

# ***INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN, A.C.S. Y VENTILACION***

***PROYECTO BÁSICO, DE EJECUCIÓN Y ACTIVIDAD.  
6 UNIDADES DE INFANTIL, S.U.M. Y COMEDOR EN EL  
NUEVO CEIP EN EL BARRIO DE SOLAGUA, LEGANÉS  
Parcela 44.E7. PP - 6. Calles del NOGAL, LONDRES y  
VIENA SOLAGUA. RESIDENCIAL U/M. LEGANÉS.  
MADRID***

## ***MEMORIA Y CÁLCULOS***

### ***ANEXO IC-8***

## ***CALCULO SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR***

## **ÍNDICE**

1. OBJETO Y ANTECEDENTES
  - 1.1. INTRODUCCIÓN
  - 1.2. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN A CUMPLIR
  - 1.3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA
2. DATOS DE PARTIDA Y CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO
  - 2.1. CONDICIONES DE USO
  - 2.2. DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS
  - 2.3. CARGAS DE CONSUMO
  - 2.3.1. ORDENANZA SOBRE CAPTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR PARA USOS TÉRMICOS
  - 2.4. DIMENSIONADO BÁSICO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR
3. DEMANDA DIARIA DE A.C.S.
4. ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN, DISTANCIAS Y SOMBRAS
  - 4.1. ELECCIÓN DE LA INCLINACIÓN
  - 4.2. ELECCIÓN DE LA ORIENTACIÓN
  - 4.3. PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN
  - 4.4. PÉRDIDAS POR SOMBRAS
  - 4.5. RESUMEN DE PÉRDIDAS
5. CÁLCULO DE LA CARGA DE CONSUMO Y ENERGÍA DISPONIBLE.
  - 5.1. CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA
  - 5.2. CÁLCULO DE ENERGÍA APROVECHABLE
6. COLECTORES E INTENSIDAD ÚTIL
  - 6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS COLECTORES
  - 6.2. CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DEL COLECTOR
7. ENERGÍA ÚTIL Y DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN
8. DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR
  - 8.1. GENERALIDADES
  - 8.2. SITUACIÓN DE LAS CONEXIONES
  - 8.3. VOLUMEN DE ACUMULACIÓN
  - 8.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS DE ACUMULACIÓN

## **ÍNDICE**

- 9. CONFIGURACIÓN
  - 9.1. COLECTORES
  - 9.2. CONFIGURACIÓN ELEGIDA
    - 9.2.1. SISTEMA DE TRANSFERENCIA TÉRMICA
    - 9.2.2. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO
    - 9.2.3. SISTEMA AUXILIAR
- 10. SISTEMA AUXILIAR
  - 10.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN
  - 10.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE. PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE PARA A.C.S.
  - 10.3. TRATAMIENTO ANTILEGIONELA DEL A.C.S.
  - 10.4. CALDERAS. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
  - 10.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS DE ACUMULACIÓN
  - 10.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR
- 11. FLUIDO DE TRABAJO
  - 12.1. TIPO DE TUBERÍAS
    - 12.1.1. INSTALACIÓN INDIVIDUAL DE AGUA CALIENTE SANITARIA
    - 12.1.2. INSTALACIÓN INDIVIDUAL DE AGUA CALIENTE PARA CALEFACCIÓN
    - 12.1.3. INSTALACIÓN DE CAPTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR
    - 12.1.4. INSTALACIÓN COMÚN DE AGUA CALIENTE SANITARIA
    - 12.1.5. INSTALACIÓN COMÚN DE AGUA CALIENTE PARA CALEFACCIÓN
  - 12.2. ESPESORES DE AISLANTE
  - 12.3. CÁLCULO DE LA RED
- 13. CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN

# 1. OBJETO Y ANTECEDENTES

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene por objeto establecer y justificar todos los datos constructivos que permiten la definición y construcción de los elementos que componen **la instalación de captación solar para producción de Agua Caliente Sanitaria**, sus principales características de funcionamiento, con los cálculos justificativos, del “PROYECTO BÁSICO, DE EJECUCIÓN Y ACTIVIDAD. 6 UNIDADES DE INFANTIL, S.U.M. Y COMEDOR EN EL NUEVO CEIP EN EL BARRIO DE SOLAGUA, LEGANÉS Parcela 44.E7. PP - 6. Calles del NOGAL, LONDRES y VIENA SOLAGUA. RESIDENCIAL U/M. LEGANÉS. MADRID”, y así como la valoración de las unidades constructivas que intervienen en su realización a fin de asegurar su buen funcionamiento y el cumplimiento de la reglamentación vigente.

### **Datos Generales**

Titular: D.G. INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS DE LA CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN, JUVENTUD Y DEPORTE  
Dirección: C/ SANTA HORTENSIA, 30. 28002. MADRID.  
Emplazamiento: Parcela 44.E7. PP - 6. Calles del NOGAL, LONDRES y VIENA SOLAGUA. RESIDENCIAL U/M. LEGANÉS. MADRID

### **Finalidad y descripción de la instalación**

La instalación de captación solar tiene por finalidad el aprovechamiento energético de la radiación solar incidente en la cubierta del edificio y su utilización en la producción de agua caliente sanitaria para consumo humano.

El sistema de captación solar estará formado por:

Campo	1
Ubicación	Cubierta
Nº de paneles	Batería 1x4
Azimut:	0º S
Inclinación:	45º

La configuración de los edificios que componen el proyecto permite tener una orientación única. Existe una batería de paneles que se encuentran desviadas respecto al sur 0º S.

Todos los campos de paneles se instalarán en la cubierta plana de los edificios, inclinados 45º respecto a la horizontal.

Los campos de paneles solares se complementan con un sistema de intercambio mediante el cual se transferirá la energía solar captada por los paneles al agua fría proveniente de la red, un sistema de almacenamiento, donde se almacenará la energía solar captada cuando la demanda no coincide con la producción y un sistema de apoyo auxiliar compuesto por un conjunto de calderas centralizadas para producción de calefacción y de A.C.S.

La producción de agua caliente sanitaria por medio de métodos tradicionales se realiza de forma centralizada con las calderas arriba indicadas y con acumulación también centralizada.

Además se ha previsto evacuar la energía sobrante en el periodo estival por medio de un aerotermo situado en la cubierta del edificio por el que circulará el agua calentada de los captadores cuando no exista consumo ni posibilidades de almacenar más energía.

## **1.2. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN A CUMPLIR**

Tanto en la redacción de este documento como para su posterior ejecución se observarán todas y cada una de las especificaciones contenidas en los siguientes Reglamentos:

- Sección HE4 del Documento Básico HE de Ahorro de Energía del C.T.E. (RD 314/2006). Así como sus modificaciones posteriores.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Térmicas Complementarias, aprobadas por el Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio. Así como sus modificaciones posteriores (BOE Nº 51 de 28 de febrero de 2008).
- Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales aprobada por Real Decreto 31/1995 de 8 de Noviembre y la Instrucción para la aplicación de la misma (B.O.E. 8/3/1996).
- Todas las Normas UNE y de la CEE a las que se hace referencia en las RITE y el CTE.
- Reglamento electrotécnico para baja tensión (Decreto 842/2002 de 2 de agosto BOE Nº 224 de 18 de septiembre) y sus instrucciones técnicas complementarias.

## **1.3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA**

- Pliego de Condiciones Técnicas de I.D.A.E./I.N.T.A. para Instalaciones energía solar térmica de Baja Temperatura
- Texto refundido de las especificaciones técnicas de diseño y montaje de instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente y las modificaciones de aplicación en el programa Prosol de la sociedad para el desarrollo energético de Andalucía (SODEAN, S.A.)
- Curso de instalaciones de energía solar de CENSOLAR

## 2. DATOS DE PARTIDA Y CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

Los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación están constituidos por dos grupos de parámetros que definen las condiciones de uso y climáticas.

### 2.1. CONDICIONES DE USO

Las condiciones de uso vienen dadas por la demanda energética asociada a la instalación según los diferentes tipos de consumo.

En este proyecto la energía solar captada por la instalación se utilizará para la producción de Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.). La demanda energética se determina en función del consumo de agua caliente y aparece en el epígrafe 3.

### 2.2. DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS

Las condiciones climáticas vienen dadas por la radiación global total en el campo de captación, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de la red.

Los datos de condiciones climáticas utilizados en este proyecto proceden de los estudios publicados por CENSOLAR.

- Provincia: MADRID
- Latitud de cálculo: 40
- Longitud [°/min.]: 3,7 W
- Altitud [m]: 667
- Velocidad media del viento [Km/h]: 10 NE
- Temperatura máxima en verano [°C]: 35,5
- Temperatura mínima en invierno [°C]: -4
- Temp. mínima histórica [°C]: -16
- Variación diurna [°C]: 15
- Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 100002):(Todo el año): 1.403
- Tª de datos de consumo (°C) 60 °C
- Fluido caloportador: Agua + Etilenglicol

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tª. media ambiente diaria [°C]:	6	8	11	13	18	23	28	26	21	15	11	7	15,6
Tª. media del agua de red [°C]:	8	8	10	12	14	17	20	19	17	13	10	8	13,0
Radiación horizontal [kJ/m²/día]:	8.172	10.600	13.600	18.800	20.900	23.500	26.000	23.100	16.900	11.400	7.500	5.900	15.531

ORIGEN DE LOS DATOS: Atlas de Radiación Solar 2012 AEMET  
CTE DB-HE4 2013

## 2.3. CARGAS DE CONSUMO

Para la definición de las cargas de consumo (demanda de agua caliente sanitaria) se seguirán las indicaciones dadas en:

- Apartado 4.1 Cálculo de la demanda de la **sección HE4 del Documento Básico HE** del Código Técnico de la Edificación, (Versión publicada en el BOE 12/09/2013 con corrección de errores del BOE del 08/11/2013).

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

En este proyecto, según dichas indicaciones, se debe prever una demanda de **4 L/día a 60°C** por persona ya que se trata de viviendas unifamiliares.

A efectos del cálculo de la carga de consumo los valores de temperatura de agua fría se tomarán los valores publicados por DB-HE4.

Adicionalmente se tendrán en cuenta las pérdidas en distribución/recirculación del agua a los puntos de consumo.

## 2.4. DIMENSIONADO BÁSICO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR

El dimensionado básico de las instalaciones o sistemas a medida se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y, en caso de que exista, al volumen de acumulación solar, para la aplicación a la que está destinada la instalación.

El dimensionado básico de una instalación, para cualquier aplicación, deberá realizarse de forma que en ningún mes del año la energía producida por la instalación solar supere el 110 % de la demanda de consumo y no más de tres meses seguidos el 100 %. A estos efectos, y para

instalaciones de un marcado carácter estacional, no se tomarán en consideración aquellos periodos de tiempo en los cuales la demanda se sitúe un 50 % debajo de la media correspondiente al resto del año.

El rendimiento de la instalación se refiere sólo a la parte solar de la misma.

Para el cálculo del dimensionado básico de las instalaciones objeto de este proyecto se ha utilizado el método de cálculo propuesto por CENSOLAR. En estos cálculos se especificará, sobre base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y del aporte solar. Asimismo, el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

- La demanda de energía térmica.
- La energía solar térmica aportada.
- La fracción solar media anual.
- El rendimiento medio anual.

Independientemente de lo especificado en los párrafos anteriores, en caso de A.C.S., se debe tener en cuenta que el sistema solar se debe diseñar y calcular 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 y el aporte, al no ser ésta simultánea con la generación.

Para esta aplicación el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

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

donde

A será el área total de los captadores, expresada en m<sup>2</sup>

V es el volumen del depósito de acumulación solar, expresado en litros

M es el consumo medio diario de los meses de verano, expresado en litros

Los captadores que integran la instalación serán del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.



### 3. DEMANDA DIARIA DE A.C.S.

Para el cálculo de la demanda se han aplicado los criterios indicados anteriormente (apartado 2.3). Partiendo de la configuración del edificio y de los datos relacionados en el apartado 2.3 del epígrafe 2 se obtienen los consumos que se indican a continuación.

	Criterio de demanda	Litros/día unidad	unidad	Nº Aulas	Alumnos/ aula	Nº Unidades	Litros/día HE4	Litros/día Centralizada	Litros/día Adoptado
14	Escuela sin ducha	4	Por persona	6	24	144	576	633,6	650

Número normal de usuarios:	144
Consumo medio por usuario [L/día]:	4
Consumo a máxima ocupación [L/día]:	576
Factor de centralización	1,1
Consumo a máxima ocupación [L/día]:	650
Temperatura de utilización [°C]:	60

## 4. ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN, DISTANCIAS Y SOMBRAS

### 4.1. ELECCIÓN DE LA INCLINACIÓN

La experiencia nos dice que lo más práctico es partir de una inclinación determinada, que sea  $10^\circ$  mayor que la diferencia entre  $90^\circ$  y la altura solar al mediodía del mes medio del período considerado. Por mes medio se entiende un hipotético mes -que no tiene por qué coincidir necesariamente con alguno de los 12 meses naturales - cuya relación Aportación/Consumo sea igual al cociente entre la aportación solar total y el consumo total en el período en que la instalación se encuentre activa (todo el año si no se indica lo contrario). En España, y suponiendo un consumo más o menos homogéneo a lo largo del año, el mes medio suele coincidir en muchas provincias con el mes de marzo y, por lo tanto, al ser en dicho mes la altura solar al mediodía precisamente igual a  $90^\circ$  menos la latitud del lugar, se puede aplicar la regla simple de tomar la inclinación de los colectores  $10^\circ$  mayor que la latitud.

El criterio que elegiremos para dimensionar la superficie colectora es que el área de la misma sea tal que haga que la aportación solar total en el período en que la instalación esté activa sea igual al consumo, o lo que es lo mismo, que la fracción Aportación/Consumo del mes medio sea igual a la unidad. En cualquier caso se cumplirá con los porcentajes de contribución solar mínima establecidos en el Art. 2.1 de la sección HE 4 del DB HE Ahorro de energía, que para este proyecto es del 60% (zona climática IV + consumo total entre 5.000 y 10.000 L/día).

Por otra parte el RITE en su IT 1.2.4.6 remite a la Sección HE 4 DB HE del CTE, para el dimensionado de las instalaciones de captación solar para la producción de agua caliente sanitaria.

Por último, la Sección HE 4 DB HE del CTE establece como inclinación óptima, y de referencia para el cálculo de pérdidas por inclinación los valores indicados en la tabla siguiente.

*Inclinación de los colectores en función del período de utilización*

<i>Período de utilización</i>	<i>Inclinación de los colectores</i>
<i>Demanda anual constante</i>	$\beta$
<i>Preferentemente en invierno</i>	$(\beta + 10)^\circ$
<i>Preferentemente en verano</i>	$(\beta - 10)^\circ$

Según los criterios antes indicados el ángulo de inclinación debería encontrarse en el intervalo  $30^\circ$  -  $50^\circ$ .

No obstante, con objeto de evitar que los paneles se vean desde la calle se ha elegido una **inclinación para los paneles solares de  $45^\circ$** .

### 4.2. ELECCIÓN DE LA ORIENTACIÓN

Los colectores han de situarse de tal forma que a lo largo del periodo anual de utilización aprovechen al máximo la radiación solar disponible. Se considera la dirección Sur como orientación óptima. Las características de la cubierta han permitido la colocación de los paneles con la orientación deseada. Considerando todas las orientaciones posibles y la configuración de las cubiertas la orientación elegida será:

- **Azimut:  $0^\circ$  (orientados al Sur).**

#### 4.3. PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

Según el DB HE 4 debe verificarse con el gráfico siguiente el valor de las pérdidas.

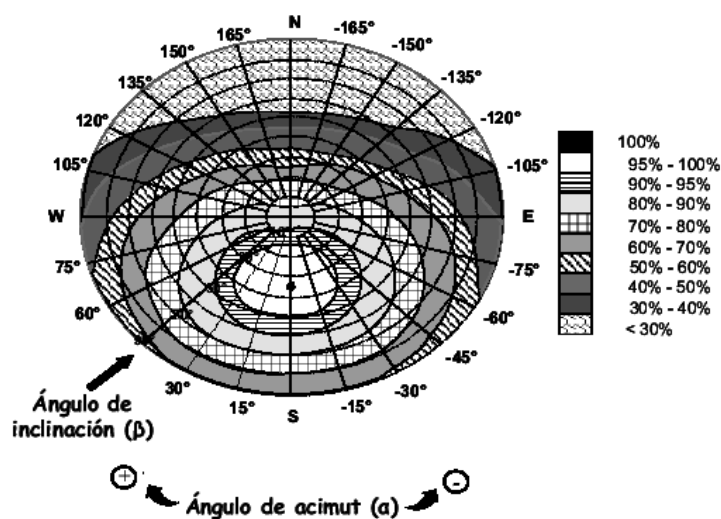


Figura 3.3  
Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación.

Del gráfico se observa que para la inclinación y el acimut elegido las pérdidas se ubican en la zona de 95-100%.

Para comprobar estos resultados calculamos la producción energética en las condiciones óptimas de referencia (acimut=0°, inclinación=40°) y las condiciones reales de instalación (acimut=23°, inclinación=35°). Compararemos los valores obtenidos y obtendremos de esta forma el porcentaje de pérdidas por este concepto.

Ahorro energético (Termias)		Porcentaje pérdidas
Cond. reales	0° / 40°	
4.430	4.462	0,72 %

De la comparación de estos dos valores se observa que las pérdidas por este concepto no sobrepasan el 10%.

En consecuencia se cumplen los requisitos establecidos en la tabla 2.3 de DB HE 4: las pérdidas por orientación e inclinación deben ser menores del 10%.

#### 4.4. PÉRDIDAS POR SOMBRAS

La ubicación de los paneles es tal que no existen obstáculos que arrojen sombras sobre los mismos.

#### 4.5. RESUMEN DE PÉRDIDAS

Las pérdidas totales son del 0,72 % que no superan el límite establecido para la suma total de pérdidas por ambos conceptos (15%).

## 5. CALCULO DE LA CARGA DE CONSUMO Y ENERGIA DISPONIBLE.

A partir de los valores obtenidos en el epígrafe 3 se calculará la carga de consumo diario medio de cada mes, y a partir de las tablas de radiación se determinará el valor de la radiación total diaria media de cada mes para la orientación e inclinación de diseño y para el lugar geográfico más próximo al punto donde vaya a estar situada la instalación solar.

Para la determinación de carga de consumo y energía disponible se ha seguido el método de cálculo propuesto por CENSOLAR.

### 5.1. CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA

La demanda energética en instalaciones de agua caliente sanitaria viene dada por el volumen de consumo diario y las temperaturas de preparación y de agua fría.

La temperatura de preparación utilizada en los cálculos es de 60°C, que es a esa temperatura de referencia del DB HE 4.

A efectos del cálculo de la carga de consumo, los valores de temperatura de agua fría se toman de los datos publicados por DB HE 4 y aparecen reflejados en esta memoria.

Adicionalmente se tendrán en cuenta las pérdidas por disponibilidad (acumulación) y distribución/recirculación del agua a los puntos de consumo.

Los resultados se resumen más adelante.

### 5.2. CÁLCULO DE ENERGÍA APROVECHABLE

Para el cálculo de la energía aprovechable E que incide en un día medio de cada mes sobre cada m<sup>2</sup> de la superficie inclinada de los colectores, se parte de la tabla general de irradiación horizontal media H para cada mes en la provincia considerada (Madrid en este caso).

*Energía H en kilojulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes.*

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Radiación horizontal [kJ/m2/día]:	8.172	10.600	13.600	18.800	20.900	23.500	26.000	23.100	16.900	11.400	7.500	5.900	15.531

Se realizarán las siguientes correcciones:

Una vez conocida H, que puede coincidir con el valor de las tablas o haber sido modificada de acuerdo a lo explicado anteriormente, el siguiente paso es utilizar el factor de corrección por inclinación k que nos permite evaluar la irradiación diaria incidente E sobre un colector inclinado, sencillamente multiplicando H por dicho factor, el cual se encuentra tabulado para todas las latitudes e inclinaciones posibles. Es suficiente con tomar el valor de k correspondiente a la latitud e inclinación que más se aproxime a la que dan las tablas, sin necesidad de realizar cálculo intermedio alguno.

La inclinación de los paneles elegida es de 35° (véase epígrafe 4) y la latitud del emplazamiento 40,4° Norte (Madrid).

A continuación se indican los valores del coeficiente k para una inclinación de 35° y una latitud de 40°.

LATITUD = 40°

Incli.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
35	1,37	1,28	1,17	1,06	0,98	0,95	0,98	1,07	1,21	1,37	1,47	1,45

El valor  $E = kH$  será la energía total teórica que podemos esperar que incida en un día medio del mes considerado en cada  $m^2$  de colector.

Los resultados se resumen a continuación más adelante.

## 6. COLECTORES E INTENSIDAD ÚTIL

### 6.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS COLECTORES

Se van a emplear colectores solares planos selectivos de la marca JUNKERS, los cuales proporcionan un mayor rendimiento a la instalación. Así, para un mismo rendimiento la superficie útil a instalar es menor que con colectores no selectivos, lo que permite abaratar el coste de la instalación, aún para un mayor coste de colectores.

El tratamiento selectivo de los colectores consiste en una deposición de óxido de Titanio sobre la superficie absorbente de cobre.

#### Datos técnicos:

- Marca del captador: JUNKERS
- Modelo de captador: FKT-2
- Factor de eficiencia del captador: 0,794
- Coeficiente global de pérdida  $[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$ : 3,863
- Superficie útil del captador  $[m^2]$ : 2,23

### 6.2 CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DEL COLECTOR

Como con el resto de las variables, debe realizarse el cálculo mes a mes del rendimiento práctico  $\mu$  del colector. A partir de la curva de rendimiento teórico dada por el fabricante:

$$\text{Curva de rendimiento del captador: } r = 0,794 - 3,863 \cdot (t_e - t_a) / I_t$$

En cuanto al valor de  $t_m$  (temperatura media de la placa absorbadora), únicamente podría medirse experimentalmente, pero la experiencia nos dice que, a efectos prácticos de cálculo, es suficiente con tomar el valor medio de  $t_0$  igual al valor medio de la temperatura en el acumulador. Por otra parte, es lógico que así sea pues, al alcanzarse un régimen estable de trabajo, el agua en el acumulador alcanzará la misma temperatura que el fluido caloportador, el cual está en contacto directo con la placa absorbadora.

Al tratarse de un sistema de A.C.S., la temperatura media en el punto de consumo se tomará igual a 42°C y la temperatura media en el acumulador  $t_m$ , 60°C.

## 7. ENERGÍA ÚTIL Y DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN

Una vez conocidos la energía neta incidente  $E$  y el rendimiento del colector  $\eta$ , la energía aportada por cada  $m^2$  de colector en cada mes será, simplemente, el producto  $\eta E$ . El método elegido para determinar la cobertura solar es el denominado f-Chart.

A continuación se resumen los resultados obtenidos para cada una de las orientaciones elegidas.

### DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS

	Provincia:							Madrid					
	Latitud:							40,4					
	Temperatura mínima histórica [°C]:							-16					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tª. media ambiente diurna [°C]:	6	8	11	13	18	23	28	26	21	15	11	7	15,6
Tª. media del agua de red [°C]:	8	8	10	12	14	17	20	19	17	13	10	8	13,0
Radiación horizontal [kJ/m²/día]:	8.172	10.600	13.600	18.800	20.900	23.500	26.000	23.100	16.900	11.400	7.500	5.900	15.531
Radiación inclinada [kJ/m²/día]:	11.441	13.674	15.640	18.988	19.019	20.680	23.920	23.793	20.280	15.846	11.400	8.850	16.961

ORIGEN DE LOS DATOS: Atlas de Radiación Solar 2012 AEMET  
CTE DB-HE4 2013

### DATOS RELATIVOS A LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS

	Número normal de usuarios:												144
	Consumo medio por usuario [L/día]:												4
	Factor de centralización												1,1
	Consumo a máxima ocupación [L/día]:												650
	Temperatura de utilización [°C]:												60
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
% de ocupación:	100	100	100	100	100	50	0	0	50	100	100	100	100

### DATOS RELATIVOS AL CAPTADOR

Curva de rendimiento del captador:  $r = 0,794 - 3,863 * (t_e - t_a) / I_t$

$t_e$ :	Temperatura de entrada del fluido al captador [°C]
$t_a$ :	Temperatura media ambiente [°C]
$I_t$ :	Radiación [W/m²]

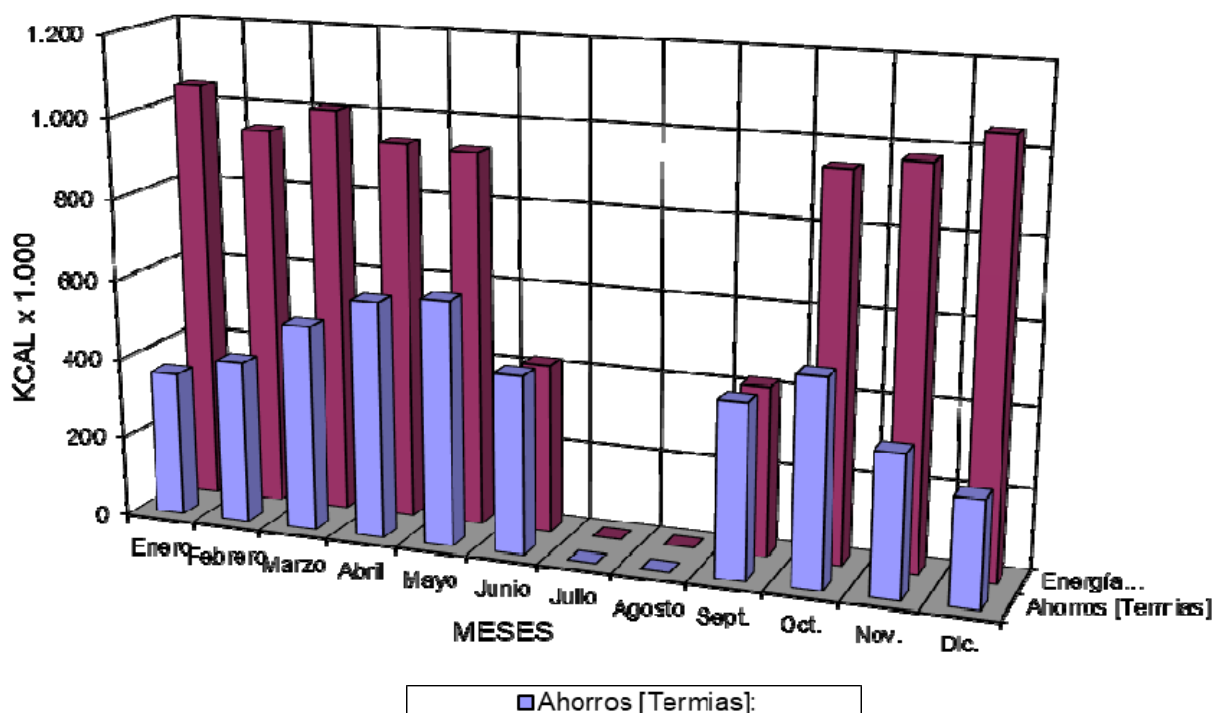
Fabricante del captador:	JUNKERS
Modelo de captador:	FKT-2 S
Factor de eficiencia del captador:	0,794
Coefficiente global de pérdida [W/(m²·°C)]:	3,863
Superficie útil del captador [m²]:	2,230

**CÁLCULO ENERGÉTICO**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Consumo mensual de agua [m3]:	20,2	18,2	20,2	19,5	20,2	9,8	0,0	0,0	9,8	20,2	19,5	20,2	177,5
Incremento de temperatura [°C]:	52	52	50	48	46	43	40	41	43	47	50	52	47,0
Energía Necesaria [Termias]:	1.048	946	1.008	936	927	419	0	0	419	947	975	1.048	8.673

Número de captadores:	4
Área total de captadores [m2]:	8,9
Volumen de acumulación [L]:	500
Volumen de acumulación [L/m2]:	56,05
Radiación inclinada (Termias/ año):	13.253
Rendimiento [%]:	33,4
Inclinación adoptada [°]:	45
Desorientación o azimut [°]:	0 S

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Energía Necesaria [Termias]:	1.048	946	1.008	936	927	419	0	0	419	947	975	1.048	8.673
Ahorros [Termias]:	360	405	512	589	607	441	0	0	432	508	349	262	
Ahorros [%]:	34,3	42,8	50,8	62,9	65,5	105,2	0,0	0,0	103,0	53,7	35,8	25,0	
Ahorros [Termias]:	360	405	512	589	607	419	0	0	419	508	349	262	4.430
Ahorros [%]:	34,3	42,8	50,8	62,9	65,5	100,0	0,0	0,0	100,0	53,7	35,8	25,0	51,1

**NECESIDADES Y AHORROS (A.C.S.)**



## **8. DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR**

---

### **8.1. GENERALIDADES**

Los acumuladores para A.C.S. y por estar en contacto con agua potable deberán cumplir los requisitos de UNE EN 12897.

Los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en el planta baja, en cuarto dedicados a este fin (central hídrica).

Los acumuladores llevarán válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

### **8.2. SITUACIÓN DE LAS CONEXIONES**

Con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán las establecidas en los puntos siguientes:

- a) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50 % y el 75 % de la altura total del mismo.
- b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- c) La alimentación de agua de retorno de consumo y la del agua fría de red al depósito se realizará por la parte inferior. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.

La/s entrada/s de agua de retorno de consumo estarán equipadas con una placa deflectora en la parte interior, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador.

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

Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, éstos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados.

La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

### **8.3. VOLUMEN DE ACUMULACIÓN**

El dimensionado de los depósitos de almacenamiento depende de tres factores:

- Superficie colectora instalada
- Temperatura de utilización
- Características de los colectores
- Desfase entre captación-almacenamiento y consumo

Como resultado de todos estos factores se recomienda un volumen de acumulación que se encuentre dentro del siguiente intervalo:

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

donde

A será el área total de los captadores, expresada en m<sup>2</sup>

V es el volumen del depósito de acumulación solar, expresado en litros

### **Volumen elegido**

Aplicando los criterios antes indicados el volumen de acumulación elegido es de: **1x500 L**

### **8.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS DE ACUMULACIÓN**

Depósito vertical para producción y acumulación de ACS de 500 L de capacidad, marca LAPESA, mod. GX-500-M1 con serpentín incorporado. Fabricado acero inoxidable. Aislado térmicamente con 80 mm. de espesor de espuma rígida de poliuretano inyectada en molde, de 50 kg/m<sup>3</sup> de densidad y libre de CFC y HCFC y recubrimiento en ABS. Presión máxima de trabajo 8 bar. Temperatura máxima de trabajo 90°C.

- Capacidad total 500 litros;
- Producción de ACS de: 1.304 litros (con un salto térmico de 10-45°C) (T<sup>a</sup> entrada=80°C, caudal= 2 m<sup>3</sup>/h).
- Potencia absorbida de 53 kW (T<sup>a</sup> entrada=80°C, caudal= 2 m<sup>3</sup>/h).
- Superficie de intercambio de 1,8 m<sup>2</sup>.
- Montaje en posición suelo.
- Peso en vacío: 117 kg.
- Dimensiones: 1.690 x 770 mm (altura x diámetro).

Incluido:

- Protección catódica compuesta por ánodos permanentes "Correx up"
- Boca de hombre
- Patas soporte
- Accesorios de seguridad y control tales como, manómetro, termómetro, válvula de seguridad y válvula desagüe.

## 9. CONFIGURACIÓN

---

### 9.1. COLECTORES

Se van a emplear colectores solares planos selectivos. Para un mismo rendimiento la superficie útil a instalar es menor que con colectores no selectivos, lo que permite abaratar el coste de la instalación, aún para un mayor coste de colectores. Estos paneles se instalarán en posición inclinada en la cubierta del edificio; formando 45° con la horizontal.

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se conectarán entre sí en paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila los captadores se conectarán en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante (en nuestro caso 10).

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores.

### 9.2. CONFIGURACIÓN ELEGIDA

#### 9.2.1. Sistema de transferencia térmica

Se ha elegido un sistema de transferencia térmica indirecta en el que existe un intercambiador de calor y el fluido caloportador del primario no está nunca en contacto físico ni se mezcla con el A.C.S.

Existirán, por tanto, dos circuitos hidráulicos distintos: el circuito de los colectores o circuito primario y el circuito de agua caliente sanitaria o circuito secundario, ambos separados por medio de un intercambiador de calor de tubular interno al depósito de acumulación.

El primer circuito será del tipo cerrado y con circulación forzada. Será el encargado de transportar la energía captada por los colectores solares al intercambiador. El fluido que circulará por este circuito será agua con etilen-glicol para evitar la congelación en el periodo invernal.

El circuito secundario será del tipo abierto y con circulación forzada. El fluido será agua potable procedente de la red y directamente apta para el consumo. A través del intercambiador antes indicado tomará la energía procedente de los colectores solares.

#### 9.2.2. Sistema de almacenamiento

Se ha elegido un sistema de almacenamiento centralizado en un depósito situado en la central térmica sin ninguna acumulación distribuida.

### **9.2.3. Sistema auxiliar**

En cuanto al sistema auxiliar de apoyo-almacenamiento de A.C.S., se ha elegido un sistema en línea distribuido independiente (del de energía solar) con acumulador centralizado, alimentado por el agua procedente del acumulador solar.

Este diseño permite aprovechar al máximo la energía solar aplicándola sobre el agua fría, mientras que la convencional de apoyo lo hace solamente sobre el agua precalentada por la solar, respetando de esta forma el principio de separación entre ambas.

Esta configuración se puede observar en el esquema de principio de la instalación que aparece en los planos adjuntos a esta memoria.

## **10. SISTEMA AUXILIAR**

---

### **10.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN**

(Ver apartado 8.1 de la memoria)

### **10.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE. PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE PARA A.C.S.**

(Ver apartado 8.2 de la memoria)

### **10.3. TRATAMIENTO ANTILEGIONELA DEL A.C.S.**

(Ver apartado 8.3 de la memoria)

### **10.4. CALDERAS. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

(Ver apartado 8.4 de la memoria)

### **10.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS DE ACUMULACIÓN**

(Ver apartado 8.5 de la memoria)

## 11. FLUIDO DE TRABAJO

---

Tal como se ha indicado anteriormente tendremos dos circuitos: el primario y el secundario.

Por el circuito secundario circulará el agua potable apta para el consumo.

Como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará agua con aditivos anticongelantes, según las características climatológicas del lugar y del agua utilizada. El anticongelante deberá estar perfectamente mezclado.

El aditivo elegido es el etilenglicol con una concentración de 35% en volumen. Obteniéndose de esta forma un fluido con punto de congelación a 19°C (tres grados por debajo de la temperatura mínima histórica del lugar de emplazamiento (Madrid)).

El calor específico del fluido caloportador es de 0,885 kcal/kg°C (a 40°C).  
La densidad del fluido caloportador es de 1,035 g/cm<sup>3</sup>

En cualquier caso el pH a 20 °C del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9, y el contenido en sales se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

- a) La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 µS/cm.
- b) El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l. expresados como contenido en carbonato cálcico.
- c) El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

Para evitar una eventual contaminación del agua potable por el fluido del circuito primario se ha previsto un sistema de transferencia por intercambiador de placas externo al depósito de acumulación.

Se ha previsto un depósito auxiliar para reponer las pérdidas que se puedan dar del fluido en el circuito, y otro para la recogida del fluido del circuito primario en caso que sea necesario vaciar la instalación para su mantenimiento, reparación o desmontaje.

En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas con reposición de agua de red.

## 12. TUBERÍAS Y AISLAMIENTO

---

### 12.1. TUBERÍAS Y CONEXIONES

Las conducciones serán de materiales adecuados en cumplimiento con lo especificado en las normas UNE, siendo los mismos los detallados a continuación:

#### **Distribución general de agua caliente para calefacción**

Las instalaciones comunes destinadas a la circulación del agua caliente destinada a la distribución de la calefacción, serán tubería en acero negro estirado calidad según UNE EN 10255, con uniones soldadas y soportes ejecutados en perfiles de acero normalizado. Aislada a base de coquillas y planchas de espuma elastomérica tipo armaflex SH de 30, 20 y 10 mm. de espesor hasta conseguir el espesor reglamentado, sujeto a base de adhesivo armaflex, sellado de uniones a base de cinta de 3 mm.

En exteriores, en partes visibles y cuartos técnicos se protegerá con acabados en chapa de aluminio de 0,6 mm de espesor con uniones rebordeadas y fijación por tornillos o remaches.

Las conexiones entre equipos con partes en movimiento y tuberías se efectuarán mediante elementos flexibles que permitan dicho movimiento sin perjudicar a las mismas.

#### **Distribución de agua caliente sanitaria**

Las conducciones serán de materiales adecuados en cumplimiento con lo especificado en las normas UNE, siendo los mismos los detallados a continuación:

Tubería para red de distribución de calefacción en Polietileno Reticulado de alta densidad PE-Xb, sistema HXU con total uniformidad de reticulación en su estructura molecular, con barrera antidifusión para evitar la absorción de oxígeno homologado y certificado según norma UNE/EN de fabricación aplicable.

Todas las tuberías estarán aisladas a base de coquillas y planchas de espuma elastomérica tipo armaflex SH de 30, 20 y 10 mm. de espesor hasta conseguir el espesor reglamentado, sujeto a base de adhesivo armaflex, sellado de uniones a base de cinta de 3 mm.

Las conexiones entre equipos con partes en movimiento y tuberías se efectuarán mediante elementos flexibles que permitan dicho movimiento sin perjudicar a las mismas.

#### **Distribución de agua caliente para radiadores y suelo radiante**

Las conducciones serán de materiales adecuados en cumplimiento con lo especificado en las normas UNE, siendo los mismos los detallados a continuación:

Tubería para red de distribución de calefacción en Polietileno Reticulado de alta densidad PE-Xa, sistema HXU con total uniformidad de reticulación en su estructura molecular, con barrera antidifusión para evitar la absorción de oxígeno homologado y certificado según norma UNE/EN de fabricación aplicable.

Todas las tuberías estarán aisladas a base de coquillas y planchas de espuma elastomérica tipo armaflex SH de 30, 20 y 10 mm. de espesor hasta conseguir el espesor reglamentado, sujeto a base de adhesivo armaflex, sellado de uniones a base de cinta de 3 mm.

Las conexiones entre equipos con partes en movimiento y tuberías se efectuarán mediante elementos flexibles que permitan dicho movimiento sin perjudicar a las mismas.

### Instalación de captación de energía solar

Las tuberías de conexión entre los paneles solares y el intercambiador de calor externo (primario) y entre éste y los depósitos de acumulación serán de cobre UNE-EN 1.057. Aislada a base de coquillas y planchas de espuma elastomérica tipo armaflex SH de 30, 20 y 10 mm. de espesor hasta conseguir el espesor reglamentado, sujeto a base de adhesivo armaflex, sellado de uniones a base de cinta de 3 mm.

En exteriores, partes visibles y cuartos técnicos se protegerá con acabados en chapa de aluminio de 0,6 mm de espesor con uniones rebordeadas y fijación por tornillos o remaches.

Las conexiones entre equipos con partes en movimiento y tuberías se efectuarán mediante elementos flexibles que permitan dicho movimiento sin perjudicar a las mismas.

## 12.2. ESPESORES DE AISLANTE

Los tramos de la red que discurren por zonas no calefactadas, al contener fluido a temperatura superior a 40 °C, se aislarán con materiales cuya conductividad sea igual o menor que  $\lambda = 0,04 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$ .

El material con el que se aislarán las tuberías será coquilla tipo ISOVER, o ARMAFLEX o similar aprobado por la d.f. cuyo espesor mínimo lo tomamos de la tablas 1.2.4.2.1. y 1.2.4.2.2. de la IT 1.2.1.2.1.2., en función del diámetro de la tubería y la temperatura del fluido y de si discurren por el interior o el exterior del edificio.

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

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

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

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido ( °C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Cuando se utilicen materiales cuya conductividad sea distinta de  $\lambda_{\text{ref}} = 0,040 \text{ W/(m K)}$  a 10 °C, los espesores se corregirán aplicando la fórmula:



$$e = \frac{D_i}{2} \cdot \left[ e^{\left( \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \ln \frac{D_i + 2 \cdot e_{ref}}{D_i} \right)} \right]$$

donde:

e = espesor aislante en mm

e<sub>ref</sub> = espesor de referencia

D<sub>i</sub> = Diámetro interior de la tubería en mm

λ = Conductividad del aislante en W/(m K)

λ<sub>ref</sub> = 0,040 W/(m K)

e = número neperiano e (igual a 2,7183)

Espesores mínimos según el φ (diámetro exterior) de la tubería sin aislar:

El aislante será del tipo elastomérico del tipo IT/Armaflex o equivalente para la tubería de agua fría y del tipo SH/Armaflex o equivalente para la tubería de agua caliente.

### 12.3. CÁLCULO DE LA RED

De acuerdo a lo especificado en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, se ha limitado a una velocidad inferior a 2 m/s y una pérdida de carga lineal inferior a 40 mmc.d.a./m (normalmente no superior a 25 mm c.d.a./m)

Los resultados de este cálculo aparecen en los planos correspondientes.

### 12.4. BOMBAS DE CIRCULACIÓN

Las bombas de circulación las dimensionaremos para vencer la pérdida de carga total que se produzca en el punto más desfavorable de la red o circuito crítico, calculado con las hipótesis anteriores.

A continuación, detallamos los resultados obtenidos donde se deducen las características de caudal y potencia que requerirán las bombas:

#### BCS1

MARCA	WILO	
MODELO	YONOS PICO-D 30/1-8	
CAUDAL	L/h	1.120
PRESION	m.c.a.	6
CAUDAL	constante	
VELOCIDAD	r.p.m.	4.400
MOTOR ELECTR. (P2n)	kW	0,100
POT. ABSORBIDA (P1)	kW	0,058

#### BRACS

MARCA	WILO	
MODELO	YONOS PICO-D 30/1-6	
CAUDAL	L/h	300
PRESION	m.c.a.	5
CAUDAL	constante	
VELOCIDAD	r.p.m.	4.700
MOTOR ELECTR. (P2n)	kW	0,10
POT. ABSORBIDA (P1)	kW	0,03

BACS

MARCA	WILO
MODELO	YONOS PICO-D 30/1-8
CAUDAL	L/h 650
PRESION	m.c.a. 6
CAUDAL	constante
VELOCIDAD	r.p.m. 4.400
MOTOR ELECTR. (P2n)	kW 0,10
POT. ABSORBIDA (P1)	kW 0,044

BCSV

MARCA	WILO
MODELO	DP-E 32/135-1,1/2
CAUDAL	L/h 2.450
PRESION	m.c.a. 17
CAUDAL	variable
VELOCIDAD	r.p.m. variable
MOTOR ELECTR. (P2n)	kW 1,10
POT. ABSORBIDA (P1)	kW 0,71

BCRD

MARCA	WILO
MODELO	DP-E 32/95-0,55/2
CAUDAL	L/h 3.155
PRESION	m.c.a. 12
CAUDAL	variable
VELOCIDAD	r.p.m. variable
MOTOR ELECTR. (P2n)	kW 0,55
POT. ABSORBIDA (P1)	kW 0,267

BCSQ

MARCA	WILO
MODELO	DP-E 32/105-0,75/2
CAUDAL	L/h 4.485
PRESION	m.c.a. 15
CAUDAL	variable
VELOCIDAD	r.p.m. variable
MOTOR ELECTR. (P2n)	kW 0,75
POT. ABSORBIDA (P1)	kW 0,657

BCSE

MARCA	WILO
MODELO	DP-E 32/105-0,75/2
CAUDAL	L/h 3.880
PRESION	m.c.a. 15
CAUDAL	variable
VELOCIDAD	r.p.m. variable
MOTOR ELECTR. (P2n)	kW 0,75
POT. ABSORBIDA (P1)	kW 0,623

Las bombas de caudal variable llevarán incorporado sondas de presión, el variador de velocidad y la regulación correspondiente.

## 13. CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN

Para calcular el sistema de expansión aplicaremos todas las recomendaciones y cálculos referidos en la norma UNE 100-155-88 partiendo de los datos ya calculados de volúmenes de agua en los circuitos y de las temperaturas y presiones de diseño:

- Temperatura de entrada del agua ( $T_{ea}$ ) = 85 °C

Según la norma UNE 100-155-88, en su apartado 5 (coeficiente de expansión), al estar la temperatura del agua comprendida entre 70 °C y 140 °C (ambas excluidas), debemos emplear la expresión (4) del citado apartado:

$$C_e = (-33,4 + 0,738 \cdot T_{ea}) \cdot 10^{-3}$$

La presión máxima de funcionamiento del vaso será ligeramente menor que la presión de tarado de la válvula de seguridad, que, a su vez, será inferior a la menor entre las presiones máximas de trabajo, a la temperatura de funcionamiento de los equipos y aparatos que forman parte del circuito, por tanto elegiremos el menor entre los siguientes valores:

$$\begin{aligned} P_{m\acute{a}x} &= 0,9 \cdot P_{vs} + 1 && \text{(es el 10 \% menor que } P_{vs}) \\ P_{m\acute{a}x} &= P_{vs} + 0,65 && \text{(es 0.35 bar menor que } P_{vs}) \end{aligned}$$

Conocida la presión máxima de funcionamiento pasamos a calcular el coeficiente de presión (apartado 6 de la norma), que representa la relación entre el volumen total y el volumen útil del vaso:

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{V_t}{V_u} \\ C_p &= \frac{P_{m\acute{a}x}}{P_{m\acute{a}x} - P_{min}} \end{aligned}$$

El volumen del vaso cerrado lo calcularemos con la ecuación (16) del apartado 8 de la norma:

$$V_t = V_{inst} \cdot C_p \cdot C_e$$

donde:

$V_t$  = Volumen total del Vaso

$V_{inst}$  = Volumen de la instalación

$C_p$  = Coeficiente de presión

$C_e$  = Coeficiente de expansión

$P_{m\acute{a}x}$  = Presión máxima

$P_{min}$  = Presión mínima de llenado

Aplicando la norma UNE 100-157-89 dispondremos una válvula de seguridad para evitar sobrepresiones en el circuito y una tubería de expansión que conectará el vaso con el circuito y cuyo diámetro lo calculamos según la ecuación (1) del apartado 6 de la citada norma:

$$D = 15 + 1,5 \cdot P^{0,5}$$

P = Potencia nominal del generador en kW con  $D \geq 25$  mm.

La tubería de seguridad no presentará estrechamientos y se montará con inclinación hacia el vaso de expansión para garantizar la circulación del agua e impedir la acumulación de aire.

**Las dimensiones definitivas del vaso de expansión serán realizadas después del trazado definitivo de las tuberías y del cálculo “in situ” del volumen de agua de la instalación.**