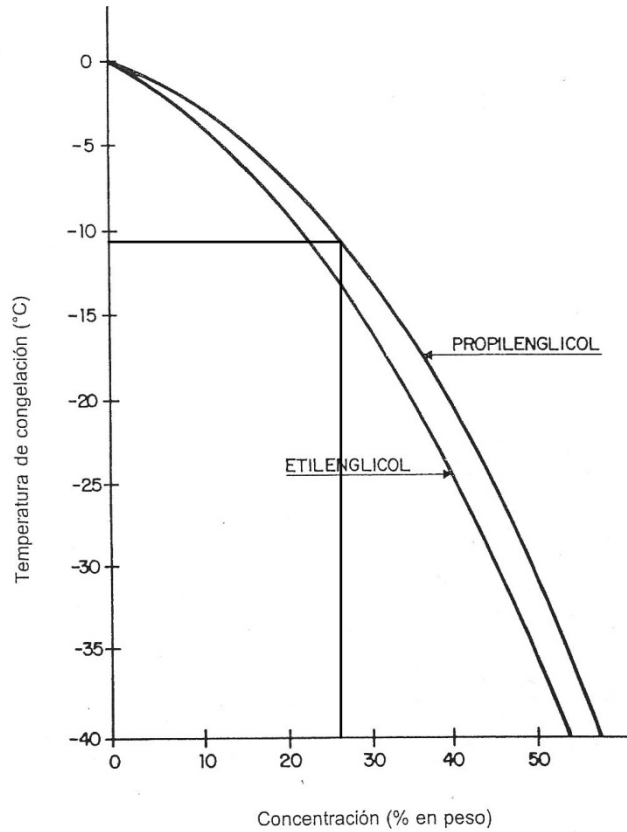


Figura 20. Porcentaje de propilenglicol en función de la T^a de congelación

La proporción de anticongelante (propilenglicol) será del 27% del peso total de fluido caloportador en todo el circuito primario, siendo el resto de la mezcla agua de la red.

El calor específico de la mezcla es de 0,95 kcal/kg·°C a 45°C y se obtiene del siguiente gráfico:

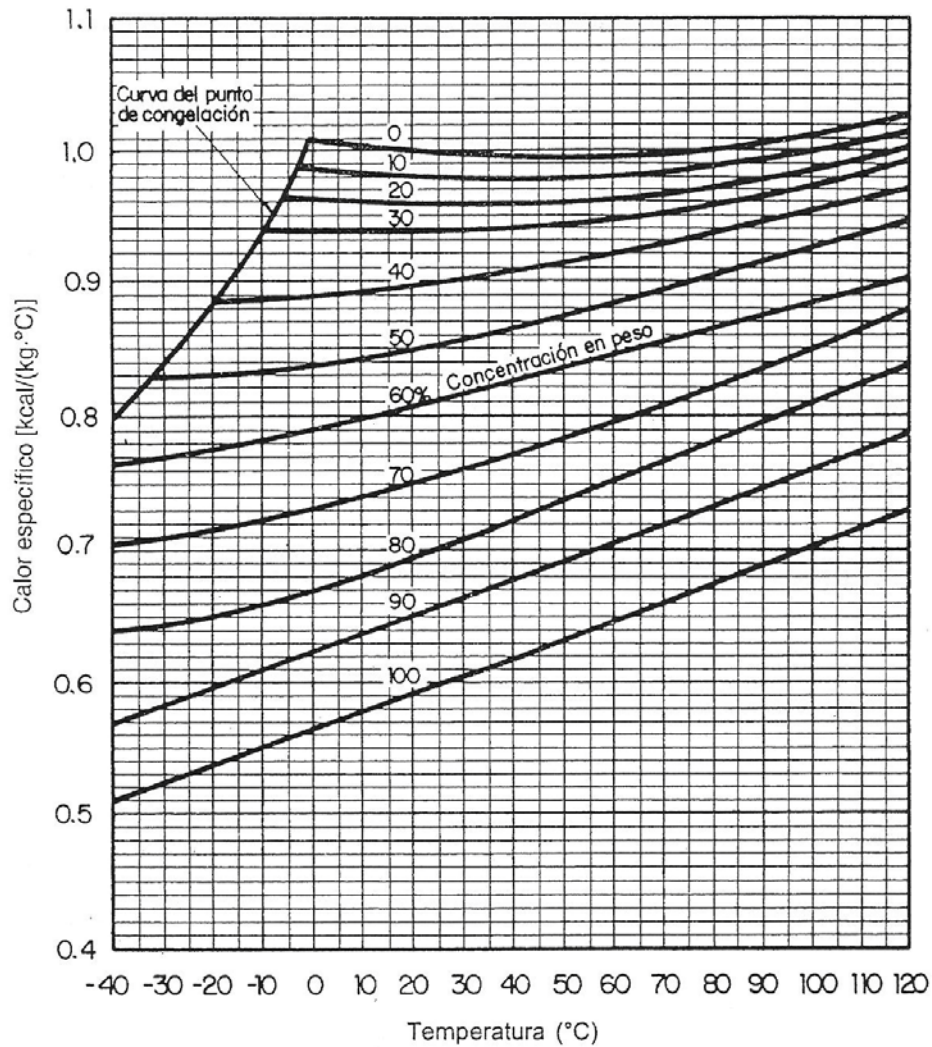


Figura 21. Calor específico de la mezcla de propilenglicol y agua en función de la Tª y concentración

Para el rango de temperaturas de trabajo, en ningún momento el calor específico es inferior a 0,7 kcal/kg·°C tal y como indican las especificaciones técnicas.

El valor de la viscosidad es de 1,15 centipoises a 45 °C, este valor se ha obtenido del siguiente gráfico de utilización:

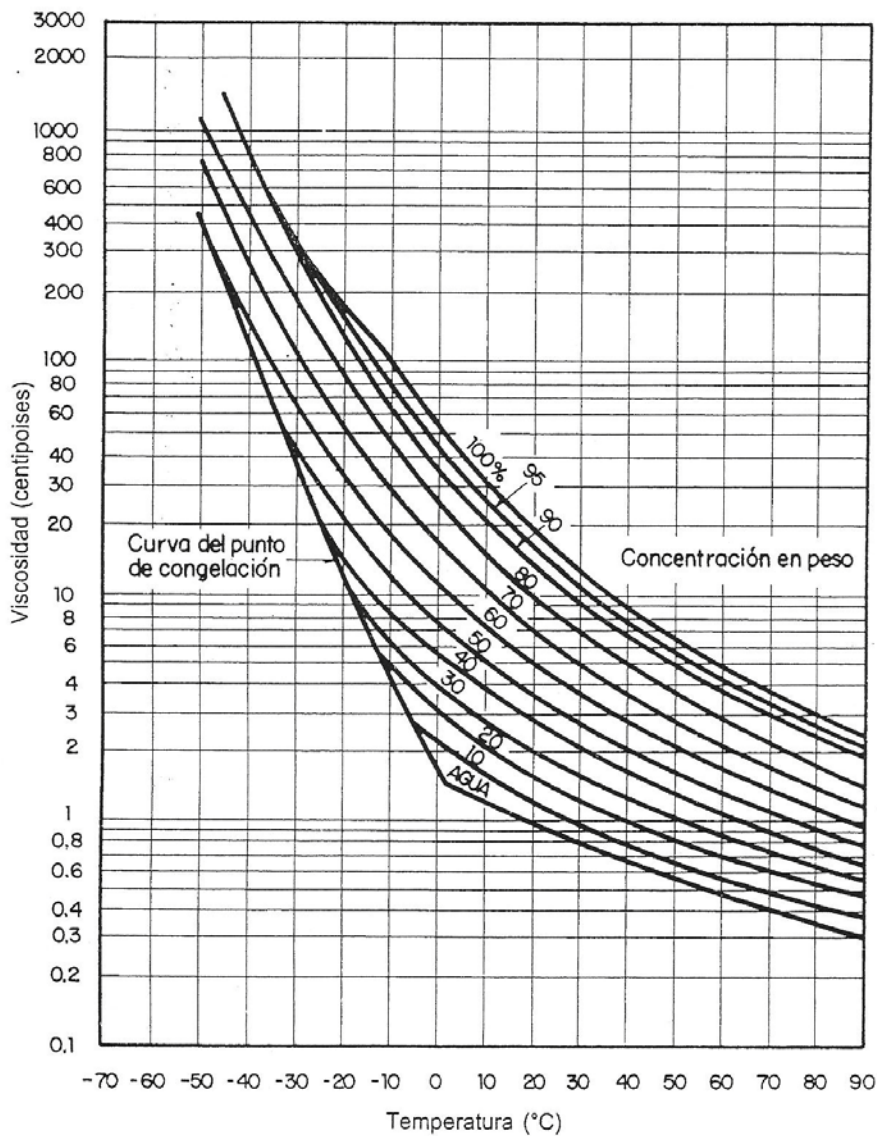


Figura 22. Viscosidad de la mezcla en función de la Tª y la concentración

Hemos de tener en cuenta que para una caso hipotético en que el fluido de trabajo este a una temperatura inferior a 45°C, el grado de viscosidad será mayor, habría que tenerlo en cuenta a la hora del cálculo de la pérdida de carga en las tuberías, una viscosidad de 3 centipoises que corresponde a una temperatura del fluido de 10°C.

La calidad del agua de la red ha sido analizada por parte de la empresa suministradora, y a la vista de los resultados obtenidos se considera que no es necesario ningún tratamiento especial para el agua procedente de la red que se utilizará en el circuito primario, ya que cumple con lo establecido en el CTE:



- El fluido de trabajo tiene un pH o 20°C entre 5 y 9. (7,73±0,1)
- La salinidad del agua no excede de 500 mg/l totales de sales solubles.
- El contenido en sales de calcio no excede de 200 mg/l, expresados como contenido en carbonato calcio.
- El límite de dióxido de carbono libre contenido en agua no excede de 50 mg/l.

3.5. CIRCUITO HIDRÁULICO

El circuito hidráulico se realizará en cobre, cumpliendo la ISO/TR 10217 y la UNE-EN 806-1, material que se ha elegido por tener unas altas prestaciones en cuanto a resistencia a corrosión, maleabilidad, ductilidad e inocuidad, además de ser económicamente muy competitivo.

Se instalarán manguitos electrolíticos y latiguillos de 200 mm de longitud entre los puntos de unión de materiales distintos para evitar la corrosión. Además, los tramos horizontales tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en sentido de la circulación.

Se prestará especial atención a las soldaduras entre uniones de tuberías de cobre, que se realizarán con aleación de plata. En el paso de tabiques y forjados se instalarán manguitos pasamuros y curvas de dilatación en los tramos generales. Así mismo, todas las conducciones de los circuitos irán vistas.

En el diseño del circuito hidráulico se han distribuido los captadores y el trazado de las tuberías con cierto grado de simetría con la finalidad de conseguir un circuito hidráulico equilibrado, por lo que en principio no son necesarias válvulas de equilibrado para controlar flujos.

Los niveles sonoros en las tuberías que discurran por zonas interiores del edificio deberán ser inferiores a los máximos indicados en la ITE 02.2.3.



En el diseño de la red de tuberías se ha tratado de limitar al máximo las pérdidas térmicas, buscando los trazados de menor longitud y limitar en todo lo posible las pérdidas de carga evitando codos o accesorios innecesarios.

Los valores de diseño del circuito primario que se han considerado son:

- Velocidad en las tuberías $< 1,5$ m/s.
- Caudal aproximado de 30 l/h por m^2 de superficie captadora.
- Pérdida de carga admisible en las tuberías por metro lineal < 40 mm.c.a.

En aquellos tramos horizontales se tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en sentido de la circulación, para favorecer a esta.

3.5.1. Características de la red de tuberías

Se utilizará para la red de distribución de agua que actúa como fluido caloportador, tubería de cobre soldada por capilaridad de diámetros interiores de 16, 20, 26, 32 y 40 mm. En la instalación se pueden diferenciar los siguientes circuitos:

- **Circuito primario:** este es el circuito del sistema solar, por el que circula el fluido caloportador. Este circuito es cerrado y el fluido recorre toda la instalación impulsado por las bombas de circulación.
- **Circuito secundario de ACS:** este circuito es el de consumo, por el que circula el agua procedente de la red para el consumo de ACS. De este circuito sólo nos concierne la parte que está dentro de nuestra instalación.
- **Circuito secundario de calefacción:** este circuito es el de calefacción, por el que circula el agua en circuito cerrado para el circuito de calefacción. De este circuito sólo nos concierne la parte que está dentro de nuestra instalación.
- **Circuito secundario de la piscina:** por este circuito circula el agua de la piscina en circuito cerrado. De éste circuito sólo nos concierne la parte que está dentro de nuestra instalación.



Los aislamientos no dejarán zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

3.5.2. Cálculo de la red de tuberías

En el diseño de la red de tuberías se ha tratado de limitar al máximo las pérdidas térmicas, buscando los trazados de menor longitud y limitar en todo lo posible las pérdidas de carga evitando codos o accesorios innecesarios.

Los valores de diseño del circuito primario que se han considerado son:

- **Velocidad en las tuberías** < 1,5 m/s.
- **Caudal aproximado** de 30 l/h por m² de superficie captadora.
- **Pérdida de carga admisible** en las tuberías por metro lineal < 40 mm.c.a.

El dimensionamiento de la red de tuberías del circuito primario se realizará tanto para el retorno como para la impulsión teniéndose en cuenta para los cálculos de los diámetros de las conducciones las pérdidas de carga en todos los accesorios que componen el circuito.

Para el dimensionado se ha realizado, al igual que para otras partes de la instalación, una hoja de cálculo que facilita notablemente los cálculos. La metodología y formulas usadas son:

Con la formula de Darcy-Weissbach se puede calcular la pérdida de carga en tuberías. La pérdida de carga unitaria nunca debe ser mayor que 40 mmca:

$$\Delta h = L \cdot \frac{f}{D_{\text{int}}} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

- Δh : pérdida de carga (m.c.a).
- L : longitud de la tubería (m).



- f : factor de fricción.
- V : velocidad del fluido (m/s).
- D_{int} : diámetro interior (m).
- g : aceleración de la gravedad (9,81 m/sg²).

Para hallar el factor de fricción “f” debemos utilizar el número de Reynolds, que se define mediante la siguiente expresión:

$$Re = \frac{V \cdot D_{int}}{\nu}$$

Donde:

- **Re**: número de Reynolds.
- V : velocidad del fluido (m/s).
- D_{int} : diámetro interior (m).
- ν : viscosidad cinemática del fluido (1.15·10⁻⁶ m²/s).

Reynolds nos determinará si el régimen de circulación es laminar o turbulento y según sea su valor podemos calcular el factor de fricción, f, con una de las siguientes ecuaciones:

$$0 < Re < 2500 \rightarrow f = \frac{64}{Re}$$

$$4000 < Re < 10^5 \rightarrow f = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}$$

Por último para poder calcular la pérdida de carga, nos haría falta conocer la velocidad del fluido:

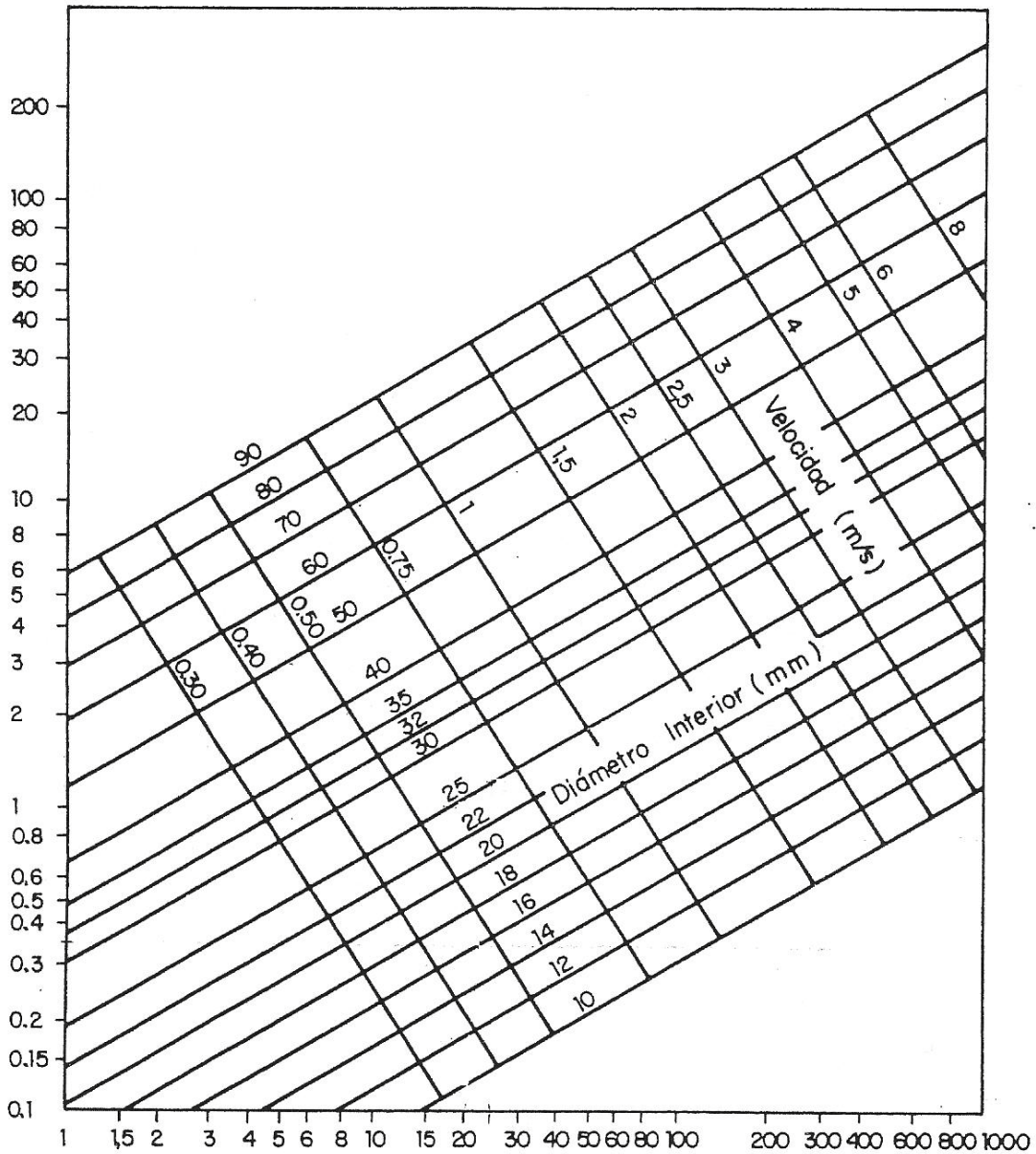
$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_{int}^2}$$

Donde:

- D_{int} : diámetro interior (m).
- Q : caudal de diseño (m³/seg).

- V : velocidad del fluido (m/s).

Con todos estos datos ya tendríamos definidos los diámetros y la pérdida de carga unitaria, que también podría haberse obtenido mediante el siguiente ábaco:



Pérdida por rozamiento (mm c.a. por m) para tubería de cobre

Figura 23. Coeficiente de fricción de la tubería de cobre

Para obtener las pérdidas de carga totales tendremos que multiplicar por la longitud de tuberías, incluyendo en esta longitud las longitudes equivalentes causados por los diferentes elementos singulares:



- Ensanchamiento brusco o gradual.
- Estrechamiento brusco o gradual.
- Entrados o salidas de tuberías.
- Codos, tes y otros accesorios.
- Válvulas.

Si estas pérdidas aparecen distantes unas de otras, tiene poca importancia pues generalmente son pequeñas. Las válvulas sí que pueden originar pérdidas muy elevadas cuando están parcialmente cerradas.

Para estudiar las pérdidas accidentales vamos a utilizar el método de Longitud Equivalente basándonos en el correspondiente diagrama que aportamos en las páginas siguientes. Este método consiste en sustituir el accesorio por una longitud equivalente de tubería que origine por rozamiento la misma pérdida.

Las longitudes equivalentes que se ha usado son:























Clase de resistencia aislada	Diámetros nominales de las tuberías	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
	manguito de unión	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15
	cono de reducción	0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00
	codo o curva de 45°	0,20	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00	1,18	1,25
	curva de 90°	0,18	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97
	codo de 90°	0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21
	"te" de 45°	1,02	0,84	0,90	0,96	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70
	"te" arqueada o de curvas ("pantalones")	1,50	1,68	1,80	1,92	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40
	"te" confluencia de ramal (paso recto)	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
	"te" derivación a ramal	1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50	6,20	6,90
	válvula retención de batiente de pistón	0,20 1,33	0,30 1,70	0,55 2,32	0,75 2,85	1,15 3,72	1,50 4,67	1,90 5,75	2,65 6,91	3,40 8,40	4,85 11,1
	válvula retención paso de escuadra	5,10	5,40	6,50	8,50	11,50	13,0	16,5	21,0	25,0	36,0
	válvula de compuerta abierta	0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69	0,81	1,09
	válvula de paso recto y asiento inclinado	1,10	1,34	1,74	2,28	2,89	3,46	4,53	5,51	6,69	8,80
	válvula de globo	4,05	4,95	6,25	8,25	10,8	13,0	17,0	21,0	25,0	33,0
	válvula de escuadra o ángulo (abierta)	1,90	2,55	3,35	4,30	5,60	6,85	8,60	11,1	13,7	17,1
	válvula de asiento de paso recto	-	3,40	3,60	4,50	5,65	8,10	9,00	-	-	-
	intercambiador	-	-	-	2,1	5	12,5	13,2	14,2	25	-
	radiador	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50
	radiador con valvulería	3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,10	11,40	12,70
	caldera	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50
	caldera con valvulería	3,00	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00	8,00	8,75	9,50	10,00
	contador general individual o divisionario	4,5 m c.a. 10 m c.a.									

Figura 24. Longitudes equivalentes de cada uno de los accesorios

Los resultados obtenidos aplicando las bases de cálculo descritas anteriormente son los que se muestran a continuación.

3.5.2.1.Circuito primario

Los elementos singulares del circuito primario (circuito solar) se han desglosado en las siguientes tablas, en las que se muestran las longitudes equivalentes obtenidas para cada uno de los tramos de este:

- **Salida de los captadores:**

Tramo	Singularidades	Unidades	L _{Unidad} (m)	L _{Total} (m)
1	longitud de tubería	1	40	51,63
	Válvula de esfera	3	0,27	
	Confluencia en T ramal	4	0,5	
	Codo a 45°	3	0,7	
	Codo a 90°	7	0,96	

Tabla 35. Descomposición de elementos tramo 1

- **Retorno a los captadores**

Tramo	Singularidades	Unidades	L _{Unidad} (m)	L _{Total} (m)
2	longitud de tubería	1	4,8	12,14
	Válvula de esfera	2	0,27	
	Confluencia en T ramal	4	0,5	
	Codo a 90°	5	0,96	
3	longitud de tubería	1	39	52,55
	Válvula de esfera	4	0,27	
	Válvula de retención	1	1,15	
	Confluencia en T ramal	5	0,5	
	Codo a 90°	7	0,96	
	Codo a 45°	3	0,7	

Tabla 36. Descomposición de elementos tramos 2 y 3

- **Circuito de captadores**

Tramo	Singularidades	Unidades	L _{Unidad} (m)	L _{Total} (m)
-------	----------------	----------	-------------------------	------------------------



4	longitud de tubería	1	1,6	3,37
	Válvula de esfera	1	0,27	
	Confluencia en T ramal	1	0,3	
	Codo a 90°	2	0,6	
5	longitud de tubería	1	4,6	6,37
	Válvula de esfera	1	0,27	
	Confluencia en T ramal	1	0,3	
	Codo a 90°	2	0,6	
6-21	longitud de tubería	1	0,6	0,87
	Válvula de esfera	1	0,27	
22	longitud de tubería	1	39	41,37
	Válvula de esfera	1	0,27	
	Confluencia en T ramal	1	0,3	
	Codo a 90°	3	0,6	
23	longitud de tubería	1	43	45,97
	Válvula de esfera	1	0,27	
	Confluencia en T ramal	1	0,3	
	Codo a 90°	4	0,6	

Tabla 37. Descomposición de elementos tramos 4 a 23

Los diámetros seleccionados, velocidad y pérdidas de carga son las que se muestran en las siguientes tablas:

• **Salida de captadores**

Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	Velocidad (m/s)	AH/m (mca)	AH (mca)	Re	factor de fricción f
1	51,63	2865	42	40	0,6333	0,0133	0,6844	22027,92	0,0259

Tabla 38. Cálculo del tramo 1

• **Retorno de captadores**

Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	Velocidad (m/s)	AH/m (mca)	AH (mca)	Re	factor de fricción f
2	12,14	2865	42	40	0,6333	0,0133	0,1609	22027,92	0,0259
3	52,55	2865	42	40	0,6333	0,0133	0,6966	22027,92	0,0259

Tabla 39. Cálculo tramos 2 y 3

• **Circuito de captadores**

Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	Velocidad (m/s)	AH/m (mca)	AH (mca)	Re	factor de fricción f
4	3,37	1432,5	28	26	0,7495	0,0305	0,1028	16944,55	0,0277
5	6,37	1432,5	28	26	0,7495	0,0305	0,1943	16944,55	0,0277
6	0,87	1146	28	26	0,5996	0,0206	0,0180	13555,64	0,0293
7	0,87	1146	28	26	0,5996	0,0206	0,0180	13555,64	0,0293
8	0,87	859,5	28	26	0,4497	0,0125	0,0109	10166,73	0,0315
9	0,87	859,5	28	26	0,4497	0,0125	0,0109	10166,73	0,0315
10	0,87	573	22	20	0,5066	0,0213	0,0186	8811,17	0,0326
11	0,87	573	22	20	0,5066	0,0213	0,0186	8811,17	0,0326
12	0,87	286,5	18	16	0,3958	0,0183	0,0159	5506,98	0,0367
13	0,87	286,5	18	16	0,3958	0,0183	0,0159	5506,98	0,0367
14	0,87	286,5	18	16	0,3958	0,0183	0,0159	5506,98	0,0367
15	0,87	286,5	18	16	0,3958	0,0183	0,0159	5506,98	0,0367
16	0,87	573	22	20	0,5066	0,0213	0,0186	8811,17	0,0326
17	0,87	573	22	20	0,5066	0,0213	0,0186	8811,17	0,0326
18	0,87	859,5	28	26	0,4497	0,0125	0,0109	10166,73	0,0315
19	0,87	859,5	28	26	0,4497	0,0125	0,0109	10166,73	0,0315
20	0,87	1146	28	26	0,5996	0,0206	0,0180	13555,64	0,0293
21	0,87	1146	28	26	0,5996	0,0206	0,0180	13555,64	0,0293
22	41,37	1432,5	28	26	0,7495	0,0305	1,2617	16944,55	0,0277
23	45,97	1432,5	28	26	0,7495	0,0305	1,4020	16944,55	0,0277

Tabla 40. Cálculo tramos 4 a 23

Las pérdidas de carga totales en el circuito primario (circuito solar) son:

- **Pérdidas en la red de tuberías: 3,2 mca.**
- **Pérdidas de carga en los captadores (1 captador en paralelo): 0,05 mca.**
- **Pérdidas de carga en los intercambiadores: 2,53 mca.**

Pérdida de carga total en el circuito primario: 6,98 mca

3.5.2.2.Circuito secundario ACS

Los elementos singulares del circuito secundario de ACS se han desglosado en la siguiente tabla, en la que se muestran las longitudes equivalentes obtenidas para cada uno de los tramos de este:

Tramo	Singularidades	Unidades	L _{Unidad} (m)	L _{Total} (m)
24	longitud de tubería	1	4,3	11,10
	Válvula de esfera	2	0,27	



		INGENIERÍA INDUSTRIAL		
	Confluencia en T ramal	1	0,5	
	Codo a 90°	6	0,96	
25	longitud de tubería	1	2,5	
	Válvula de esfera	1	0,27	
	Confluencia en T ramal	1	0,5	8,26
	Codo a 90°	4	0,96	
	Válvula de retención	1	1,15	
26	longitud de tubería	1	3,2	
	Válvula de esfera	2	0,27	
	Confluencia en T ramal	1	0,5	11,15
	Codo a 90°	6	0,96	
	Válvula de retención	1	1,15	

Tabla 41. Descomposición de elementos tramos 24 a 26

Los diámetros seleccionados, velocidad y pérdidas de carga son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	Velocidad (m/s)	AH/m (mca)	AH (mca)	Re	factor de fricción f
24	11,1	2865	42	40	0,6333	0,0133	0,1471	22027,92	0,0259
25	8,26	2865	42	40	0,6333	0,0133	0,1095	22027,92	0,0259
26	11,15	2865	42	40	0,6333	0,0133	0,1478	22027,92	0,0259

Tabla 42. Cálculo tramos 24 a 26

Las pérdidas de carga totales en el circuito secundario (circuito sistema auxiliar) son:

- **Pérdidas en la red de tuberías: 0,4 mca.**
- **Pérdidas de carga en el intercambiador: 2,23 mca.**

Pérdida de carga total en el circuito secundario 2,63 mca.

3.5.2.3. Circuito secundario Calefacción

Los elementos singulares del circuito secundario de Calefacción se han desglosado en la siguiente tabla, en la que se muestran las longitudes equivalentes obtenidas para cada uno de los tramos de este:

Tramo	Singularidades	Unidades	L _{Unidad} (m)	L _{Total} (m)
-------	----------------	----------	-------------------------	------------------------

27	longitud de tubería	1	5,2	12,00
	Válvula de esfera	2	0,27	
	Confluencia en T ramal	1	0,5	
	Codo a 90°	6	0,96	
28	longitud de tubería	1	2,3	8,06
	Válvula de esfera	1	0,27	
	Confluencia en T ramal	1	0,5	
	Codo a 90°	4	0,96	
	Válvula de retención	1	1,15	
29	longitud de tubería	1	3,8	11,75
	Válvula de esfera	2	0,27	
	Confluencia en T ramal	1	0,5	
	Codo a 90°	6	0,96	
	Válvula de retención	1	1,15	

Tabla 43. Descomposición de elementos tramos 27 a 29

Los diámetros seleccionados, velocidad y pérdidas de carga son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	Velocidad (m/s)	AH/m (mca)	AH (mca)	Re	factor de fricción f
27	12	2865	42	40	0,6333	0,0133	0,1591	22027,92	0,0259
28	8,06	2865	42	40	0,6333	0,0133	0,1068	22027,92	0,0259
29	11,75	2865	42	40	0,6333	0,0133	0,1558	22027,92	0,0259

Tabla 44. Cálculo tramos 27 a 29

Las pérdidas de carga totales en el circuito secundario (circuito sistema auxiliar) son:

- **Pérdidas en la red de tuberías: 0,42 mca.**
- **Pérdidas de carga en el intercambiador: 2,23 mca.**

Pérdida de carga total en el circuito secundario 2,65 mca.

3.5.2.4.Circuito secundario Piscina

Los elementos singulares del circuito secundario de Calefacción se han desglosado en la siguiente tabla, en la que se muestran las longitudes equivalentes obtenidas para cada uno de los tramos de este:

Tramo	Singularidades	Unidades	L _{Unidad} (m)	L _{Total} (m)
30	longitud de tubería	1	12	20,64
	Válvula de esfera	2	0,27	
	Confluencia en T ramal	1	0,5	
	Codo a 90°	8	0,96	
31	longitud de tubería	1	2,1	6,98
	Válvula de esfera	3	0,27	
	Confluencia en T ramal	2	0,5	
	Codo a 90°	2	0,96	
	Válvula de retención	1	1,15	
32	longitud de tubería	1	11,7	20,42
	Válvula de esfera	2	0,27	
	Confluencia en T ramal	1	0,5	
	Codo a 90°	8	0,96	

Tabla 45. Descomposición de elementos tramos 30 a 32

Los diámetros seleccionados, velocidad y pérdidas de carga son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)	D _{ext} (mm)	D _{int} (mm)	Velocidad (m/s)	AH/m (mca)	AH (mca)	Re	factor de fricción f
30	20,64	3200	42	40	0,7074	0,0161	0,3320	24603,61	0,0252
31	6,98	3200	42	40	0,7074	0,0161	0,1123	24603,61	0,0252
32	20,42	3200	42	40	0,7074	0,0161	0,3285	24603,61	0,0252

Tabla 46. Cálculo tramos 30 a 32

Las pérdidas de carga totales en el circuito secundario de la piscina son:

- **Pérdidas en la red de tuberías: 0,77 mca.**
- **Pérdidas de carga en el intercambiador: 1,25 mca.**

Pérdida de carga total en el circuito secundario 2,02 mca.

3.5.2.5. Circuito terciario ACS y Calefacción

Este circuito es el de abastecimiento a las viviendas, en nuestro caso no entraremos en el cálculo de las derivaciones individuales, solo se calculará la parte de esta que está dentro de nuestra instalación.

Para que los consumos sean medibles entre las diferentes viviendas del edificio se colocarán contadores de kilocalorías en la entrada a cada vivienda para así poder diferenciar los gastos de cada vivienda.

3.6. BOMBAS DE CIRCULACIÓN

Para el dimensionado de las bombas de circulación es necesario saber:

- El caudal
- Pérdida de carga en la instalación

La bomba adecuada se obtiene buscando el punto de funcionamiento del sistema en el gráfico de la curva característica dada por el fabricante. Así se podrá comprobar si el sistema funcionará correctamente o si será necesario instalar una válvula para equilibrar el grupo.

3.6.1. Grupo de bombeo del circuito primario

Para el circuito primario de la instalación, correspondiente al circuito solar los valores de caudal y pérdidas de carga son:

- **Caudal:** $Q = 2865 \text{ l/h} = 0.8 \text{ l/sg}$
- **Pérdida de carga:** $\Delta H = 6,98 \text{ mca}$

Para estos datos de caudal y pérdida de carga se ha seleccionado el grupo de bombeo de la casa GRUNFOS, modelo UPS 32-100 F220, el cual la curva característica de la bomba es la que se muestra a continuación:

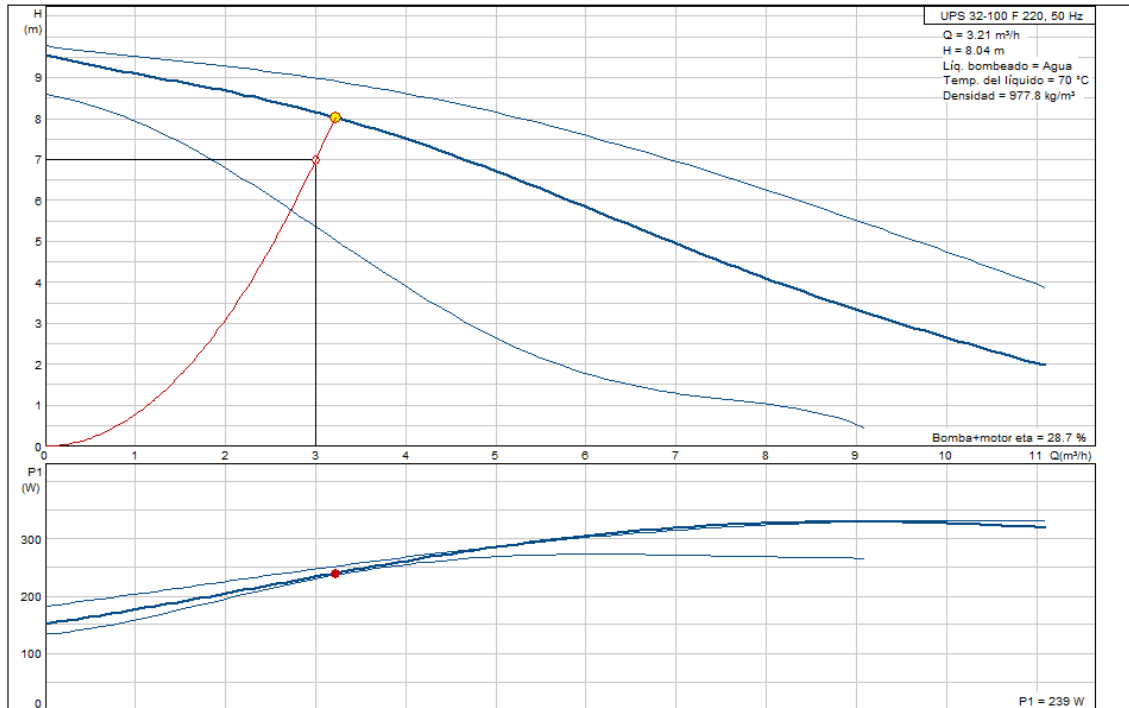


Figura 25. Curva característica de la bomba del circuito primario

3.6.2. Grupo de bombeo del circuito secundario de ACS

Para el circuito secundario, correspondiente al circuito de intercambio de ACS de la instalación, los valores de caudal y pérdidas de carga son:

- Caudal: $Q = 2865 \text{ l/h} = 0,8 \text{ l/sg}$
- Pérdida de carga: $\Delta H = 2,63 \text{ mca}$

Para estos datos de caudal y pérdida de carga se ha seleccionado el grupo de bombeo de la casa GRUNFOS, modelo UPS 25-120 180, el cual la curva característica de la bomba es la que se muestra a continuación:

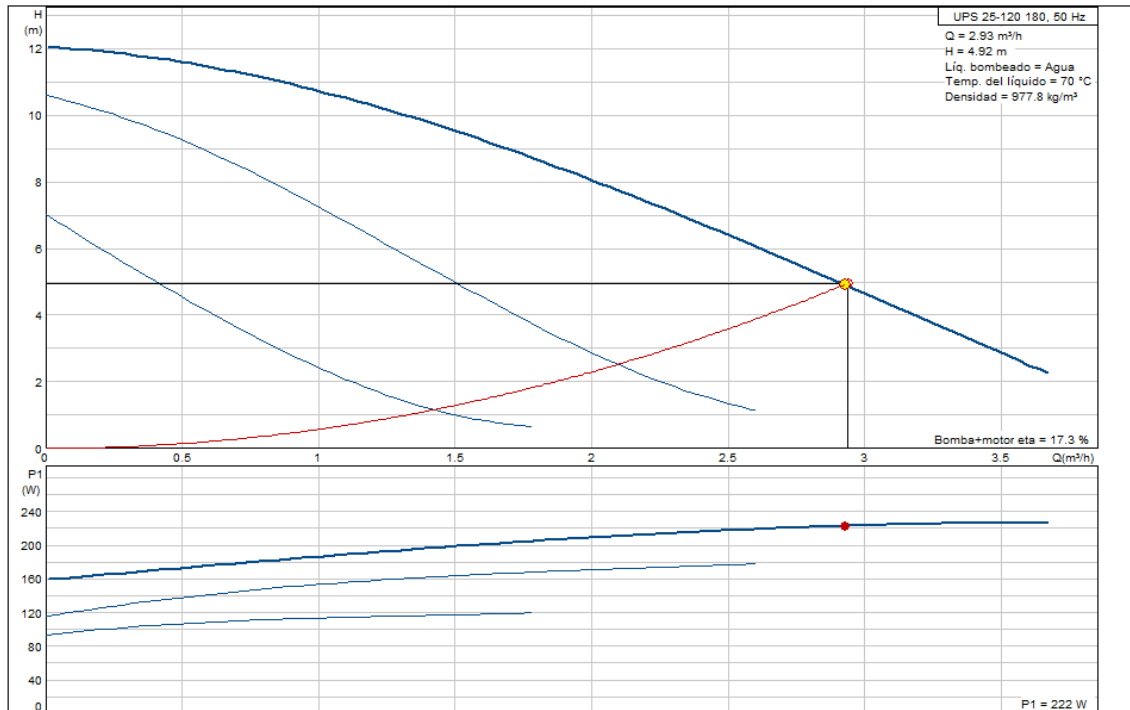


Figura 26. Curva característica de la bomba del circuito secundario de ACS

3.6.3. Grupo de bombeo del circuito secundario de Calefacción

Para el circuito secundario, correspondiente al circuito de intercambio de Calefacción de la instalación, los valores de caudal y pérdidas de carga son:

- Caudal: $Q = 2865 \text{ l/h} = 0,8 \text{ l/sg}$
- Pérdida de carga: $\Delta H = 2,65 \text{ mca}$

Para estos datos de caudal y pérdida de carga se ha seleccionado el grupo de bombeo de la casa GRUNFOS, modelo UPS 25-120 180, el cual la curva característica de la bomba es la que se muestra a continuación:

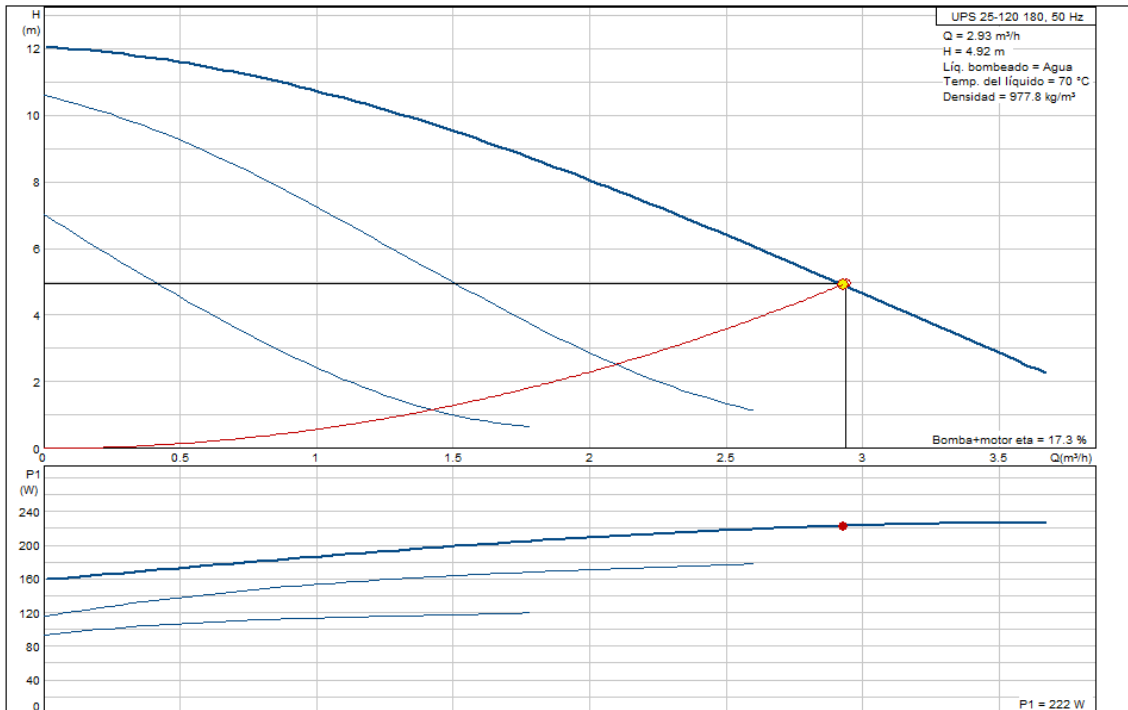


Figura 27. Curva característica de la bomba del circuito secundario de calefacción

3.6.4. Grupo de bombeo del circuito secundario de Piscina

Para el circuito secundario, correspondiente al circuito de intercambio de la Piscina de la instalación, los valores de caudal y pérdidas de carga son:

- Caudal: $Q = 3200 \text{ l/h} = 0,89 \text{ l/sg}$
- Pérdida de carga: $\Delta H = 2,02 \text{ mca}$

Para estos datos de caudal y pérdida de carga se ha seleccionado el grupo de bombeo de la casa GRUNFOS, modelo UPS 25-120 180, el cual la curva característica de la bomba es la que se muestra a continuación:

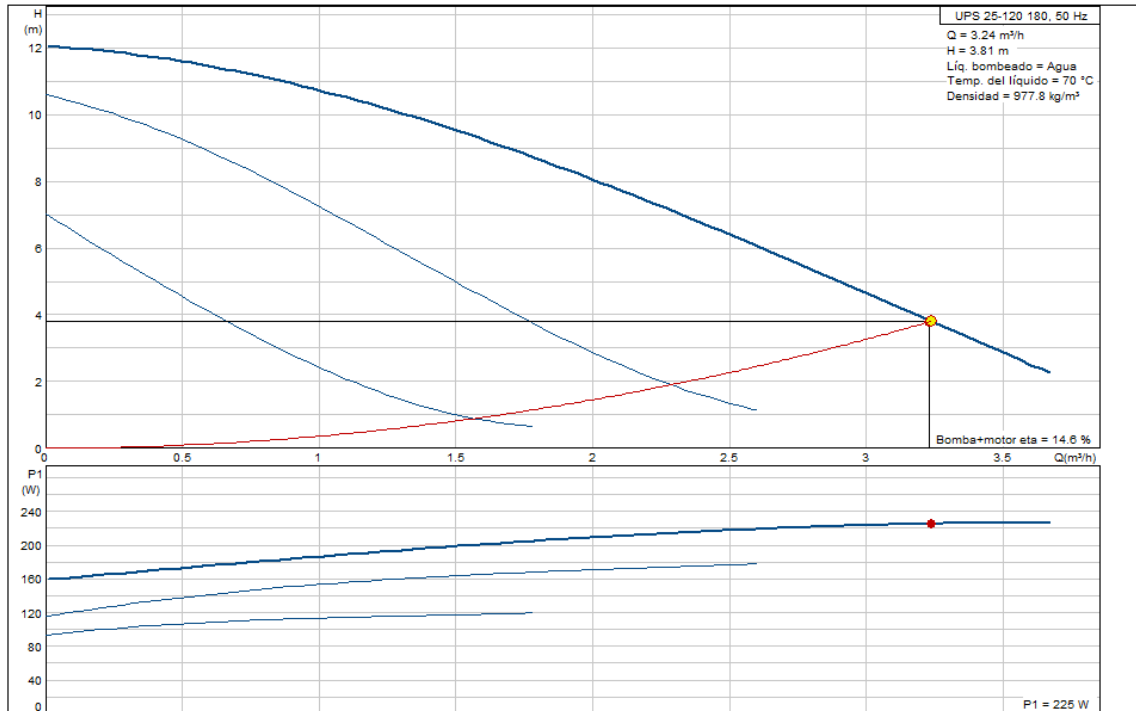


Figura 28. Curva característica de la bomba del circuito secundario de piscina



Figura 29. Bomba de circulación GRUNFOS

3.7. VASOS DE EXPANSIÓN

La capacidad del depósito de expansión ha de valorarse conociendo el volumen total de agua en la instalación (central de producción de caliente o fría, emisores, unidades terminales, tuberías,...) y ha de ser suficiente para absorber el aumento de volumen de agua que se origina cuando ésta se calienta. En ellos, al elevarse la temperatura del agua y, por tanto la presión, ésta presiona la membrana, y el nitrógeno de la cámara se comprime hasta quedar equilibradas las presiones.

Para la determinación de la capacidad del vaso de expansión se debe tener en cuenta dos aspectos:

- Volumen total de la instalación.
- K: coeficiente de dilatación del fluido.

Se colocará depósito de expansión en el circuito cerrado de captadores del que dispone la instalación, en el circuito primario (solar).

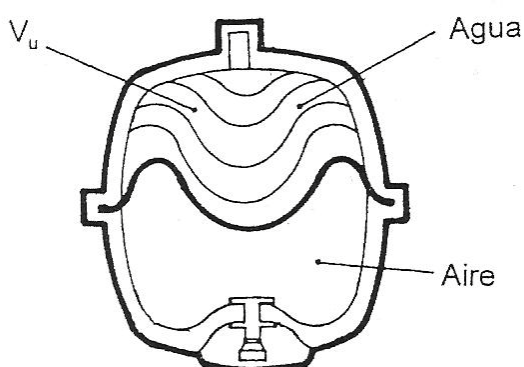


Figura 30. Vaso de expansión

El volumen total de la mezcla de propilenglicol más agua en el circuito primario será:

$$V_{\text{Total}} = V_{\text{Tuberías}} + V_{\text{Captadores}} + V_{\text{Intercambiadores}}$$

El volumen total de fluido en las tuberías es de:

$$V_{\text{Tuberías}} = 156 \text{ litros}$$

El volumen total de fluido en los captadores es de:

$$V_{\text{Captadores}} = 50 \cdot 1,3 = 65 \text{ litros}$$

El volumen total en los intercambiadores es de:

$$V_{\text{Intercambiadores}} = 61 \text{ litros}$$

Por lo que el volumen total de fluido en el circuito primario es:

$$V_{\text{Total}} = 282 \text{ litros}$$

Para hallar el volumen del vaso de expansión del circuito primario debemos obtener el factor de presión F_p , el cual se define por la expresión:

$$F_p = \frac{p_f - p_i}{p_f}$$

Donde:

- p_f : presión máxima de trabajo (6 bar)
- p_i : presión absoluta de la altura manométrica (3 bar)

$$F_p = 0,5$$

El coeficiente K de dilatación del fluido es:

$$K_{\text{Mezcla}} = K_{\text{agua}} \cdot 1,2 = 0,43$$

El coeficiente de dilatación del agua se ha obtenido del siguiente gráfico para una temperatura de 90°C:

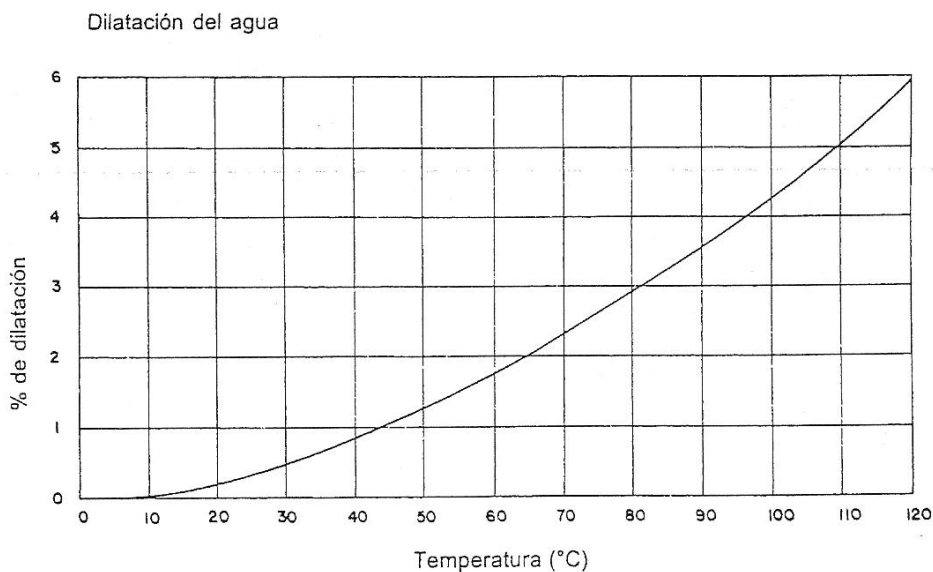


Figura 31. Dilatación del agua en función de la Tª

El volumen del vaso de expansión queda:

$$V = \frac{K}{100} \cdot V_T \cdot 1/F_p = \frac{4,3}{100} \cdot 282 \cdot \frac{1}{0,5} = 24,25 \text{ litros} \approx 25 \text{ litros}$$

El vaso que más se ajusta a nuestras necesidades es de 35 litros, por lo se ha seleccionado un vaso de expansión de la marca Salvador Escoda, modelo 35 SMR-P de membrana intercambiable.

La Presión nominal de trabajo del vaso de expansión será de 6 bar, no debiendo superar esta en ningún momento.

El vaso de expansión se colocará en la aspiración del grupo de bombeo, tal y como establece el CTE DB-HE 4.

3.8. AISLAMIENTO DE LAS TUBERÍAS

El aislamiento no ha de dejar zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

La elección del aislamiento viene determinada por varios factores, entre los que destacan:

- Bajo coeficiente de conductividad térmica.
- Precio bajo (incluida la instalación).
- Colocación relativamente sencilla.
- Gama de temperatura adecuada.
- Ser ignífugo.
- No ser corrosivo para las superficies con las que estará en contacto.
- Ser estable y no enmohecerse.
- Resistencia mecánica buena.
- Peso específico reducido.



Las conducciones hidráulicas se aislarán con coquilla de caucho e irán protegidas con pintura de cloro-caucho. El aislamiento será espuma elastomérica, ArmaFlex, tanto en las tuberías exteriores como en las interiores. Las características de la espuma elastomérica son:

- Temperatura límite: 105°C
- Corrosión: No
- Ignífugo: Auto extingüibles
- Resistencia mecánica: Media
- Resistencia al agua: Muy buena
- Peso específico: 60 Kg/m³
- Coeficiente de conductividad (a 20°C): 0,035 W/m^{°k}

Puesto que la conductividad térmica del aislante es de 0,035 W/m^{°k}, el espesor mínimo se calcula utilizando las relaciones del Apéndice 03.1 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE):

$$\frac{\text{Ln} \frac{D_i + 2e}{D_i}}{\lambda} = \frac{\text{Ln} \frac{D_i + 2e_{ref}}{D_i}}{\lambda_{ref}}$$

Donde:

- D_i : Diámetro interior del aislante (diámetro del conducto).
- λ : Conductividad del aislante (0.035 W/m^{°k}).
- λ_{ref} : Conductividad de referencia (0.04 W/m^{°k})
- e_{ref} : Espesor de referencia (Tablas Apéndice 3.1)
- e : Espesor de aislante (mm)

Despejando la expresión anterior queda:

$$e = \frac{D_i}{2} \left[\exp \left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \text{Ln} \frac{D_i + 2e_{ref}}{D_i} \right) - 1 \right]$$

Espesor para tuberías en interiores de diámetro exterior ≤ 42 mm: 20 mm

Espesor para tuberías en exteriores de diámetro exterior ≤ 40 mm: 30 mm

3.9. SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR

Debido a la inclinación actual por los sistemas individuales en las comunidades de vecinos, se ha optado por una solución intermedia entre un sistema de generación solar centralizado y un sistema de energía auxiliar individual, aunando sus ventajas para satisfacer mejor las necesidades individuales de cada vivienda.

El sistema estará conectado en línea con las líneas de ACS y Calefacción y será capaz de modular para aprovechar lo mejor posible la energía procedente del sistema solar.

El sistema de aporte de energía, dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con la legislación vigente en cada momento referente a la prevención y control de legionelosis.

La caldera seleccionada es una caldera mural Marca VISSMAN Modelo VITODENS 200-W modulante entre 4,8 y 35 KW.



Tabla 32. Caldera mural de condensación VISSMAN

3.10. SISTEMA DE CONTROL

El objeto fundamental de los sistemas de regulación y control es optimizar el rendimiento de la instalación y evitar que ésta alcance condiciones extremas que puedan provocar averías, por lo tanto su cometido será el de actuar sobre el funcionamiento de:

- Bombas de circulación.
- Activación del sistema antiheladas.
- Control de temperatura máxima en acumulador.

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.

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.

El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura de 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 - nada, bombas de circulación, o por combinación de varios mecanismos

3.10.1. Elementos del sistema de control

Los tres elementos principales de un sistema de regulación y control son:

- **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 variable controlada y el punto de consigna. Pueden ser termostatos o reguladores proporcionales.
- **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 energía. Pueden ser relés, contactores, válvulas de control, etc.

3.10.2. Funciones del sistema de control

El sistema de control se le asociará unas entradas, para cada una de las cuales este debe depurarlas y estar programado para responder a ellas con unas salidas a sus relés correspondientes.

El sistema debe impedir que las bombas del circuito primario (circuito solar) estén en funcionamiento en las horas en que la irradiación no es suficiente para calentar los colectores solares, es decir, por la noche y días en los que los valores de radiación sean muy bajos, esto se realizará con el control diferencial mencionado en el apartado anterior.

En la instalación irá colocado un sensor de radiación, el sistema de control llevará un seguimiento de los valores obtenidos de radiación por el sensor para poder ser analizados en cualquier momento.

Para el control de la instalación se colocarán 9 sondas de temperatura las cuales irán colocadas en los siguientes puntos:

- 1) En la salida de los captadores.
- 2) En las salidas de las bombas del circuito primario (circuito solar).
- 3) En el depósito de acumulación solar.



- 4) En el depósito de acumulación de calefacción.
- 5) En la piscina.
- 6) En la entrada del agua de red.
- 7) En la salida del acumulador de ACS.
- 8) En la salida del acumulador de Calefacción.
- 9) En la salida del intercambiador de la piscina.

El sistema de control actuará sobre las siguientes salidas:

- 1) Bombas del circuito primario (circuito solar).
- 2) Electroválvulas de alternancia de sistemas.
- 3) Bombas del circuito secundario de ACS, calefacción y piscina.

En los planos correspondientes está indicada la situación de cada una de ellas.

Para esquematizar el funcionamiento del sistema se han nombrado las entradas y salidas como:

- **E1:** Tª salida de los captadores.
- **E2:** Tª salida de las bombas del circuito primario.
- **E3:** Tª acumulador de ACS.
- **E4:** Tª acumulador de Calefacción.
- **E5:** Tª piscina.
- **E6:** Tª agua red.
- **E7:** Tª salida ACS.
- **E8:** Tª salida Calefacción.
- **E9:** Tª impulsión piscina.
- **S1:** bomba del circuito primario.
- **S2:** válvula de 3 vías entrada a ACS.
- **S3:** bomba circuito ACS.
- **S4:** válvula 3 vías entrada a Calefacción.
- **S5:** bomba circuito calefacción.
- **S6:** válvula 3 vías salida de calefacción.
- **S7:** válvula 3 vías salida de piscina.
- **S8:** bomba circuito piscina.

En el siguiente diagrama de flujo se muestra la acción que realizará el sistema de control en función de la entrada recibida:

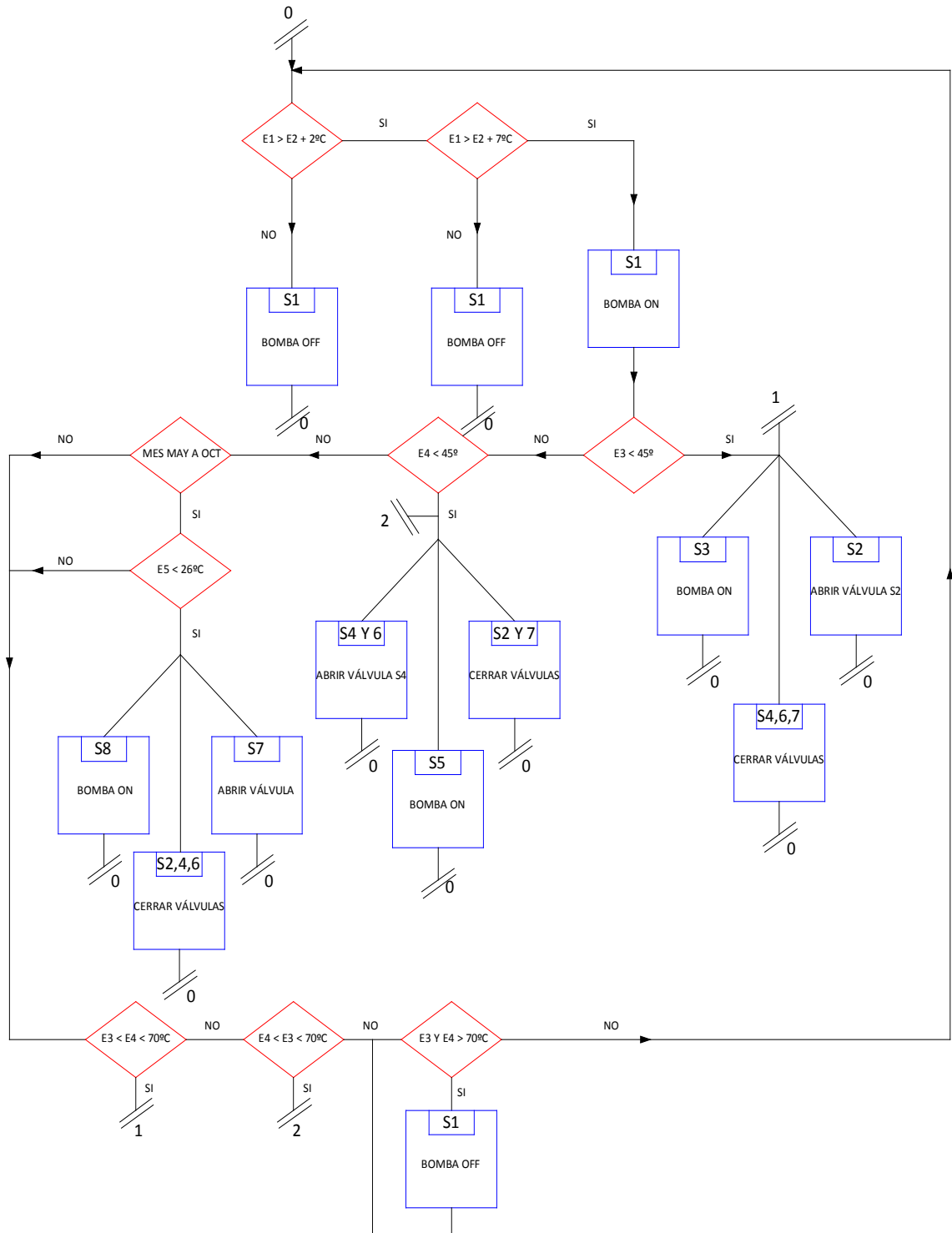


Figura 33. Diagrama de flujo del sistema de control

3.10.3. Sistema de medida

Además de los aparatos de medida de presión y temperatura que permitan la correcta operación, para el caso de nuestra instalación, al tener una superficie de captación mayor de 20 m² como se establece en el CTE, se ha de disponer de un sistema analógico de medida local y registro de datos que indique como mínimo las siguientes variables:

- a) Temperatura de entrada del agua fría de la red.
- b) Temperatura de salida del acumulador solar.
- c) Caudal de agua fría de red.

En nuestro caso el sistema de control lleva integrada esta función por lo que el sistema de medida está integrado en el sistema de regulación y control.

3.10.3.1. Elementos del sistema de medida

La función de sistema de medida en la instalación la tiene integrada el sistema de regulación y control, el cual es el encargado de la adquisición y almacenamiento de los datos para su anotación y retransmisión.

Se colocarán sondas de temperaturas y caudalímetros con el fin de medir y controlar tanto el sistema solar como el sistema de energía solar.

Se colocarán sondas de temperaturas en los siguientes puntos:

1. En la entrada de agua fría de la red del sistema de ACS.
2. En la salida de los acumuladores de ACS y Calefacción.
3. En la salida de las bombas circuladoras del sistema solar.
4. En la salida del intercambiador de la piscina.
5. En la salida de los colectores.

Se colocará un caudalímetro en la entrada de agua fría de la red como se indica en el CTE.

3.11. SISTEMAS VARIOS

3.11.1. Purgadores y Drenaje

Se dispondrá de un sistema sistemas de purga en los puntos más altos de los circuitos primario y secundario de la instalación y en las salidas de cada batería de captadores con el fin de garantizar que no quede aire dentro de ellos que pueda causar corrosión.

El volumen útil del botellín de desaireación será de 15 cm³ por m² de colector, lo que en nuestro caso equivale a un volumen útil de al menos 1432,5 cm³.

El purgador irá instalado en el sistema de protección contra sobrecalentamientos descrito posteriormente.

Los purgadores instalados serán manuales.

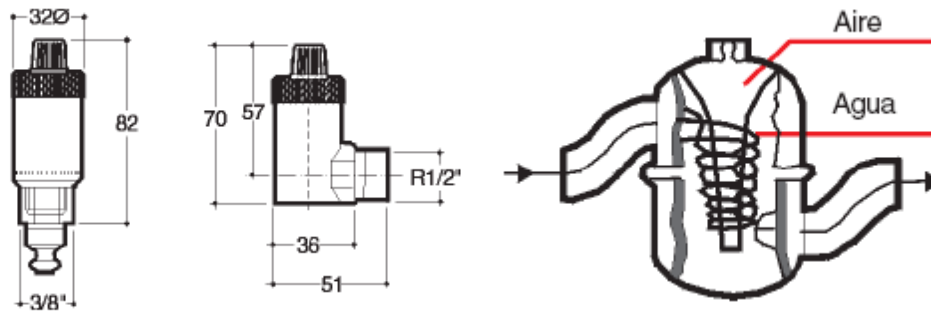


Figura 34. Purgador y desaireador respectivamente

3.11.2. Sistema de llenado

Se incorporará un sistema de llenado automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. Dicho sistema de llenado se llevará a cabo con la inclusión de un depósito de recarga u otro dispositivo, de forma que nunca se utilice directamente un fluido para el circuito primario cuyas características incumplan una concentración de anticongelante más baja.

En cualquier caso, también estará previsto el relleno manual del mismo.

Nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red únicamente; ya que, sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito. Además, se producirían riesgos de heladas.

Para disminuir los riesgos de fallos se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados y la entrada de aire que pueda aumentar los riesgos de corrosión originados por el oxígeno del aire.

3.11.3. Sistema de protección frente a sobrecalentamientos

Si se el fluido caloportador del sistema solar entra en ebullición se corre el riesgo de tener incrustaciones o incluso el vaciado total o parcial de circuito solar con las consiguientes pérdidas que esto ocasiona.

La protección del sistema solar contra sobrecalentamientos se puede realizar mediante varios métodos:

1. Usar un fluido orgánico de alto punto de ebullición. Tenemos el inconveniente del alto coste del mismo.
2. Realizar un circuito capaz de resistir la presión máxima previsible.
3. Limitar la presión, se puede lograr mediante dos métodos, el primero es colocando una válvula de descarga la cual irá colocada en la parte superior del circuito, el segundo método (vaciado parcial automático) tiene la misma filosofía pero en vez de colocar la válvula en la parte superior se coloca en la parte inferior del circuito por lo que se evacua el fluido líquido a un recipiente donde será recuperado por una bomba de llenado.
4. Evitando que los colectores reciban la totalidad del flujo solar durante las horas de más radiación en verano.
5. Colocando un disipador de calor que sea capaz de disipar el excedente de calor

La protección frente a sobrecalentamientos se hará mediante disipadores de calor, elementos sin componentes eléctricos, los cuales se encargan de expulsar es

excedente de energía en las horas de mayor radiación o cuando la demanda de energía es muy pequeña.

3.11.3.1. Descripción de la protección

Se ha considerado la temperatura de 90°C como las condiciones límite de funcionamiento de un sistema de energía solar térmica con colectores planos. El sistema se compone de:

- Válvula de 4 vías termostática con separador ciclónico de aire y tubo de bypass.
- Intercambiador de calor de cobre aleteado en baterías de 6 tubos.
- Válvula de retención.

Permite tres diferentes posibilidades de funcionamiento:

- **Funcionamiento normal:**

El fluido caloportador pasa, exclusivamente, por el campo de colectores. La válvula de retención impide la circulación a través del intercambiador de calor. Con temperaturas inferiores a 90°C la válvula abre el paso de agua a la instalación y mantiene cerrada la vía hacia el intercambiador de calor.

FUNCIONAMIENTO NORMAL:

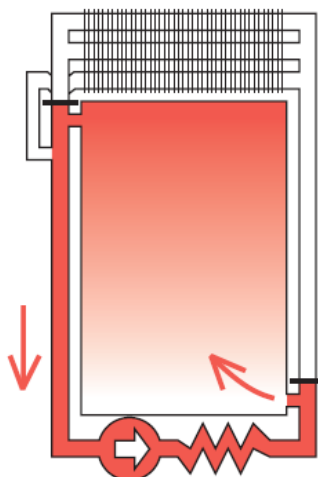


Figura 35. Funcionamiento normal del sistema

- **Disipación parcial con bomba (baja demanda térmica):**

En épocas de gran aportación solar y baja demanda de calor, situación típica del verano, y cuando la temperatura de salida de los colectores se sitúa en torno a los 90°C, la válvula inicia la apertura de la vía hacia el disipador y se produce el enfriamiento del fluido. A partir de éste momento, la válvula dará mayor ó menor paso hacia el disipador, en función de la temperatura de salida. El tubo de by-pass desempeña el papel de retorno del intercambiador de calor. A mayor temperatura, mayor sección de salida hacia el intercambiador y menor de paso a la instalación, e inversamente. El doble émbolo de la válvula se posicionará automáticamente, manteniendo en todo momento la temperatura límite consignada, 90°C.

DISIPACIÓN NORMAL CON BOMBA
(BAJA DEMANDA ENERGÉTICA):

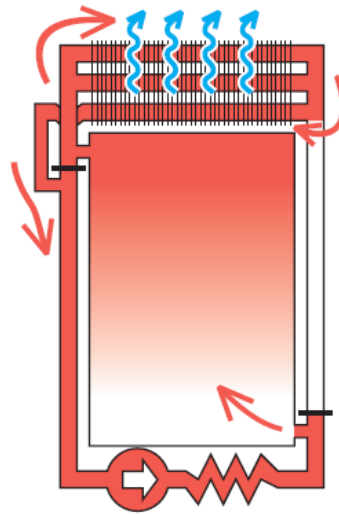


Figura 36. Funcionamiento con baja demanda

- **Disipación por gravedad (paro de la bomba):**

Cuando se desconecta el grupo electrobomba (avería, interrupción del suministro eléctrico, ausencia por vacaciones en centros escolares, etc..) rápidamente, el fluido de los colectores alcanza la temperatura máxima de consigna, 90°C. La válvula de retención, que en reposo está siempre abierta, en el momento

que la bomba deja de funcionar, se establece, automáticamente, la circulación por gravedad, **TERMOSIFÓN**, entre la ida del colector, el tubo de by-pass y el retorno del colector. El agua circula por el tubo de by-pass en sentido contrario y transmite al sensor de la válvula la temperatura más alta del fluido. La válvula abre la vía hacia el intercambiador y éste enfriará en la totalidad de su superficie. Como en el caso anterior, la válvula se posicionará automáticamente limitando el salto térmico, aproximado, de 60°C , entre el fluido de los colectores y la temperatura ambiente. El agua fría de retorno del intercambiador, de mayor peso específico que la caliente de los colectores, genera la presión suficiente para establecer la circulación del fluido, con lo que la disipación se regula sin más energía que la debida a la gravedad.

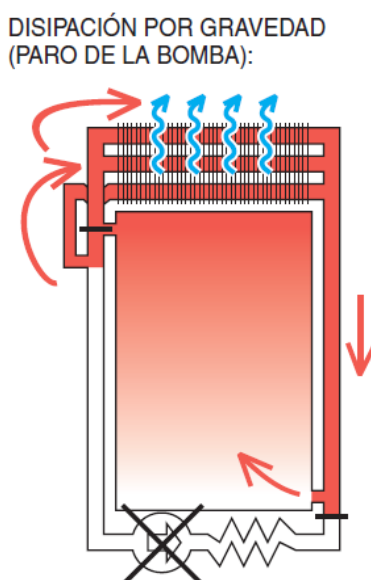


Figura 37. Funcionamiento con paro de bomba

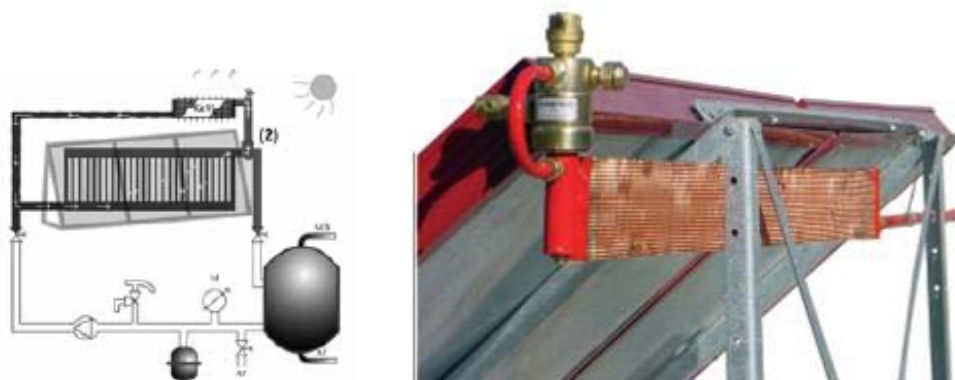


Figura 38. Sistema de protección frente a sobrecalentamientos

3.11.3.2. Elección del sistema de protección

Se ha seleccionado un sistema de la marca ESCOSOL, modelo DISIP 6 S 4000W de 2000 mm de longitud.

Se colocarán 5 baterías de disipación de 4000W en serie por cada fila de captadores, en total suman 10 baterías de disipación de 4000W cada una.

Este sistema de disipación se ha elegido por ser el más eficaz y más autónomo de los sistemas de prevención de sobrecalentamientos, además también protege a la instalación frente a saltos térmicos y sobrepresiones que pudieran causar la avería de la instalación.

3.11.4. Sistema de protección frente a heladas

El sistema de protección frente a heladas lo realiza el fluido de trabajo que es una mezcla de propilenglicol más agua (como se muestra en el apartado relativo al mismo) que resulta suficiente dado que nos encontramos en una zona en que el riesgo de heladas es pequeño y la temperatura mínima histórica no es muy baja. Por ello no se hace necesario ningún sistema de prevención auxiliar frente a heladas.

3.11.5. Estructura soporte

La estructura soporte de colectores deberá resistir, con los colectores instalados, las sobrecargas de viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el CTE en sus Documentos Básicos "DB-SE Seguridad Estructural", "DB-SE-AE Acciones en la Edificación".

El diseño y construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores permitirá las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o el circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador será suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa adecuada, de forma que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante.

3.11.5.1. Elección de la estructura soporte

Para la colocación de los captadores solares planos se ha elegido una estructura soporte de la marca CONERGY. Calculada y diseñada por los mismos fabricantes que los captadores capaz de soportar las acciones exteriores de la zona.

Las características de esta estructura soporte se describen a continuación.

Perfiles laminados en L de acero galvanizado capaces de soportar las acciones climatológicas exteriores y resistentes a la corrosión del ambiente.

Regulación de diferentes ángulos de inclinación (15° , 35° y 45°), permitiendo la inclinación óptima para la instalación.

Diseñada para alojar una botería de tantos captadores solares como se desee.

La estructura quedará montada y anclada sobre tejado con los elementos que proporciona el fabricante y con una inclinación de 15° sobre el plano del tejado.

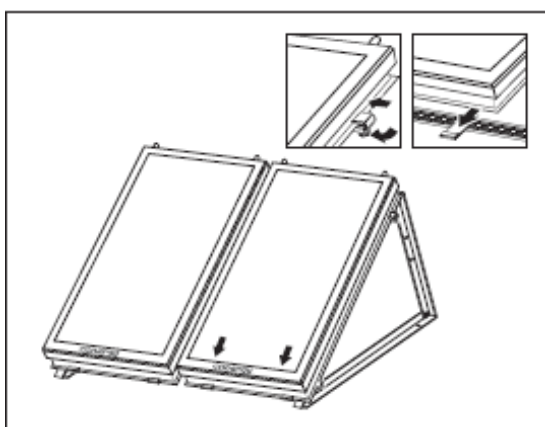


Figura 39. Estructura soporte de los colectores solares



4. ANEXO 1: PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1: SISTEMA DE CAPTACIÓN

CANT.	Ud.	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
50	Ud.	Captador solar marca CONERGY modelo F6000 Captador solar plano de alta tecnología modelo F6000 marca CONERGY. Captador solar con recubrimiento selectivo de titanio, junta EPDM, tratamiento antirreflexivo, rendimiento óptico de 84,9% y coeficiente de pérdidas k1: 3.656 W/m2-K y k2: 0.026W/m2-K2 . Superficie colectora de 1.91 m2 para el montaje vertical y con sistema de conexionado entre colectores; captador con accesorios para la colocación sobre cubierta y para su conexionado hidráulico, fabricado con materiales de calidad y resistentes a la corrosión e intemperie. Captador Solar homologado en España y Alemania, y con el certificado de calidad del Instituto SPF en Rapperswil (Suiza). Conexionado en paralelo en baterías de 5 componentes. Totalmente instalado conexionado y comprobado en obra	2.054,68	102.734,17
50	Ud.	Estructura metálica marca CONERGY Estructura metálica marca CONERGY para montaje de captadores solares sobre tejado inclinado, sencillas de montar, con piezas en acero inoxidable y kit de fijación a tejado, comprobadas estáticamente. Resistentes a la corrosión y permiten unas inclinaciones de 15, 25 y 45°. Totalmente instaladas, conexionadas y comprobadas en obra	195,83	9.791,45
Total capítulo 1=			112.525,62 €	

CAPÍTULO 2: SISTEMA DE ACUMULACIÓN

CANT.	Ud.	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
1	Ud.	Acumulador marca IDROGAS Mod. IMV 2000 RB Acumulador solar para el servicio de a.c.s, marca IDROGAS Mod.2000 RB. Fabricados en ACERO CON REVESTIMIENTO EPÓXICO de calidad alimentaria serie IMV. Destinados a funciones de producción y acumulación de ACS para instalaciones de gran consumo individuales, centralizadas o industriales. Sus características constructivas, temperaturas de trabajo y capacidad de intercambio, los hacen especialmente indicados para las instalaciones de ENERGÍA SOLAR TÉRMICA. Instalado, conexionado y comprobado en obra	2.904,51	2.904,51
1	Ud.	Acumulador marca IDROGAS Mod. IMV 5000 RB		



Acumulador solar para el servicio de a.c.s, marca IDROGAS Mod. 5000 RB. Fabricados en ACERO CON REVESTIMIENTO EPÓXICO de calidad alimentaria serie IMV. Destinados a funciones de producción y acumulación de ACS para instalaciones de gran consumo individuales, centralizadas o industriales. Sus características constructivas, temperaturas de trabajo y capacidad de intercambio, los hacen especialmente indicados para las instalaciones de ENERGÍA SOLAR TÉRMICA. Instalado, conexionado y comprobado en obra

5.614,43 5.614,43

Total capítulo 2= 8.518,94 €

CAPÍTULO 3: SISTEMA DE INTERCAMBIO

CANT.	Ud.	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
282	L	Fluido anticongelante (propilenglicol)		
		Fluido anticongelante, propilenglicol, no tóxico para instalaciones de energía solar con eficaces inhibidores de la corrosión y el envejecimiento. La mezcla que llevará el circuito será de un 27 % en peso de propilenglicol en la mezcla, para soportar temperaturas de hasta - 11°C. Mezclado, vertido y comprobado en el circuito primario.		
			3,50	987,00
2	Ud.	Intercambiador marca ALFA LAVAL Mod. M3FG de 35 placas		
		Intercambiador marca ALFA LAVAL Mod. M3FG de 35 placas. Caudal del 1º de 4800 l/h y del 2º 4800 l/h. Potencia de intercambio de 45600 kcal/h. Funcionamiento en contracorriente y de placas desmontables. Totalmente instalado, conexionado y probado en obra.		
			938,75	1.877,49
1	Ud.	Intercambiador marca ALFA LAVAL Mod. M3FG de 17 placas		
		Intercambiador marca ALFA LAVAL Mod. M3FG de 17 placas. Caudal del 1º de 4800 l/h y del 2º 3200 l/h. Potencia de intercambio de 45600 kcal/h. Funcionamiento en contracorriente y de placas desmontables. Totalmente instalado, conexionado y probado en obra.		
			580,95	580,95

Total capítulo 3= 3.445,44 €

CAPÍTULO 4: CIRCUITO HIDÁULICO



CANT.	Ud.	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
12,3	ml	Tubería de cobre sanitario de 18 mm Tubería de cobre sanitario de 18 mm de diámetro exterior y 16 mm de interior para soldar, codos, té, manguitos, válvulas, etc... Totalmente instalada conexionada y comprobada en obra	10,05	123,62
15,3	ml	Tubería de cobre sanitario de 22 mm Tubería de cobre sanitario de 22 mm de diámetro exterior y 20 mm de interior para soldar, codos, té, manguitos, válvulas, etc... Totalmente instalada conexionada y comprobada en obra	11,45	175,19
103,8	ml	Tubería de cobre sanitario de 28 mm Tubería de cobre sanitario de 28 mm de diámetro exterior y 26 mm de interior para soldar, codos, té, manguitos, válvulas, etc... Totalmente instalada conexionada y comprobada en obra	11,77	1.221,73
10,5	ml	Tubería de cobre sanitario de 35 mm Tubería de cobre sanitario de 35 mm de diámetro exterior y 32 mm de interior para soldar, codos, té, manguitos, válvulas, etc... Totalmente instalada conexionada y comprobada en obra	14,17	148,79
226,9	ml	Tubería de cobre sanitario de 42 mm Tubería de cobre sanitario de 42 mm de diámetro exterior y 40 mm de interior para soldar, codos, té, manguitos, válvulas, etc... Totalmente instalada conexionada y comprobada en obra	16,50 €	3.743,25
5	Ud.	Válvula de esfera 18 mm Válvula de esfera de 18 mm con cuerpo fabricado en latón, cromada y diamantada, anillos de teflón para estanqueidad de la esfera, anillo tórico y arandela de teflón para estanqueidad del eje. Temperatura máxima de utilización 140°C y presión máx. de 10 bar. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	5,63	28,15
6	Ud.	Válvula de esfera 22 mm Válvula de esfera de 22 mm con cuerpo fabricado en latón, cromada y diamantada, anillos de teflón para estanqueidad de la esfera, anillo tórico y arandela de teflón para estanqueidad del eje. Temperatura máxima de utilización 140°C y presión máx. de 10 bar. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	7,41	44,46

8	Ud. Válvula de esfera 28 mm	Válvula de esfera de 28 mm con cuerpo fabricado en latón, cromada y diamantada, anillos de teflón para estanqueidad de la esfera, anillo tórico y arandela de teflón para estanqueidad del eje. Temperatura máxima de utilización 140°C y presión máx. de 10 bar. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	10,29	82,32
4	Ud. Válvula de esfera 35 mm	Válvula de esfera de 35 mm con cuerpo fabricado en latón, cromada y diamantada, anillos de teflón para estanqueidad de la esfera, anillo tórico y arandela de teflón para estanqueidad del eje Temperatura máxima de utilización 140°C y presión máx. de 10 bar. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	14,02	56,08
26	Ud. Válvula de esfera 42 mm	Válvula de esfera de 42 mm con cuerpo fabricado en latón, cromada y diamantada, anillos de teflón para estanqueidad de la esfera, anillo tórico y arandela de teflón para estanqueidad del eje Temperatura máxima de utilización 140°C y presión máx. de 10 bar. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	17,05	443,22
7	Ud. Válvula de retención	Válvula de retención de clapeta oscilante para eliminar la posibilidad de flujos inversos en la instalación. Temperatura máxima de utilización 140°C y presión máx. de 10 bar. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra	8,12	56,84
4	Ud. Válvula de seguridad	Válvula de seguridad de resorte con cuerpo de latón, cromada y diamantada. Apta pa instalaciones de ACS. Temperatura máxima de utilización 140°C y tarada a una presión de 6 bar. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	15,46	61,84
3	Ud. Válvula mezcladora 28mm	Válvula termostática o mezcladora para tubería de 28 mm apta para instalaciones de ACS, con escala regulable de temperatura (35-50°C), bloqueo automático en caso de falta de agua fría. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	73,69	221,07
10	Ud. Manómetro de aguja	Manómetro de aguja con escala de 0 a 15 bar . Totalmente instalado, conexionado y comprobado en obra.	7,42	74,20
1	Ud. Bomba marca GRUNDFOS modelo UPS 32-100 F220	Bomba de la casa GRUNDFOS modelo UPS 32-100 F220. Altura 10 mca con cuerpo de fundición, impulsor compuesto (PES/PP), con presión máxima de trabajo de 10 bar y temperatura máxima de fluido de 110°C.Eje y cojinetes radiales de crámica, cojinete axial de carbono, camisa de rotor y placa soporte de acero inoxidable. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	664,4689	664,47



3 Ud. **Bomba marca GRUNDFOS modelo UPS 25-120 180**

Bomba de la casa GRUNDFOS modelo UPS 25-120 180. Altura 12 mca con cuerpo de fundición, impulsor compuesto (PES/PP), con presión máxima de trabajo de 10 bar y temperatura máxima de fluido de 110°C. Eje y cojinetes radiales de cerámica, cojinete axial de carbono, camisa de rotor y placa soporte de acero inoxidable. Totalmente instalada, conexiónada y comprobada en obra.

520,07 1.560,21

1 Ud. **Vaso de expansión marca SALVADOR ESCODA 35 SMR-P**

Vaso de expansión SALVADOR ESCODA 35 SMR-P, de 35 litros de membrana intercambiable, temperatura máxima de utilización de 130°C, precarga de 2,5 bar y presión máxima de 10 bar, aptos para el uso hasta el 50% de anticongelante. Totalmente instalado, conexiónado y comprobado en obra.

100,30 100,30

Total capítulo 4= 8.805,71 €

CAPÍTULO 5: AISLAMIENTO

CANT.	Ud.	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD €	COSTE €
3,5	ml	Coquilla aislante ARMAFLEX de 20 mm de espesor para tubería de 18 mm Coquilla aislante ARMAFLEX de 20 mm de espesor para tubería de 18 mm con una conductividad de 0,0035 W/°km ² . totalmente instalada, y comprobada que no quede visible ninguna tubería ni accesorio en obra.	4,05	14,18
5,3	ml	Coquilla aislante ARMAFLEX de 20 mm de espesor para tubería de 22 mm Coquilla aislante ARMAFLEX de 20 mm de espesor para tubería de 22 mm con una conductividad de 0,0035 W/°km ² . totalmente instalada, y comprobada que no quede visible ninguna tubería ni accesorio en obra.	4,18	22,15
38,2	ml	Coquilla aislante ARMAFLEX de 20 mm de espesor para tubería de 28 mm Coquilla aislante ARMAFLEX de 20 mm de espesor para tubería de 28 mm con una conductividad de 0,0035 W/°km ² . totalmente instalada, y comprobada que no quede visible ninguna tubería ni accesorio en obra.	4,57	174,57
10,5	ml	Coquilla aislante ARMAFLEX de 20 mm de espesor para tubería de 35 mm		



		Coquilla aislante ARMAFLEX de 20 mm de espesor para tubería de 35 mm con una conductividad de 0,0035 W/°km ² . totalmente instalada, y comprobada que no quede visible ninguna tubería ni accesorio en obra.	4,89	51,35
92,9	ml	Coquilla aislante ARMAFLEX de 20 mm de espesor para tubería de 42 mm Coquilla aislante ARMAFLEX de 20 mm de espesor para tubería de 42 mm con una conductividad de 0,0035 W/°km ² . totalmente instalada, y comprobada que no quede visible ninguna tubería ni accesorio en obra.	5,49	509,72
12,3	ml	Coquilla aislante ARMAFLEX de 30 mm de espesor para tubería de 18 mm Coquilla aislante ARMAFLEX de 30 mm de espesor para tubería de 18 mm con una conductividad de 0,0035 W/°km ² . totalmente instalada, y comprobada que no quede visible ninguna tubería ni accesorio en obra.	6,08	74,78
15,3	ml	Coquilla aislante ARMAFLEX de 30 mm de espesor para tubería de 22 mm Coquilla aislante ARMAFLEX de 30 mm de espesor para tubería de 22 mm con una conductividad de 0,0035 W/°km ² . totalmente instalada, y comprobada que no quede visible ninguna tubería ni accesorio en obra.	6,67	102,05
65,6	ml	Coquilla aislante ARMAFLEX de 30 mm de espesor para tubería de 28 mm Coquilla aislante ARMAFLEX de 30 mm de espesor para tubería de 28 mm con una conductividad de 0,0035 W/°km ² . totalmente instalada, y comprobada que no quede visible ninguna tubería ni accesorio en obra.	7,30	478,88
134	ml	Coquilla aislante ARMAFLEX de 30 mm de espesor para tubería de 42 mm Coquilla aislante ARMAFLEX de 30 mm de espesor para tubería de 42 mm con una conductividad de 0,0035 W/°km ² . totalmente instalada, y comprobada que no quede visible ninguna tubería ni accesorio en obra.	8,49	1.137,18
100	ml	Adhesivo ARMAFLEX Adhesivo ARMAFLEX, espesor de 3mm y ancho de 50mm. Totalmente instalado y comprobado en obra.	10,38	1.038,00
40	l	Pintura ARMAFINISH Pintura ARMAFINISH para las tuberías que estén al exterior. Acabado uniforme.	34,39	1.375,60

Total capítulo 5= 4.978,46 €

CAPÍTULO 6: SISTEMA AUXILAR

CANT.	Ud.	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
25	Ud.	Caldera de gas marca VISSMANN modelo Vitodens 200W modulante de 4,8 a 35KW Caldera mural de gas de la marca VISSMANN, modelo VITODENS 200 W, con una potencia calorífica modulante de 4,8 a 35 KW, Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	848,52	21.213,03

Total capítulo 6= 21.213,03 €

CAPÍTULO 7: SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL

CANT.	Ud.	CONCEPTO	PRECIO UNIDAD €	PRECIO TOTAL €
1	Ud.	Sistema de Regulación marca SIEMENS Regulación de la diferencia de temperatura marca SIEMENS controlada por microprocesador con medición integrada de rendimiento energético para instalaciones solares térmicas. Incluye 9 sondas PT1000. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	2.054,68	2.054,68
5	Ud.	Válvula de conmutación de 3 vías Válvula de 3 vías de 3/4", servopilotada. Temperatura de servicio hasta 110°C y presión máxima de 10 bar. Tiempo de apertura y cierre de 15 seg. Totalmente instalada, conexionada y comprobada en obra.	191,02	955,1
5	Ud.	Disipador marca ESCOSOL modelo DISP 6 Disipador de calor ESCOSOL , modelo Disp 6, para periodos de baja demanda y gran producción, compuesto por válvula termostática y batería de disipación de 4000 W. Totalmente instalado, conexionado y comprobado en obra.	433,63	2168,15

Total capítulo 7= 5.177,93 €

TOTAL POR CAPÍTULOS

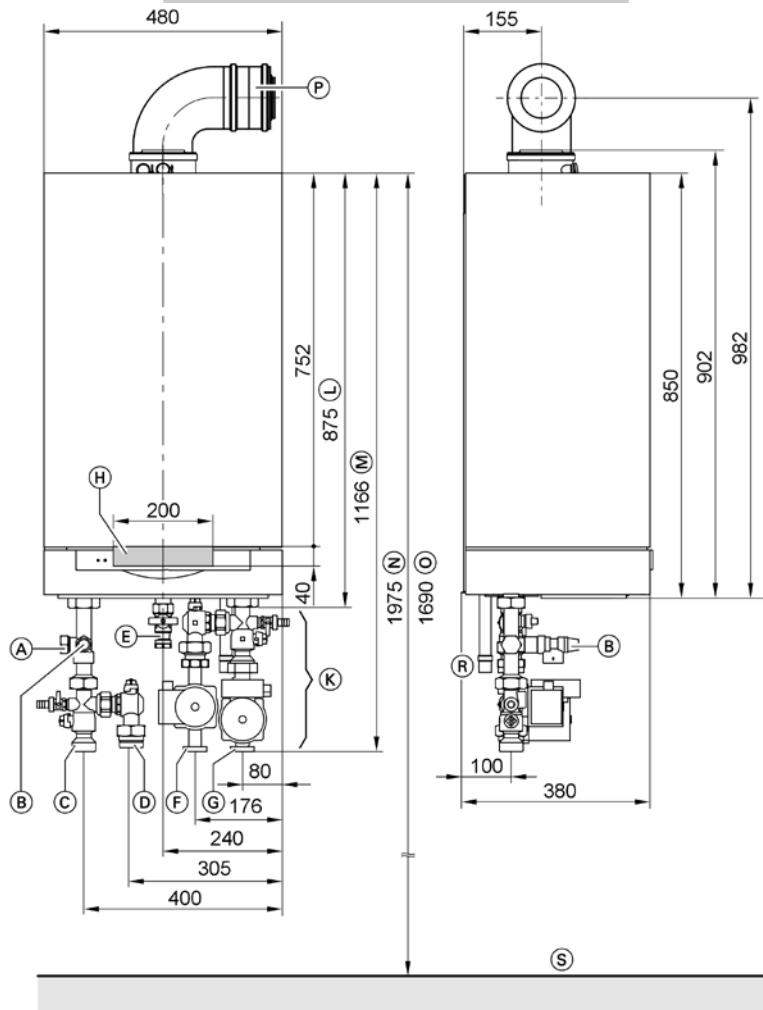
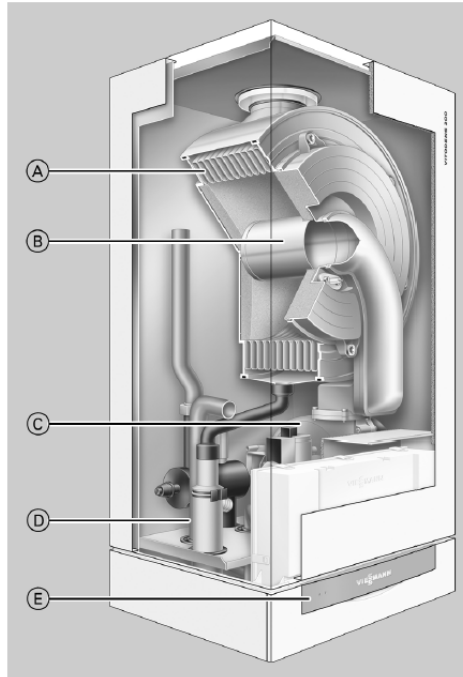
CAPÍTULO	TOTAL €
Capítulo 1: Sistema de captación	112.525,62 €
Capítulo 2: Sistema de acumulación	8.518,94 €
Capítulo 3: Sistema de intercambio	3.445,44 €
Capítulo 6: Aislamiento	4.978,46 €
Capítulo 5: Sistema hidráulico	8.805,71 €
Capítulo 4: Sistema auxiliar	21.213,03 €
Capítulo 7: Sistema de regulación y control	5.177,93 €
TOTAL CAPÍTULOS	164.665,13 €

El total del presupuesto de ejecución material de la obra asciende a un total de CIENTO SESENTA Y CUATRO MIL SEISCIENTOS SESENTA Y CINCO CON TRECE CÉNTIMOS de Euro.



5. ANEXO 2: HOJAS TÉCNICAS

- CALDERA MURAL VISSMAN



Datos técnicos

Datos técnicos

Caldera a gas, sistema de construcción B y C, categoría II _{2H} ¹			
Rango de potencia térmica nominal ¹			
$T_1/T_2 = 50/30$ °C	kW	17,0-45,0	17,0-60,0
$T_1/T_2 = 80/60$ °C	kW	15,4-40,7	15,4-54,4
Carga térmica nominal	kW	16,1-42,2	16,1-56,2
Modelo		WB2B	WB2B
Nº de distintivo de homologación		CE-0085 BR 0432	
Tipo de protección		IP X4D según EN 60529	
Presión de alimentación de gas			
Gas natural	mbar	20	20
GLP	mbar	37	37
Presión de alimentación de gas máx. adm. ²			
Gas natural	mbar	25,0	25,0
GLP	mbar	42,5	42,5
Potencia eléctrica máx. consumida	W	30	50
Peso	kg	65	65
Capacidad del intercambiador de calor	l	7,0	7,0
Caudal volumétrico máx. (valor límite para el uso de un desacoplador hidráulico)	l/h	3500	3500
Caudal nominal en el circuito con $\Delta T = 20$ K	l/h	1748	2336
Presión de servicio adm.	bar	4	4
Conexiones			
Impulsión y retorno de caldera	G	1½	1½
Válvula de seguridad	Rp	-	-
	G	1	1
Dimensiones			
Longitud	mm	380	380
Anchura	mm	480	480
Altura	mm	850	850
Altura con tubo acodado de salida de humos	mm	1150	1150
Conexión de gas	R	¾	¾
Valores de conexión referidos a la carga máx.			
con gas:			
Gas natural	m ³ /h	4,47	5,95
Gas natural	m ³ /h	5,19	6,91
GLP	kg/h	3,30	4,39
Índices de humos ³			
Grupo de valores de combustión según G 635/G 636			
Temperatura (con una temperatura de retorno de 30 °C)			
- con potencia térmica nominal	°C	35	40
- con carga parcial	°C	33	35
Temperatura (con una temperatura de retorno de 60 °C)			
	°C	65	70
Caudal máximo			
Gas natural			
- con potencia térmica nominal	kg/h	81,2	110,6
- con carga parcial	kg/h	21,1	27,7
GLP			
- con potencia térmica nominal	kg/h	78,2	106,7
- con carga parcial	kg/h	18,0	26,6
Presión de impulsión disponible			
	Pa	100	100
	mbar	1,0	1,0
Rendimiento estacional a			
$T_1/T_2 = 40/30$ °C	%	hasta 98 (PCS)/109 (PCI)	
Cantidad media de condensados			
con gas natural y $T_1/T_2 = 50/30$ °C	l/día	14-19	23-28

¹Datos según EN 677.

²Si la presión de alimentación de gas está por encima de la presión máxima admisible, es necesario conectar delante de la instalación un regulador de la presión de gas independiente.

³Valores de cálculo para el dimensionado del sistema de salida de humos según EN 13384.

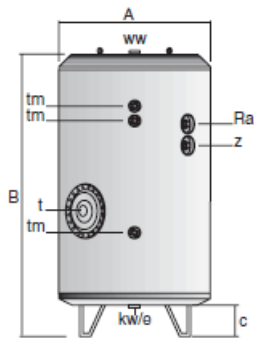
Temperaturas de humos indicadas en valores brutos medidos a una temperatura de aire de combustión de 20 °C. Con una temperatura de retorno de 30 °C, la temperatura de humos resultante determinante para el dimensionado del sistema de salida de humos.

Con una temperatura de retorno de 60 °C, la temperatura de humos sirve para determinar el campo de aplicación de los tubos de salida de humos con las temperaturas de servicio máximas admisibles.

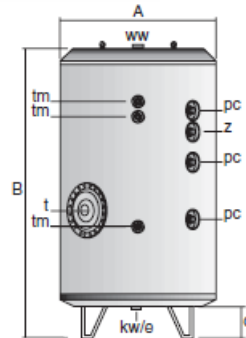
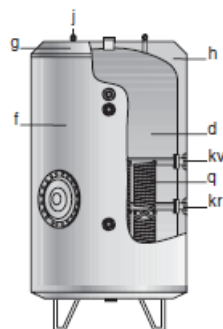
**Datos técnicos** (continuación)

Caldera a gas, sistema de construcción B y C, categoría II_{2N3P}			
Rango de potencia térmica nominal*1			
T ₁ /T _R = 50/30 °C	kW	17,0-45,0	17,0-60,0
T ₁ /T _R = 80/60 °C	kW	15,4-40,7	15,4-54,4
Diámetro interior del conducto a			
Depósito de expansión	DN	22	22
Válvula de seguridad	DN	22	22
Conexión de condensados (boquilla)	Ø mm	20-24	20-24
Conexión de humos	Ø mm	80	80
Conexión de entrada de aire	Ø mm	125	125

- DEPÓSITOS DE ACUMULACIÓN



Mod. MV...-SB
Depósito con serpentines de calentamiento



Mod. MV...-RB
Depósitos sin serpentines de calentamiento

DATOS TÉCNICOS		Modelo		Ref. tamaño acumulador						
		RB	SB	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000
Capacidad de ACS	L	x	x	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000
Superficie de intercambio	m ²	x	x	2,8	3,4	4,2	5,0	5,9	6,7	8,3
Peso en vacío (aprox.)	Kg.	x	(x)	340 (377)	400 (443)	540 (594)	600 (657)	650 (714)	725 (823)	816 (907)
kw/e: Entrada de agua fría/desagüe	*GAS/M	x	x	2	2	3	3	3	3	3
	*GAS/M	x	x	2	2	3	3	3	3	3
ww: Salida de ACS	*GAS/M	x	x	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
z: recirculación	*GAS/M	x	x	2	2	2	2	2	2	2
kV: Avance c. primario	*GAS/M	x	x	2	2	2	2	2	2	2
kr: Retorno c. primario	*GAS/M	x	x	2	2	2	2	2	2	2
Ra: Conexión lateral	*GAS/M	x	x	3/4 (1/2)*	3/4 (1/2)*	3/4 (1/2)*	3/4 (1/2)*	3/4 (1/2)*	3/4 (1/2)*	3/4 (1/2)*
tm: conexión vaina sensores	*GAS/M	x	x	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
(2) pc: conexión adicional				(3/4)*	(3/4)*	(3/4)*	(3/4)*	(3/4)*	(3/4)*	(3/4)*
Diámetro exterior: A	mm	x	x	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910
Altura total: B	mm	x	x	1850	2300	2035	2325	2610	2345	2750
Altura del suelo al calorifugado: C	mm	x	x	200	200	235	235	235	195	195
Boca de hombre	DN	x	x	400	400	400	400	400	400	400
Resistencia eléctrica (opcional)	kW (400V)	x	x	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9	6 ó 9

* Modelos en acero inoxidable *MXV* (Conexiones tm, pc GAS/H)

Datos comunes:

Temperatura máx. ACS	90°C
Presión máx. depósito ACS	8 bar
Temperatura máxima c. primario	200°C
Presión máxima c. primario	25 bar

- INTERCAMBIADORES



M3-FM

Producción de A.C.S. con panel solar:

Modelo	N° 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.	
M3FG	8	5	600	0,77	600	1,17	6.000
M3FG	12	10	1.200	1,22	1.200	1,52	11.400
M3FG	20	20	2.400	1,76	2.400	1,89	22.800
M3FG	28	30	3.600	2,06	3.600	2,08	34.200
M3FG	35	40	4.800	2,53	4.800	2,23	45.600
M3FG	43	50	6.000	2,64	6.000	2,33	56.400
T5MFG	21	60	7.200	2,46	7.200	2,07	67.800
T5MFG	23	70	8.400	2,98	8.400	2,50	79.200
T5MFG	27	80	9.600	2,62	9.600	2,21	90.600
T5MFG	29	90	10.800	2,91	10.800	2,45	102.000
T5MFG	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.

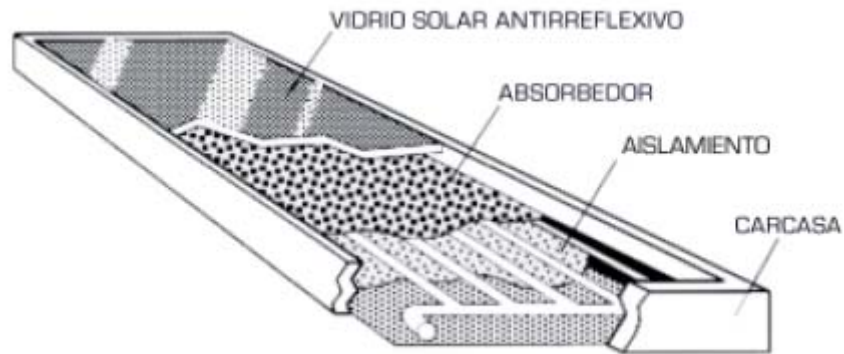
Climatización de piscina con panel solar:

Modelo	N° 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.		
T2BFG	5	5	600	1,79	400	0,75	10	6.000
T2BFG	7	10	1.200	2,79	800	1,30	20	11.400
T2BFG	12	20	2.400	3,05	1.600	1,91	40	22.800
T2BFG	18	30	3.600	3,50	2.400	1,91	60	34.200
M3FG	17	40	4.800	2,67	3.200	1,25	80	45.600
M3FG	20	50	6.000	2,72	3.800	1,41	95	56.400
M3FG	23	60	7.200	3,26	4.600	1,44	115	67.800
M3FG	27	70	8.400	3,36	5.400	1,49	135	79.200
M3FG	30	80	9.600	3,51	6.000	1,62	150	90.600
M3FG	34	90	10.800	3,71	6.800	1,69	170	102.000
M3FG	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.

- **COLECTOR SOLAR**



F 6000

Datos técnicos

Superficie total	2,15 m ²	
Superficie de apertura	1,91 m ²	
Dimensiones absorbedor	1930 x 985 x 0,2 mm	
Dimensiones totales	2010 x 1070 x 90 mm	
Presión máxima de trabajo	10 bar	
Capacidad de fluido	1,3 L	
Rendimiento en el origen	84,9 %	
Coefficientes de pérdida	$a_1 = 3,656 \text{ W/m}^2\text{k}$	$a_2 = 0,026 \text{ W/m}^2\text{k}^2$
Caudal nominal	30 l/hm ²	
Pérdida de carga del colector	5 mbar	
Colectores en fila	máx. 6	
Conexiones VL/RL	Cobre Ø 18 mm	
Conexión	Cobre Ø 18 mm	
Temperatura de estancamiento	230°C	
Peso	42 Kg	

6. ANEXO 3: PLANOS

- 6.1. Situación y emplazamiento**
- 6.2. Recinto del edificio**
- 6.3. Alzados del edificio**
- 6.4. Perfiles del edificio**
- 6.5. Distribución 1ª planta**
- 6.6. Distribución plantas 2ª a 5ª**
- 6.7. Distribución azotea**
- 6.8. Instalación en sótano**
- 6.9. Situación de los colectores**
- 6.10. Esquema de la instalación**
- 6.11. Conexionado de colectores**

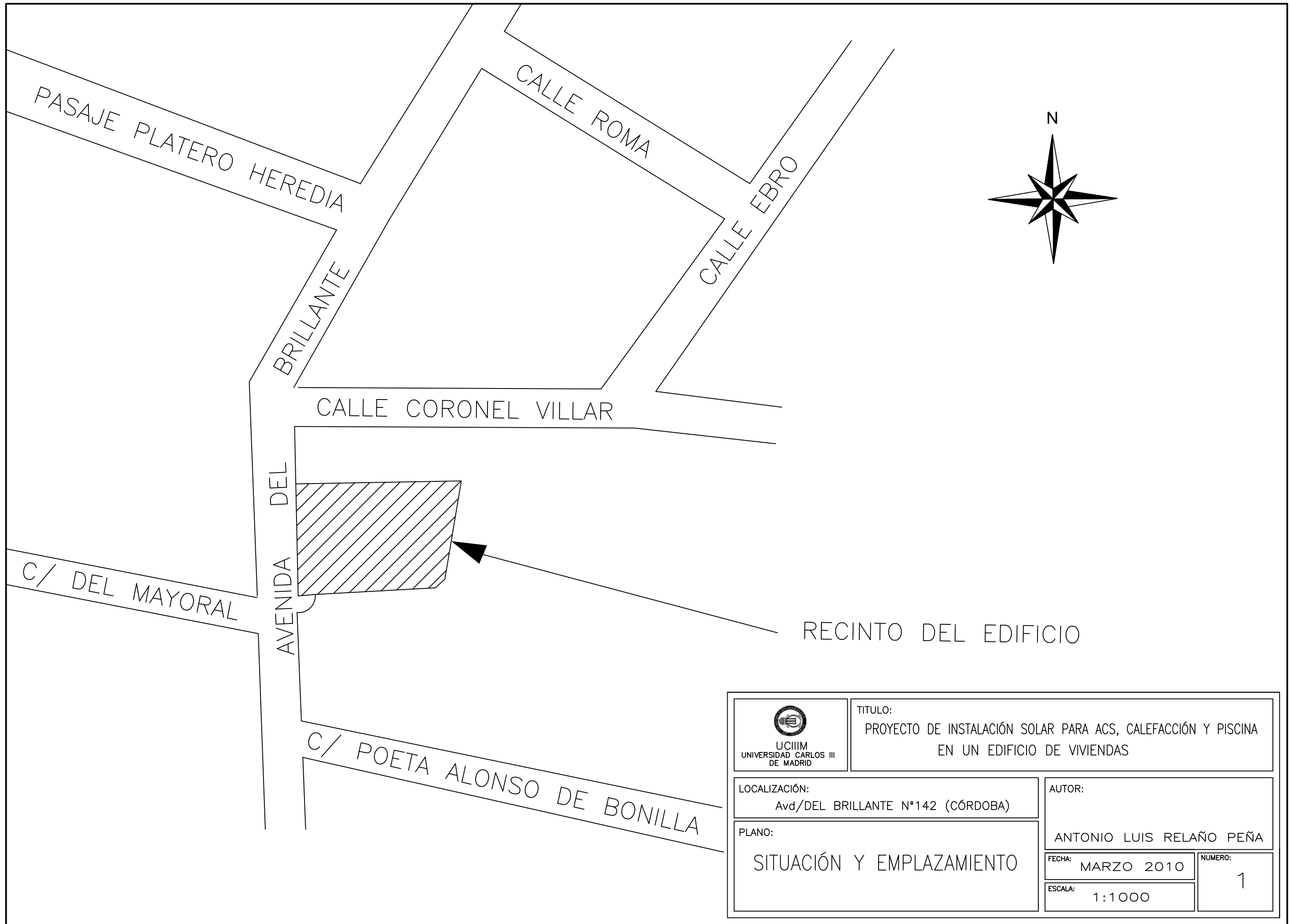
CONCLUSIONES

Una vez realizado el proyecto y evaluado la propuesta económica del mismo podemos concluir lo siguiente:


Como indica el “*pliego de condiciones técnicas para instalaciones solares de baja temperatura*” del IDAE y el propio CTE en su documento básico HE, los diseños de campos solares térmicos para un uso combinado de ACS, calefacción y piscina conllevan un elevado coste económico el cuál es recuperable a muy largo plazo.

Los diseños de sistemas exclusivamente para ACS, cumpliendo con las coberturas establecidas en el CTE, conllevan unos costes muy inferiores y recuperables en plazos de 6 a 8 años, tiempos más cortos que para los sistemas de poligeneración como es el caso del presente proyecto.

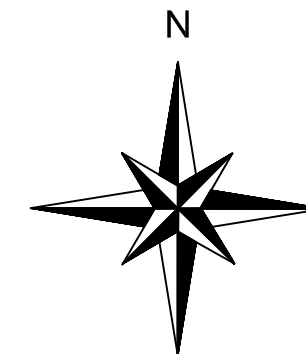
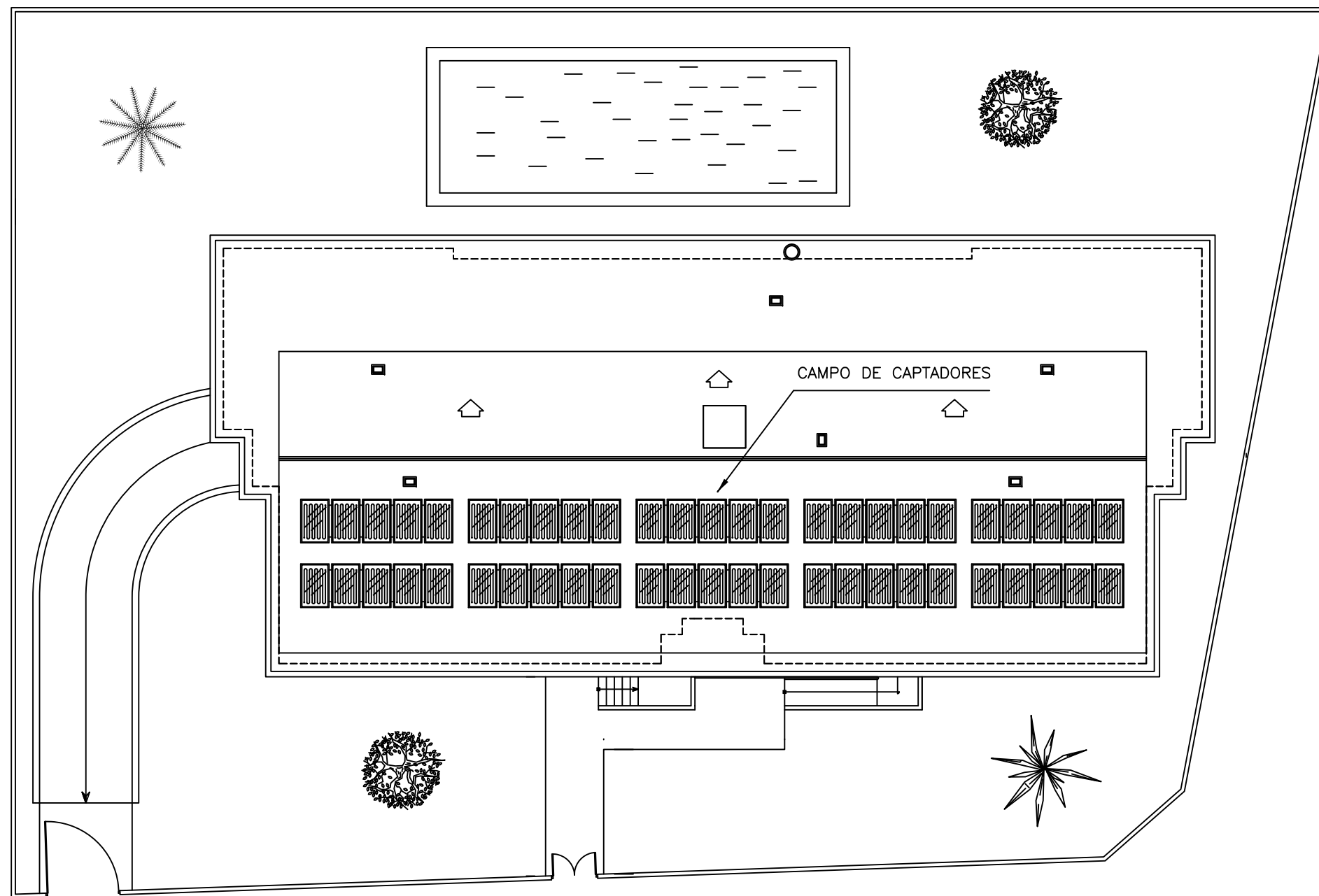
En el presente proyecto se ha apostado por una generación en línea e individual de la energía de apoyo o auxiliar aún conllevando un coste mayor de las calderas y un rendimiento menor, debido a las inclinaciones actuales por los sistemas individualizados y a la no necesidad de sistema de acumulación para el generador auxiliar.



RECINTO DEL EDIFICIO

 <p>UCIIM UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID</p>	<p>TITULO: PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS, CALEFACCIÓN Y PISCINA EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS</p>					
<p>LOCALIZACIÓN: Avd/DEL BRILLANTE N°142 (CÓRDOBA)</p>		<p>AUTOR: ANTONIO LUIS RELAÑO PEÑA</p>				
<p>PLANO: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO</p>		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="2374 1795 2700 1932"> <p>FECHA: MARZO 2010</p> </td> <td data-bbox="2700 1795 2884 1932"> <p>NUMERO: 1</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="2374 1932 2884 2005"> <p>ESCALA: 1:1000</p> </td> </tr> </table>	<p>FECHA: MARZO 2010</p>	<p>NUMERO: 1</p>	<p>ESCALA: 1:1000</p>	
<p>FECHA: MARZO 2010</p>	<p>NUMERO: 1</p>					
<p>ESCALA: 1:1000</p>						

AVENIDA DEL BRILLANTE



UCIIM
UNIVERSIDAD CARLOS III
DE MADRID

TITULO:
PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS, CALEFACCIÓN Y PISCINA
EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS

LOCALIZACIÓN:
Avd/DEL BRILLANTE N°142 (CÓRDOBA)

AUTOR:
ANTONIO LUIS RELAÑO PEÑA

PLANO:
RECINTO DEL EDIFICIO

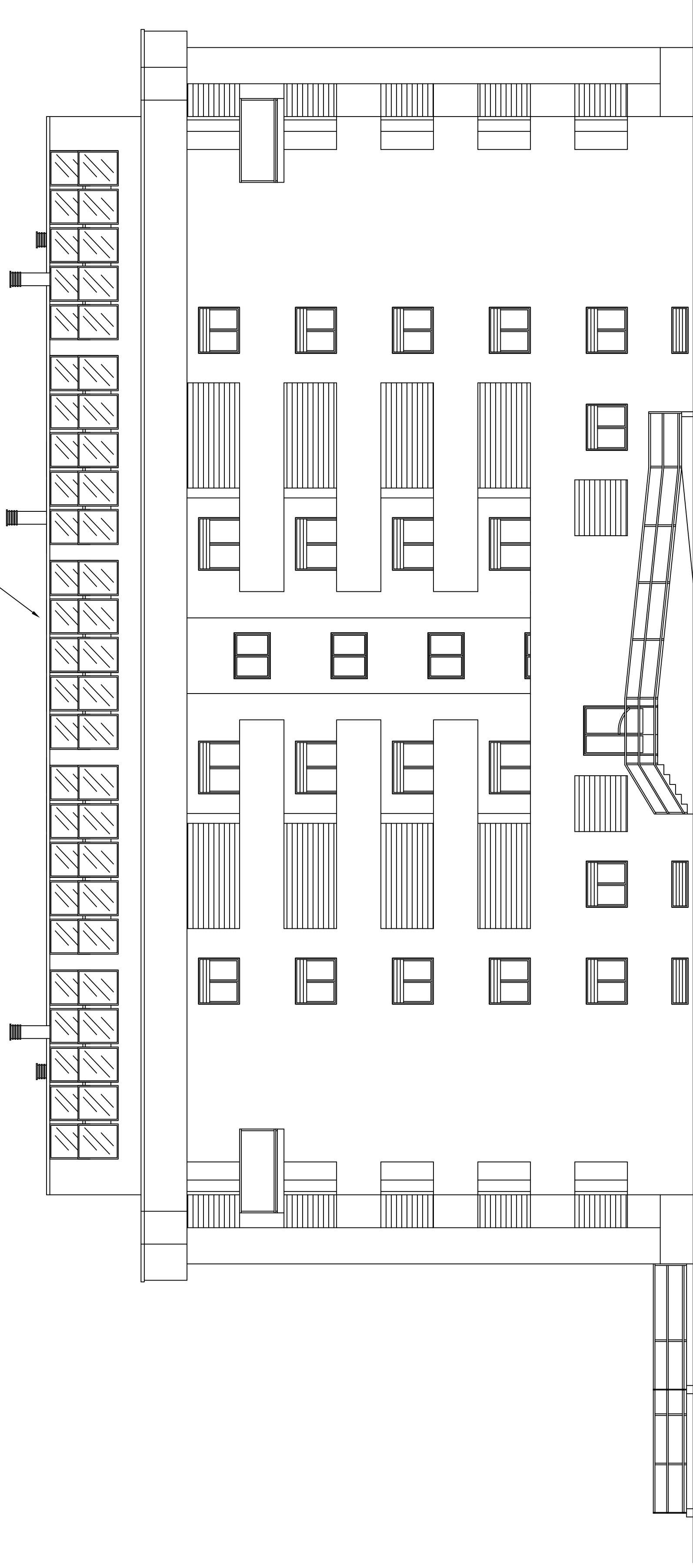
FECHA: MARZO 2010

NUMERO:

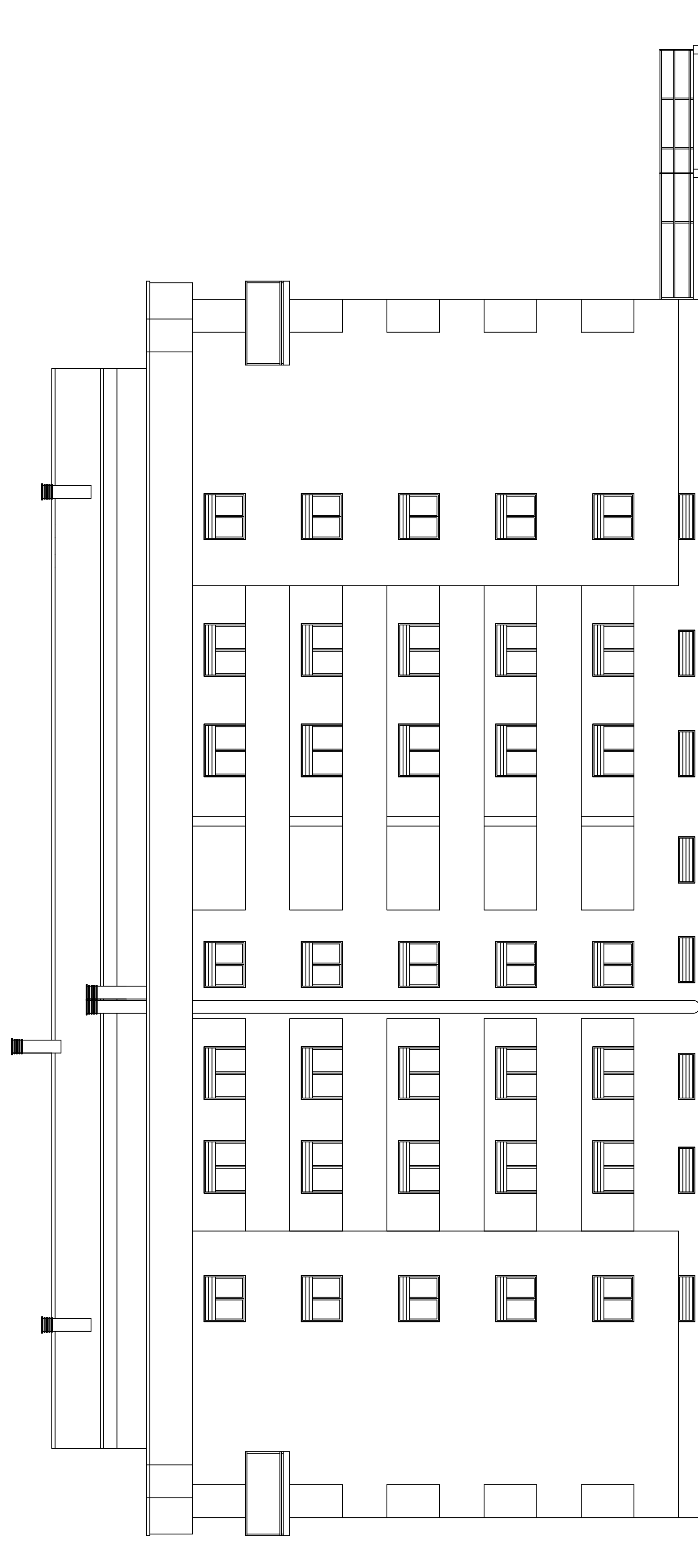
2

ESCALA: 1:200

CAMPO DE CAPTADORES



ALZADO SUR



ALZADO NORTE



TÍTULO:
PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS, CALEFACCIÓN Y PISCINA
EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS

LOCALIZACIÓN:
Avd/DEL BRILLANTE N°142 (CÓRDOBA)

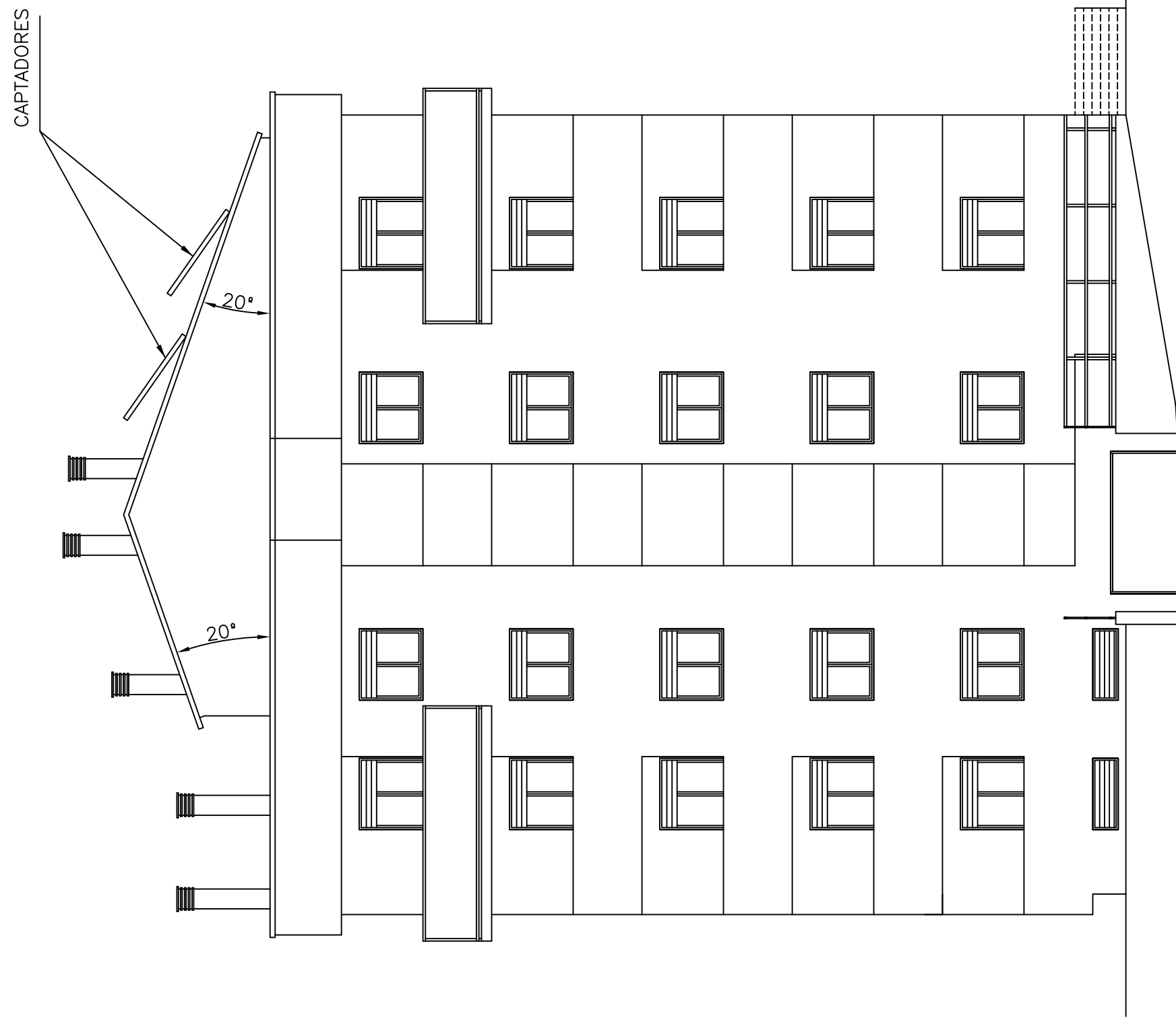
PLANO:
ALZADOS DEL EDIFICIO

AUTOR:
ANTONIO LUIS RELARÓ PEÑA

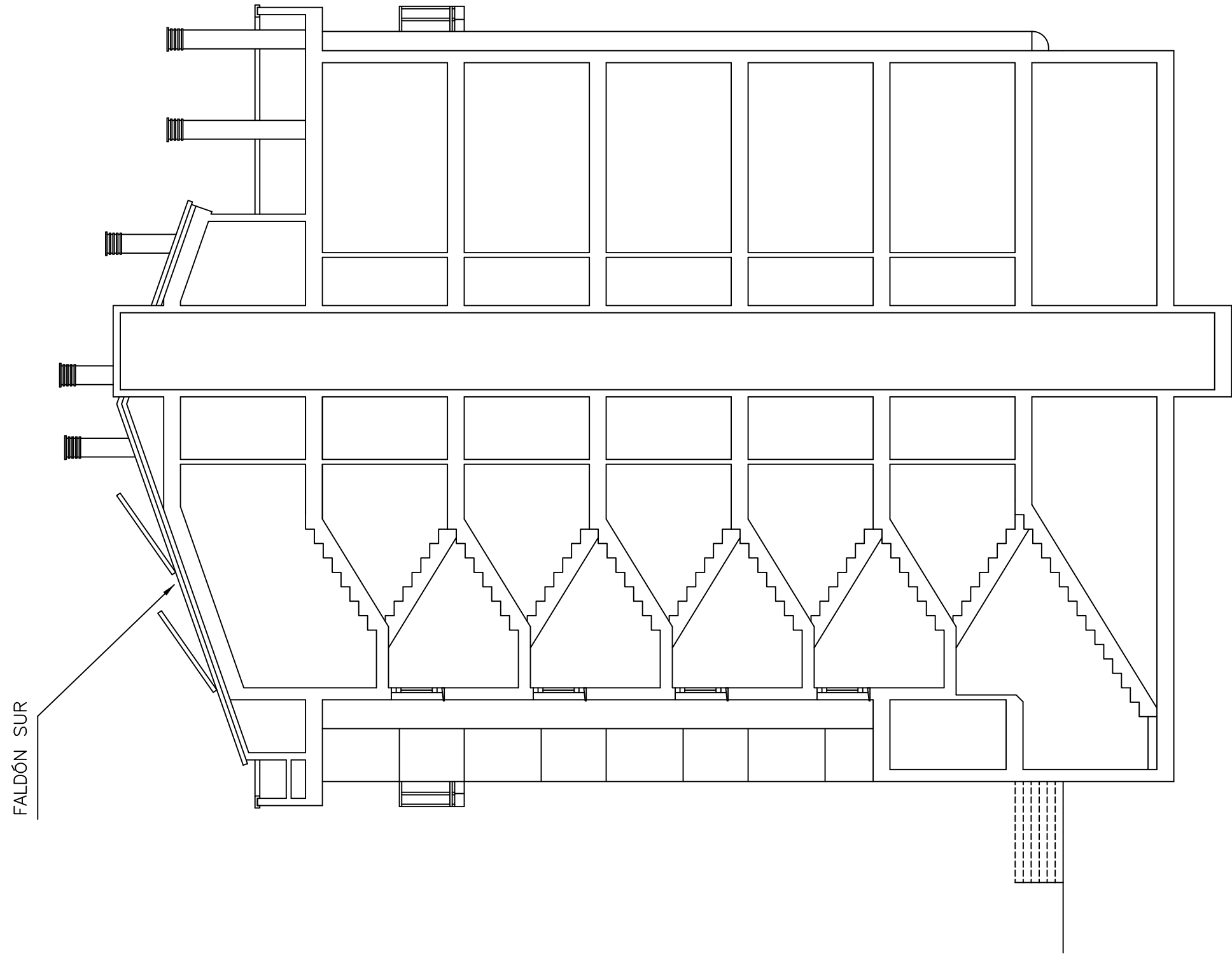
FECHA:
MARZO 2010

ESCALA:
1:100

NÚMERO:
3



PERFIL ESTE



CORTE



TÍTULO:

PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS, CALEFACCIÓN Y PISCINA
EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS

LOCALIZACIÓN:

Avd/DEL BRILLANTE N°142 (CÓRDOBA)

AUTOR:

ANTONIO LUIS RELAÑO PEÑA

FECHA: MARZO 2010

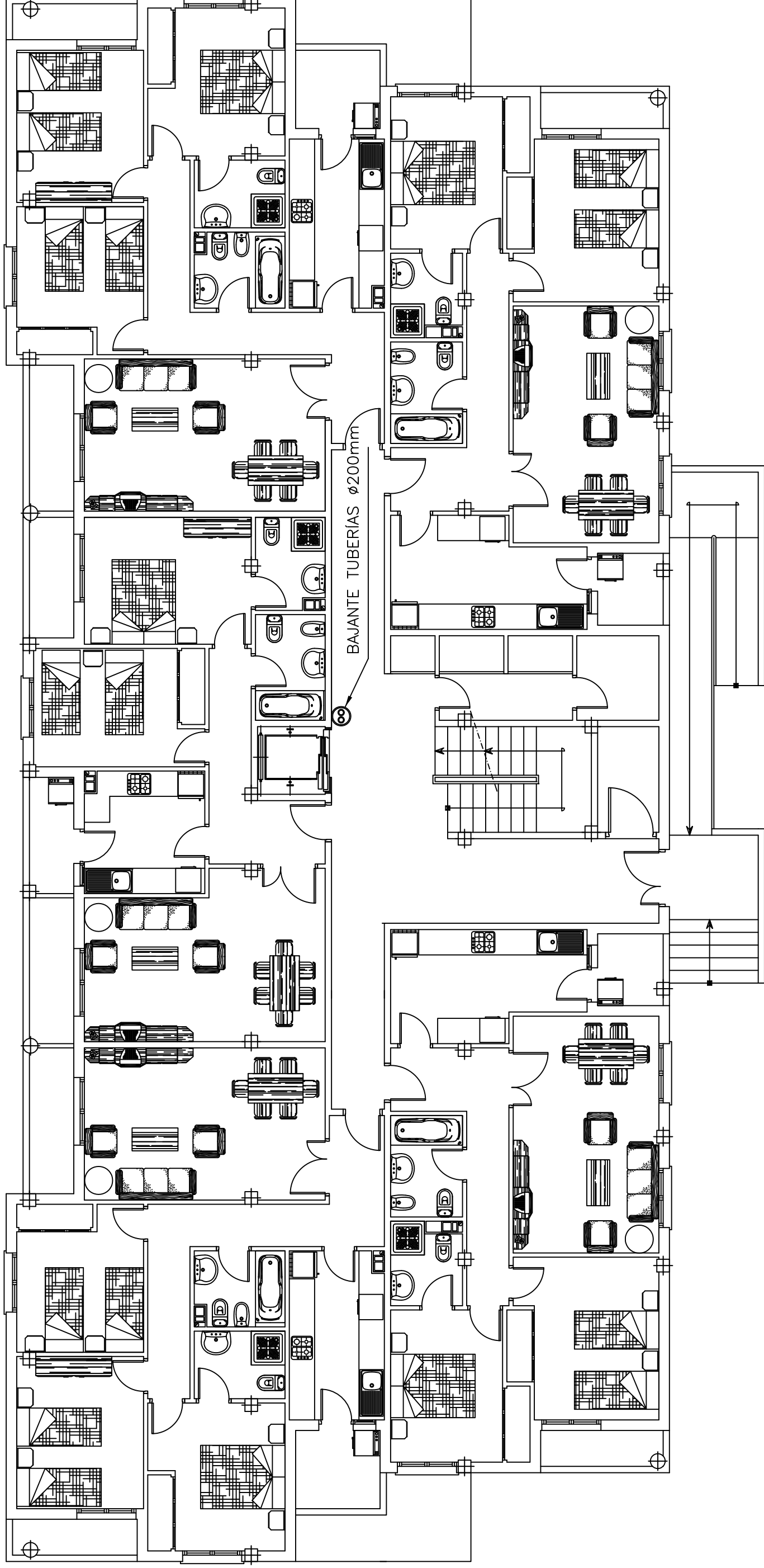
NUMERO:

4

ESCALA: 1:100

PLANO:

PERFILES DEL EDIFICIO



TÍTULO:

PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS, CALEFACCIÓN Y PISCINA
EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS

LOCALIZACIÓN:

Avd/DEL BRILLANTE N°142 (CÓRDOBA)

AUTOR:

ANTONIO LUIS RELAÑO PEÑA

FECHA: MARZO 2010

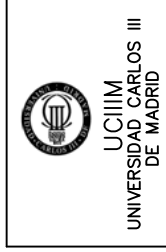
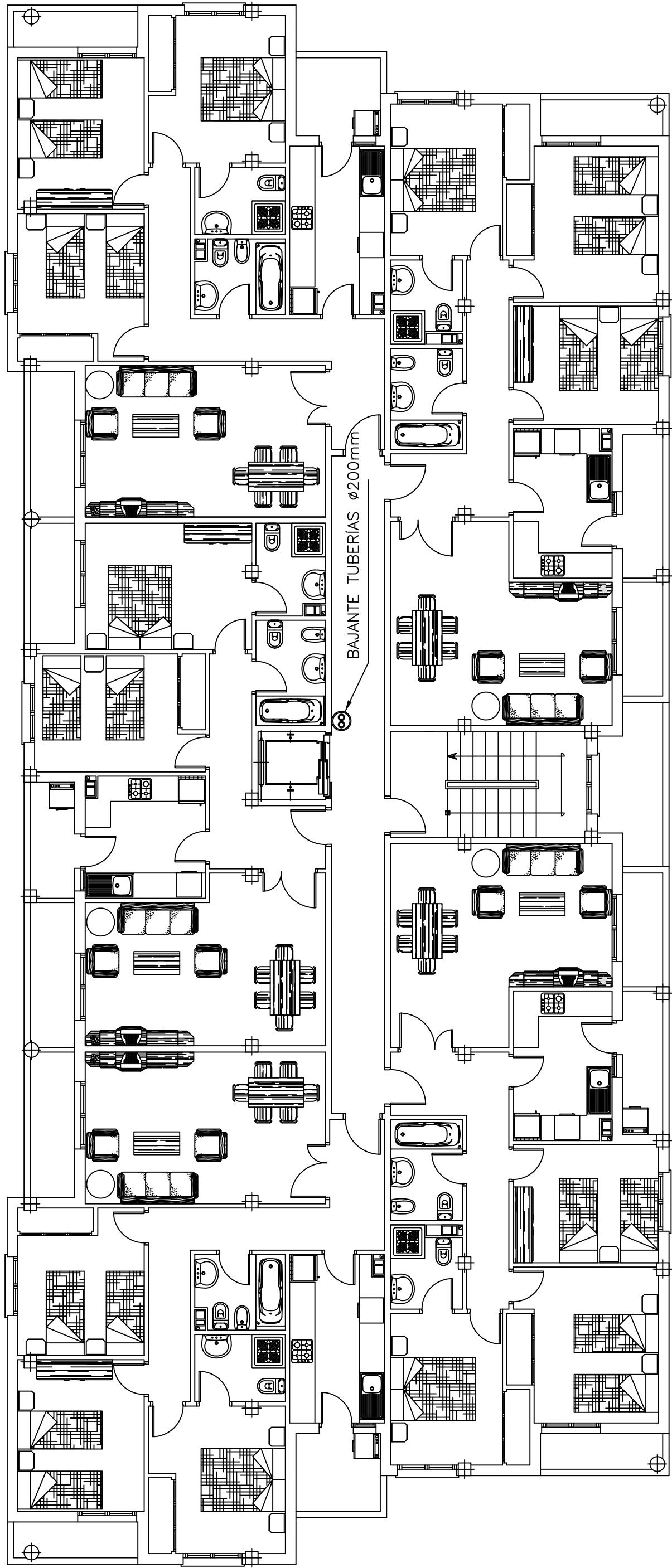
NUMERO:

5

ESCALA: 1:100

PLANO:

DISTRIBUCIÓN 1ª PLANTA

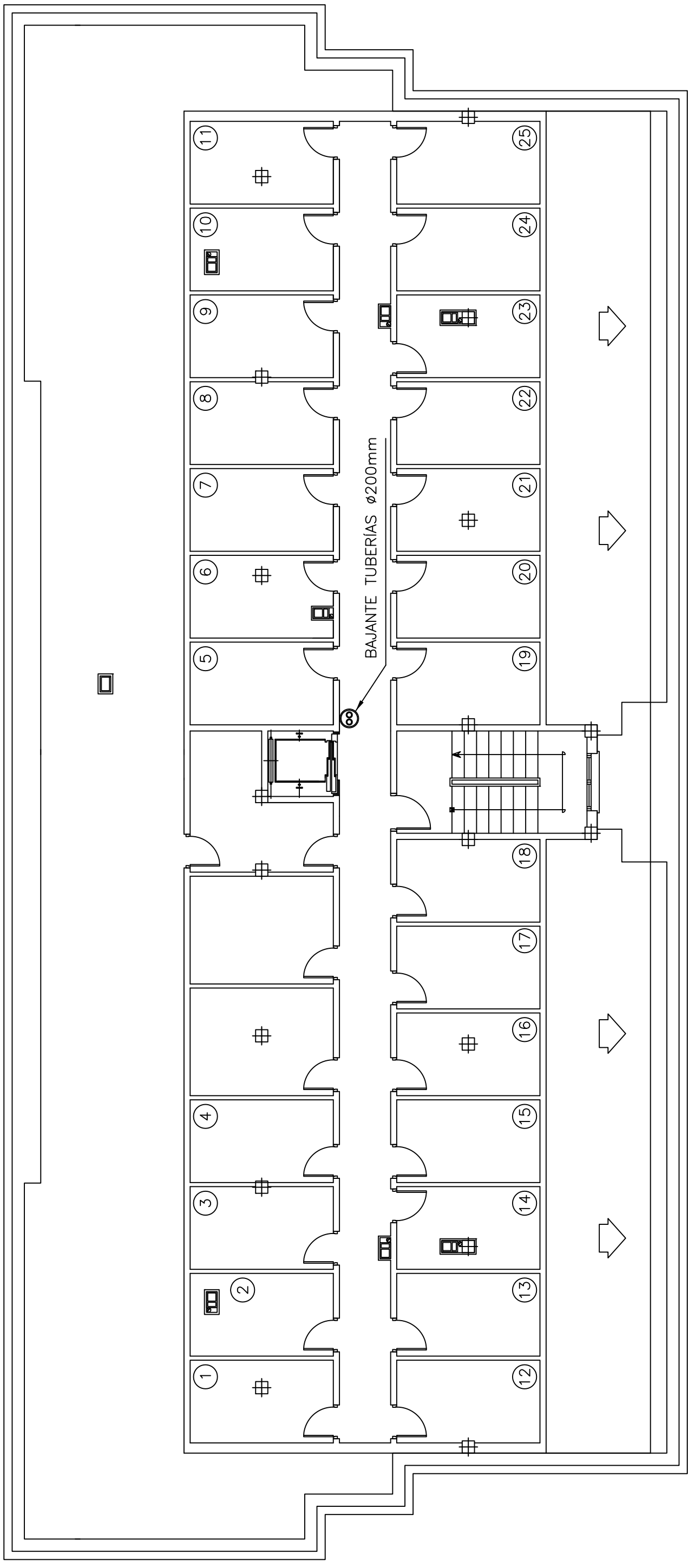


TÍTULO:
 PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS, CALEFACCIÓN Y PISCINA
 EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS

LOCALIZACIÓN:
 Avd/DEL BRILLANTE N°142 (CÓRDOBA)

AUTOR:
 ANTONIO LUIS RELAÑO PEÑA
 FECHA: MARZO 2010
 ESCALA: 1:100
 NUMERO:
 6

PLANO:
 DISTRIBUCIÓN PLANTAS 2ª A 5ª



TÍTULO:
 PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS, CALEFACCIÓN Y PISCINA
 EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS

LOCALIZACIÓN:
 Avd/DEL BRILLANTE N°142 (CÓRDOBA)

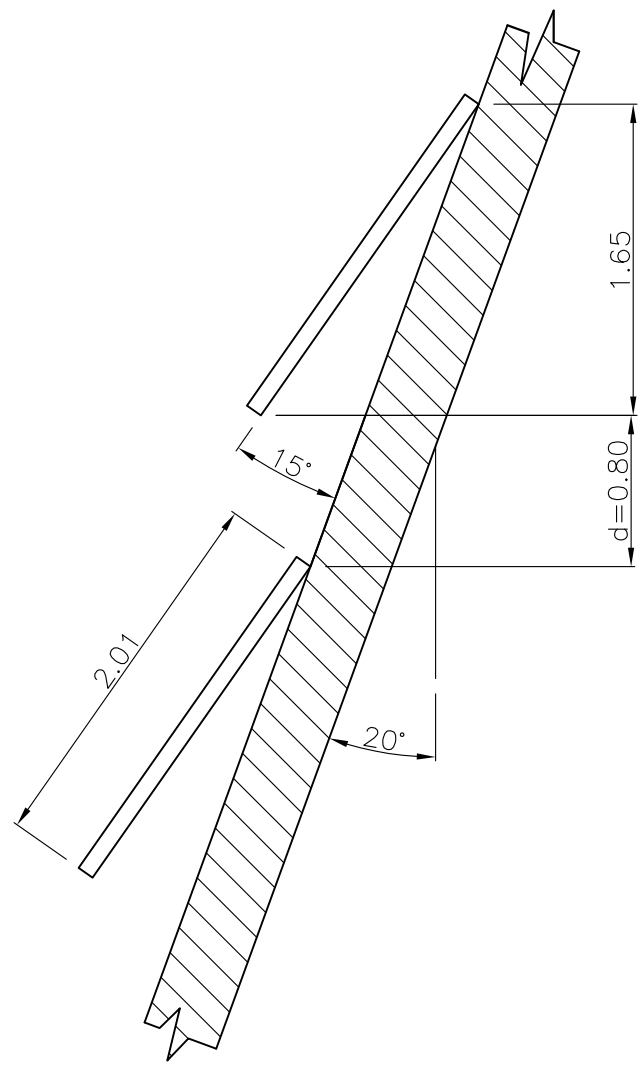
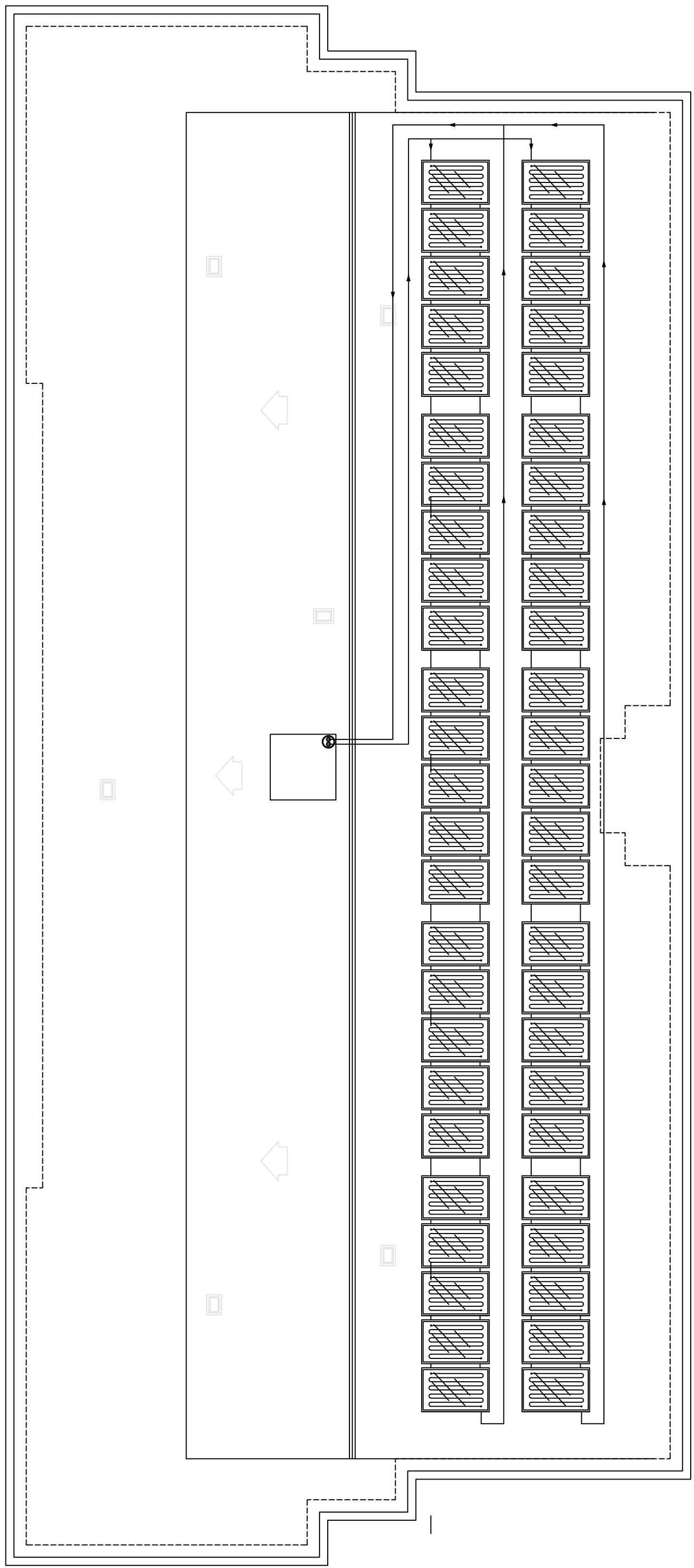
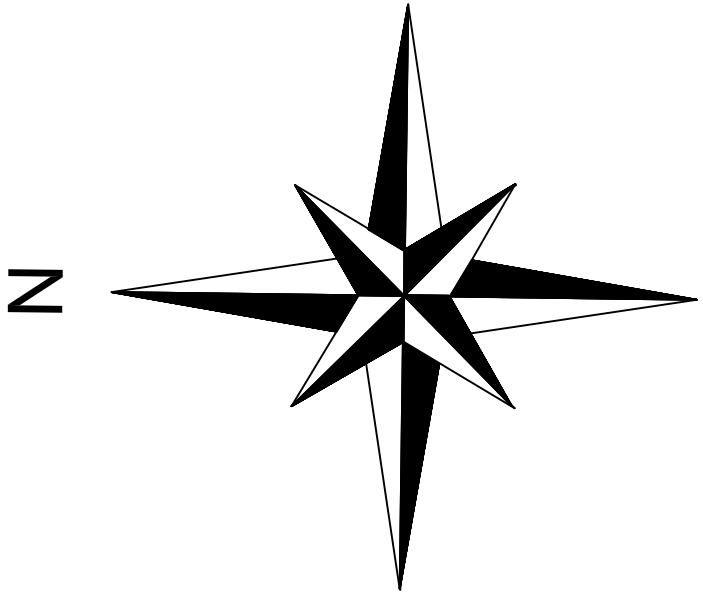
AUTOR:
 ANTONIO LUIS RELAÑO PEÑA

FECHA:
 MARZO 2010

ESCALA:
 1:100

PLANO:
 DISTRIBUCIÓN AZOTEA

NUMERO:
 7



Detalle colocación de captadores (medidas en mm) E: 1:40



LOCALIZACIÓN:
Avd/DEL BRILLANTE N°142 (CÓRDOBA)

TÍTULO:

PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS, CALEFACCIÓN Y PISCINA
EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS

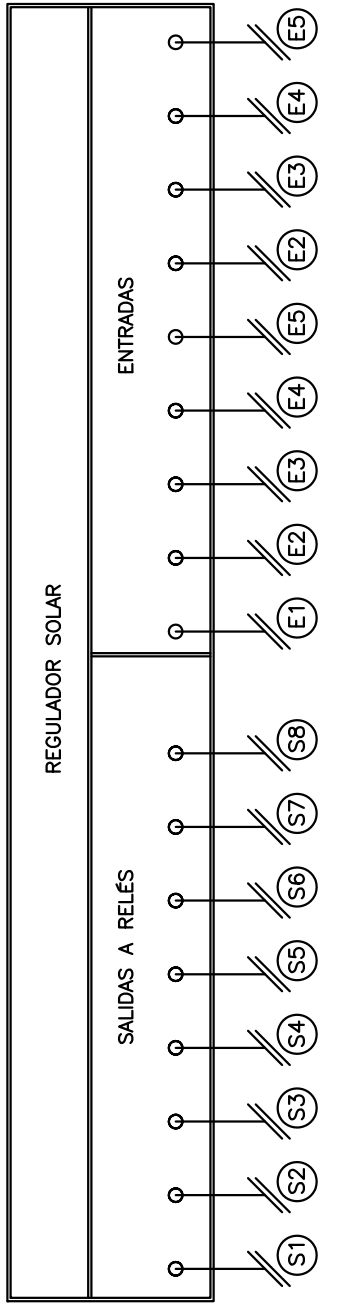
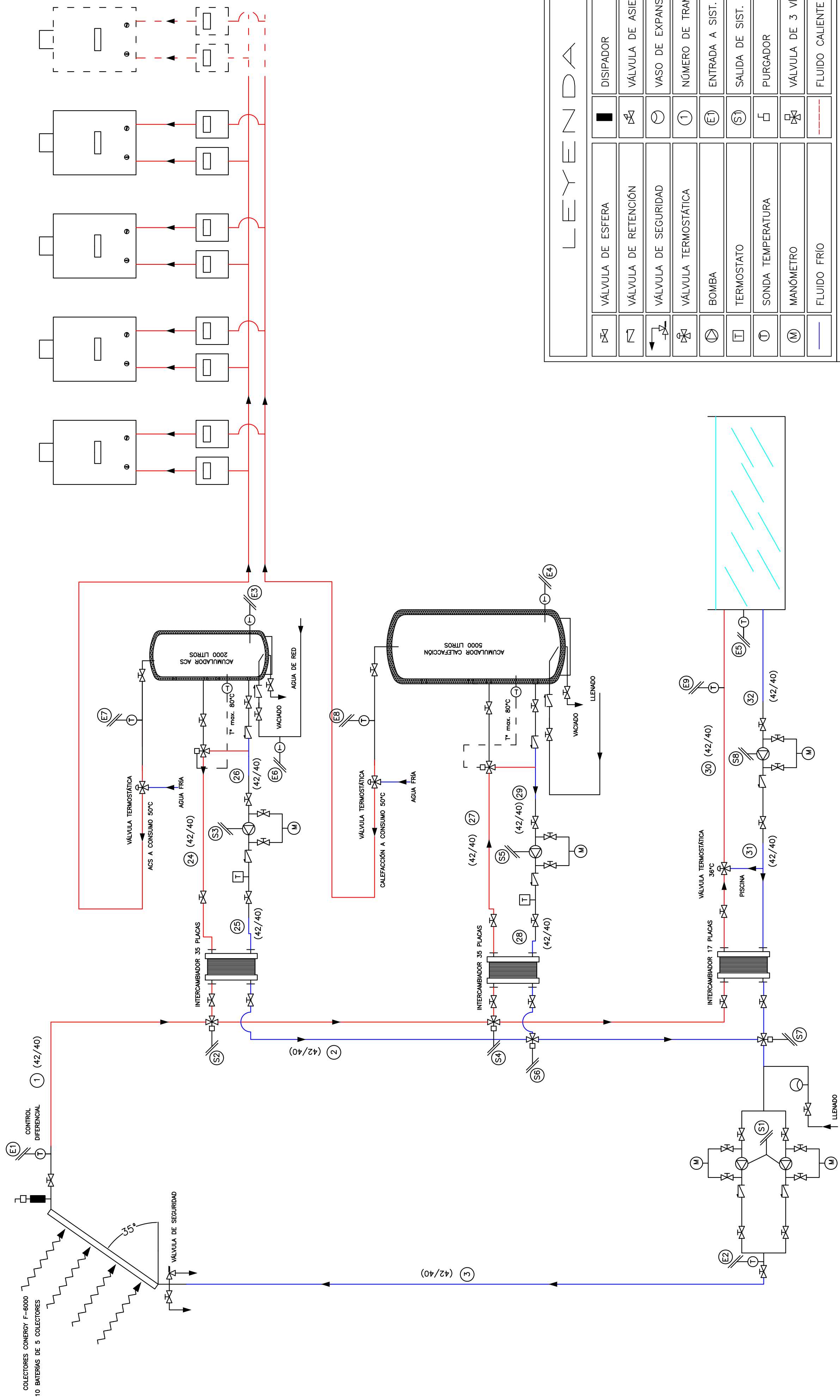
AUTOR:
ANTONIO LUIS RELAÑO PEÑA

FECHA: MARZO 2010

ESCALA: 1:100

NUMERO: 9

PLANO:
SITUACIÓN DE LOS COLECTORES



LEYENDA	
	VÁLVULA DE ESFERA
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	VÁLVULA DE SEGURIDAD
	VÁLVULA TERMOSTÁTICA
	BOMBA
	TERMOSTATO
	SONDA TEMPERATURA
	MANÓMETRO
	FLUIDO FRÍO
	DISIPADOR
	VÁLVULA DE EXPANSIÓN
	VASO DE EXPANSIÓN
	NÚMERO DE TRAMO TUBERÍA
	ENTRADA A SIST. REGULAC.
	SALIDA DE SIST. REGULAC.
	PURGADOR
	VÁLVULA DE 3 VIAS AUTOM.
	FLUIDO CALIENTE

TÍTULO: PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS, CALEFACCIÓN Y PISCINA EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS

LOCALIZACIÓN: Avd/DEL BRILLANTE N°142 (CÓRDOBA)

PLANO: ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN

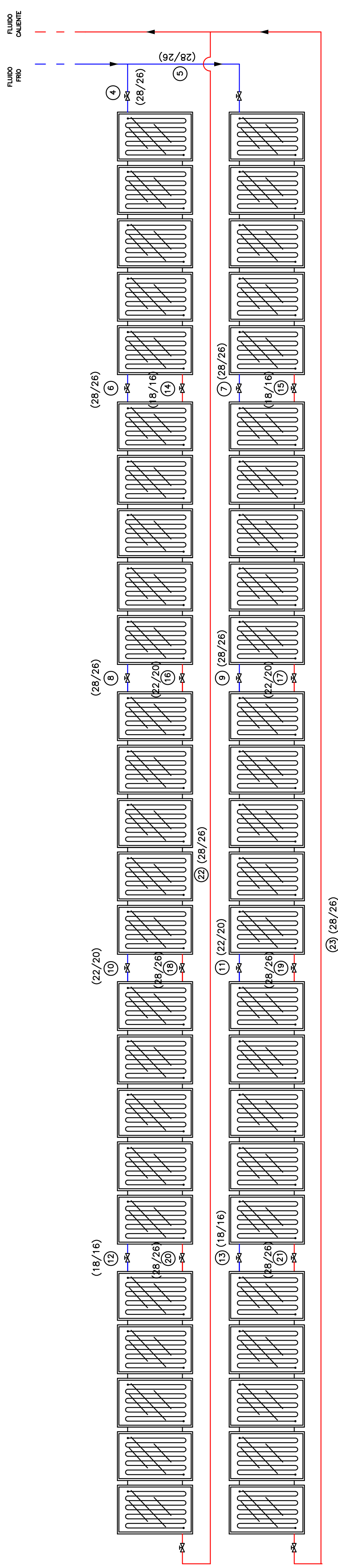
AUTOR: ANTONIO LUIS RELAÑO PEÑA

FECHA: MARZO 2010

ESCALA: SIN ESCALA

NUMERO: 10

LOGO: UCIJIM UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID



LEYENDA

	VÁLVULA DE ESFERA		DISIPADOR
	VÁLVULA DE RETENCIÓN		VÁLVULA DE EXPANSIÓN
	VÁLVULA DE SEGURIDAD		VASO DE EXPANSIÓN
	VÁLVULA TERMOSTÁTICA		NÚMERO DE TRAMO TUBERÍA
	BOMBA		ENTRADA A SIST. REGULAC.
	TERMOSTATO		SALIDA DE SIST. REGULAC.
	SONDA TEMPERATURA		PURGADOR
	MANÓMETRO		VÁLVULA DE 3 VIAS AUTOM.
	FLUIDO FRÍO		FLUIDO CALIENTE

<p>UC3M UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID</p>	TÍTULO: PROYECTO DE INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS, CALEFACCIÓN Y PISCINA EN UN EDIFICIO DE VIVIENDAS
	<p>LOCALIZACIÓN: Avd/DEL BRILLANTE N°142 (CÓRDOBA)</p>
AUTOR: ANTONIO LUIS RELAÑO PEÑA	<p>ESCALA: SIN ESCALA</p>
<p>FECHA: MARZO 2010</p>	<p>NÚMERO: 11</p>
<p>PLANO: CONEXIONADO DE LOS COLECTORES</p>	