



**Trabajo fin de grado**

# **Proyecto de instalación de sistema ACS**

**Para acceder al Título de**

## **Grado en Recursos Energéticos**

**Autor: Alberto Bárcena Ruiz**

**Director: Ramón Lecuna Tolosa**

**Septiembre 2015**



## **INDICE**

### **MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **MEMORIA JUSTIFICATIVA**

Anejo 1: INTRODUCCION

Anejo 2: ANTECEDENTES

Anejo 3: OBJETO Y ALCANCE

Anejo 4: SITUACION

Anejo 5: ESTUDIO DEL MEDIO

Anejo 6: DESCRIPCION SISTEMAS ENERGETICOS EXISTENTES

Anejo 7: DESCRIPCION DEL EDIFICIO

Anejo 8: JUSTIFICACION DE LA SOLUCION

Anejo 9: DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACION

9.1 Fundamentos teóricos

9.2 Demanda energética

9.3 Zona climática

9.4 Necesidades energéticas de ACS

9.5 Sistema de captación



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



- 9.6 Sistema de acumulación
- 9.7 Sistema hidráulico
  - 9.7.1 Caudal circuito primario
  - 9.7.2 Diámetro de tubería
- 9.8 Sistema de impulsión circuito primario
- 9.9 Sistema de regulación y control
- 9.10 Sistema auxiliar
- 9.11 Vaso de expansión

Anejo 10: Estudio de seguridad y salud

Anejo 11: Estudio impacto ambiental

Anejo 12: Normativa

Anejo 13: Estudio económico

## **PLANOS**

1. Plano de situación
2. Vista en planta
3. Vista cubierta
4. Vista alzado
5. Vista cubierta con campo de captación
6. Esquema de la instalación



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



**PLIEGO DE CONDICIONES**

**PRESUPUESTO**

**ANEXOS**

**ANEXO 1:** Fichas técnicas

**ANEXO 2:** Manual de uso y mantenimiento



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



# DOCUMENTO 1: MEMORIA



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



# MEMORIA DESCRIPTIVA



## **ANEJO 1: Introducción**

El aprovechamiento por el hombre de las fuentes de energía renovable, entre ellas las energías: solar, eólica e hidráulica, es muy antiguo; desde muchos siglos antes de nuestra era ya se utilizaban y su empleo continuó durante toda la historia hasta la llegada de la "Revolución Industrial", en la que, debido al bajo precio del petróleo, fueron abandonadas.

Durante los últimos años, debido al incremento del coste de los combustibles fósiles y los problemas medioambientales derivados de su explotación, estamos asistiendo a un renacer de las energías renovables.

Las energías renovables son inagotables, limpias y se pueden utilizar de forma autogestionada (ya que se pueden aprovechar en el mismo lugar en que se producen). Además tienen la ventaja adicional de complementarse entre sí, favoreciendo la integración entre ellas. Por ejemplo, la energía solar fotovoltaica suministra electricidad los días despejados (por lo general con poco viento, debido al dominio del anticiclón), mientras que en los días fríos y ventosos, frecuentemente nublados, son los aerogeneradores los que pueden producir mayor energía eléctrica.

Ha costado algo de tiempo, y aunque todavía quede mucho camino por recorrer, parece ser que las energías renovables van adquiriendo un papel cada vez más importante en el mix energético mundial. Es, a la hora de introducir estas energías en nuestras casas, donde andamos más rezagados. La falta de economías de escala, el necesario apoyo de los gobiernos en forma de primas o de reformas legislativas que fomenten la apuesta por estas energías, unido a la desinformación de lo que pueda suponer la instalación de estos sistemas en los hogares, pueden ser razones que hagan más reticentes al público en general a la hora de tomar esta decisión.



En función de nuestro compromiso con las energías renovables tenemos varias opciones para la aplicación de estas energías en nuestra vivienda.

- Agua Caliente Sanitaria: Como veremos más adelante, es obligatorio la instalación de un sistema renovable para el suministro de agua caliente sanitaria en las viviendas de nueva construcción.
- Climatización: La aplicación de estos sistemas para mantener nuestra casa a una temperatura confortable.
- Autoconsumo: La generación de energía para los aparatos eléctricos de la vivienda es el último paso para mantener un compromiso pleno con las energías renovables.

Hay muchos factores que considerar, pero el primero de ellos es conocer en qué consiste cada energía, y en qué medida su instalación va a afectar a nuestra vivienda, para posteriormente elegir la que más nos convenga.

### **ANEJO 2: Antecedentes**

Las "energías renovables", son en cambio; fuentes de energía inagotable. Además de ser energías limpias, es decir; con poco o nada de impacto ambiental.

Actualmente tenemos graves problemas con las fuentes "no renovables". Todos sabemos que el petróleo, el gas y el carbón, están llegando a su límite.

### **ANEJO 3: Objetivo y alcance**

El objetivo de este proyecto es la instalación de un sistema de AGUA CALIENTE SANITARIA apoyado en un sistema energético para el ahorro de combustible. Se realiza un proyecto para poder reducir lo máximo posible el gasto total. Para ello utilizaremos los mejores equipos y tecnologías que se



amolden a nuestro sistema instalado para lograr un rendimiento y durabilidad los bastante notable.

#### **ANEJO 4: Situación**

Este sistema de ACS va a ser instalado en una casa situada en la localidad de Ganzo. Es una localidad del municipio de Torrelavega (Cantabria, España). La localidad está a una altitud de 20 metros sobre el nivel del mar, y a una distancia de 2,2 kilómetros de la capital municipal, Torrelavega. En el año 2013 Ganzo contaba con una población de 1.435 habitantes.



*Foto 4.1 Mapa de localización de Ganzo*

#### **ANEJO 5: Descripción del medio**

##### **5.1 Localización**



Ganzo es un barrio perteneciente a Torrelavega, siendo este el segundo núcleo más importante de Cantabria, es la capital de la comarca del Besaya. Dicha comarca se extiende a lo largo del río Besaya, el cual funciona como eje articulador o corredor por el que circulan las principales vías de comunicación.

- Altitud: Su cota máxima es de 606 metros y, su cota mínima, de 12 metros. La capital municipal está a 25 msnm.
- Extensión: 35,54 km<sup>2</sup>. Ocupa el puesto 57 en cuanto a municipios por superficie en Cantabria (ver lista comparativa).
- Posición: 43°20'N 4°02'O

#### **5.1.1 Zonas:**

**Barreda:** A 2,2 kilómetros del centro de la capital municipal y a 20 metros de altitud.

**Campuzano:** A 1,2 kilómetros del centro de la capital municipal y a 30 metros de altitud.

**Duález:** A 2,3 kilómetros del centro de la capital municipal y a 12 metros de altitud.

**Ganzo:** A 2,2 kilómetros del centro de la capital municipal y a 20 metros de altitud.

**La Montaña:** A 3,9 kilómetros del centro de la capital municipal y a 220 metros de altitud.

**Sierrapando:** A 1 kilómetro del centro de la capital y a 50 metros de altitud.

**Tanos:** A 1,3 kilómetros del centro de la capital y a 45 metros de altitud.

**Torrelavega** (Capital): A 25 metros de altitud.

**Torres:** A 1,1 kilómetros del centro de la capital y a 25 metros de altitud.



**Viérnoles:** A 3,2 kilómetros del centro de la capital y a 80 metros de altitud.

## **5.1.2 Industria**

La comarca del Besaya es una de las tres zonas industriales de Cantabria y tiene en Torrelavega su cabecera y una relevante historia desde el punto de vista industrial que se extiende a lo largo de los dos últimos siglos.

## **5.2 Medio ambiente**

### **5.2.1 Clima**

Su clima es equivalente al de la áreas bajas y litorales cantábricas, caracterizado por una temperatura moderada a lo largo de todo el año. Las temperaturas máximas no sobrepasan los 33 grados centígrados, mientras las mínimas medias se mantienen todo el año por encima de los 5 grados centígrados y de los 20 en verano. Dispone, además, de un elevado capital hídrico, consecuencia de unas precipitaciones importantes, entre 1.000 y 1.100 litros por m<sup>2</sup>.

### **5.2.2 Naturaleza**

#### *Recursos naturales*

- La Sierra del Dobra (el Pico de la Capía constituye la cota más elevada del municipio (a 606 metros de altitud)) albergó asentamientos prerromanos y en el Pico se encontró un ara dedicada al dios Erudino, 14 obra del campesino Cornelio, de la gentilidad de los Aunigainum el 27 de julio de 399, desafiando la declaración del cristianismo como religión oficial del imperio por Teodosio y su autorización a los cristianos de castigar a los paganos. Posteriormente, se reconvirtió en lugar de peregrinación cristiana, erigiéndose en su cima la cruz símbolo del cristianismo. Además, podemos encontrar las cuevas de Puente Viesgo, mundialmente conocidas por sus pinturas rupestres, así como los castros celtas de Las Lleras, el Pico del Toro y de Jarramaya, y la Cueva



de Sovilla, que contiene pinturas rupestres paleolíticas y está declarada Bien de Interés Cultural.

- El Alto de la Montaña, de 200 metros de altitud, desde el que puede contemplarse, al igual que desde el Dobra, una panorámica que abarca toda la vega.
- El Parque de la Viesca, en la ribera del río Besaya, lugar de ocio y descanso para los torrelaveguenses. Se sitúa entre Torres y el puente que une Cartes y Santiago de Cartes.
- El Parque Manuel Barquín está considerado como el otro pulmón de la capital del Besaya. En él conviven especies vegetales muy variadas e incluso árboles centenarios. Este parque fue objeto hace años de certámenes culturales para subrayar su valor para la ciudadanía.
- El Parque de la Pedrosa, en Tanos.

#### *Fauna y flora urbanas*

Torrelavega, al igual que otras ciudades próximas al mar o a ríos de cierto caudal, alberga a gaviotas, palomas y estorninos que generan, sin embargo, problemas de higiene y para los que el ayuntamiento torrelaveguense toma medidas tendentes a evitar su concentración en determinadas zonas arboladas para alivio de los viandantes (por ejemplo, la instalación de dispositivos electrónicos que reproducen grabaciones de aves predatoras para alejar a los estorninos).

**5.2.3 Hidrografía:** Destacan el río Saja y el río Besaya. Ambos ríos forman la principal cuenca hidrográfica de Cantabria. El Saja nace en la sierra del Cordel, fluye desde los puertos de Sejos, recoge las aguas de Cabuérniga, pasa por Cabezón de la Sal y se dirige a Torrelavega, donde tras recibir las aguas del Besaya desemboca en la ría de San Martín de la Arena de Suances.

#### **5.2.4 Geología**





se producen). Además tienen la ventaja adicional de complementarse entre sí, favoreciendo la integración entre ellas.

### **6.2.1 Biomasa**

La biomasa tiene carácter de energía renovable ya que su contenido energético procede en última instancia de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso fotosintético. Esta energía se libera al romper los enlaces de los compuestos orgánicos en el proceso de combustión, dando como productos finales dióxido de carbono y agua.

#### TIPOS DE BIOCOMBUSTIBLES

- *Biocombustibles sólidos*
- *Biocombustibles líquidos o biocarburantes*
- *Biocombustibles gaseosos*
- *Gas de gasógeno*
- *Biogás*
- *Biomasa natural*
- *Biomasa residual*

### **6.2.2 Energía solar**

La energía solar es la fuente de energía más abundante de la Tierra. Además de renovable, disponible y gratuita, está en cantidad muy superior a las necesidades energéticas de la población mundial. Durante el año, el sol arroja sobre la tierra cuatro mil veces más energía que la que vamos a consumir.

Los sistemas solares se pueden clasificar en dos grupos:

- *Sistemas pasivos*



- Sistemas activos

La energía solar térmica

Una clasificación de este tipo de sistemas solares activos, puede ser en función del nivel de temperaturas de funcionamiento:

- Sistemas de alta temperatura
- Sistemas de media temperatura
- Sistemas de baja temperatura

### **6.2.3 Geotermia**

La energía geotérmica es una de las fuentes de energía renovable menos conocidas y se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en forma de calor y ligada a volcanes, aguas termales, fumarolas y géiseres.

### **ANEJO 7: El edificio**

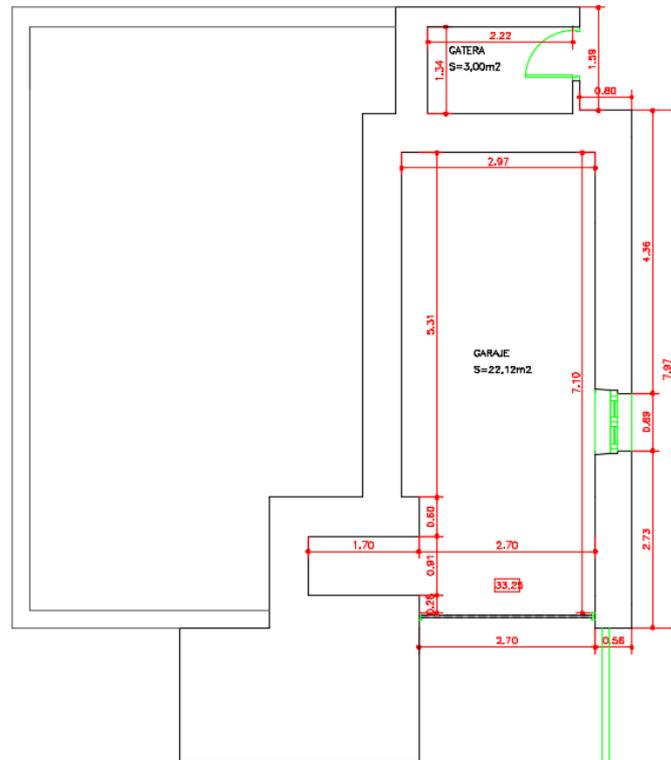
El diseño e instalación de ACS con energía solar se va a producir en una casa situada en el barrio de Ganzo, perteneciente a la localidad de Torrelavega (Cantabria). La casa es de uso particular y privado.

#### *Distribución de espacios*

##### *Garaje*



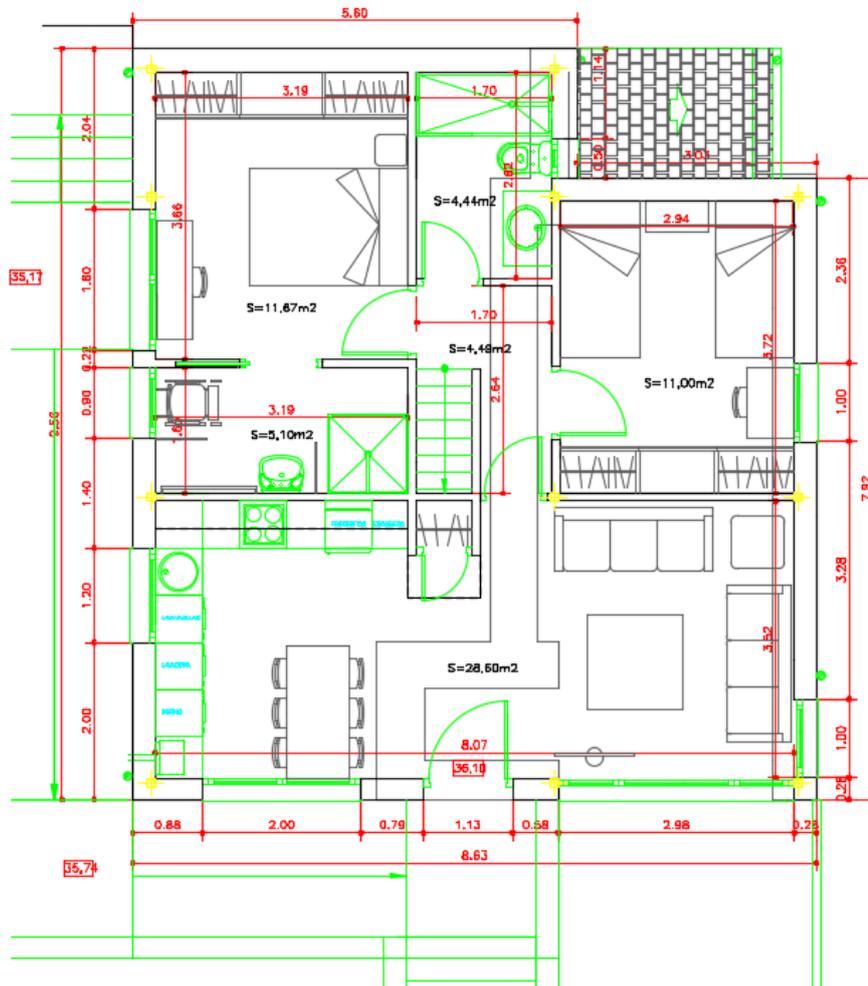
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



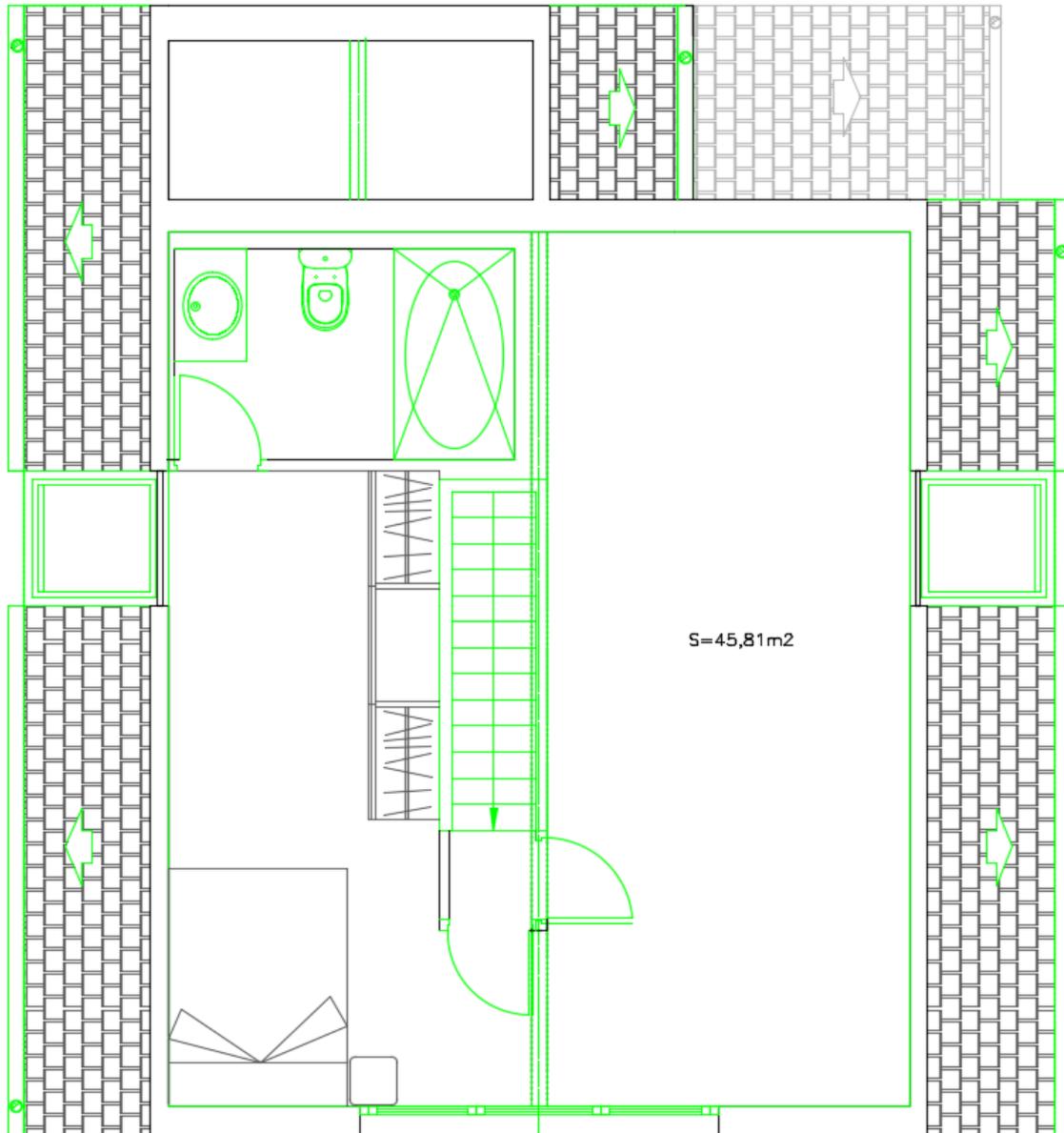
Planta baja



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



*Planta bajo cubierta*



### Sistemas de calefacción

En la vivienda nos encontramos con una instalación de calefacción que funciona gracias a una caldera de condensación, la cual utiliza gas natural. Con la cual calienta el agua caliente sanitaria y el sistema de calefacción de la casa.



## **ANEJO 8: Justificación de solución adoptada**

Las tres opciones que se plantean valorar para la instalación de un sistema que nos produzca un ahorro de combustible considerable en la caldera existente de gas natural siendo este rentable y económicamente viable son las siguientes:

- Biomasa
- Energía Geotérmica
- Solar térmica

Justificación de la solución:

En la siguiente tabla observamos del 1-3 la puntuación que le damos a los diversos tipos de instalación basándonos en los siguientes criterios:

1. **Económico:** Aportación económica total que supondrá el coste total de la instalación y su mantenimiento así como su gasto.
2. **Instalación:** Facilidad de llevar acabo el montaje y tiempo de obra
3. **Mantenimiento:** Gastos y tiempo que llevaría la instalación después de instalar y durante su uso.
4. **Contaminación:** Es el daño que haría cada sistema al medio ambiente con sus emisiones.
5. **Subvenciones:** Dinero o porcentaje que el estado nos proporcionaría por la instalación de energías renovables.
6. **Rendimiento:** Poder calorífico que podría otorgar con un mínimo de energía.
7. **Existencia del recurso:** Disponibilidad de la materia prima



	GEOTERMICA	BIOMASA	SOLAR TERMICA
<i>Económico</i>	1	2	3
<i>Instalación</i>	1	3	2
<i>Mantenimiento</i>	2	1	3
<i>Contaminación</i>	3	1	2
<i>Subvención</i>	1	2	3
<i>Rendimiento</i>	3	2	1
<i>Exist. recurso</i>	3	2	1
<b><u>TOTAL</u></b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>15</b>

3: Método bueno 2: Método regular 1: Método malo

Teniendo estos resultados la solución adoptada es realizar la instalación con ENERGIA SOLAR TERMICA con 15 puntos sobre la geotérmica.

## ANEJO 9: Dimensionamiento y diseño de la instalación

### 9.1 Fundamentos teóricos

Una instalación solar térmica tiene como objetivo el aprovechamiento de la radiación solar para diferentes aplicaciones, ya sea calefacción, producción de agua caliente sanitaria (ACS), calentamiento de piscinas, entre otros.

El esquema general de este tipo de instalaciones es el siguiente:

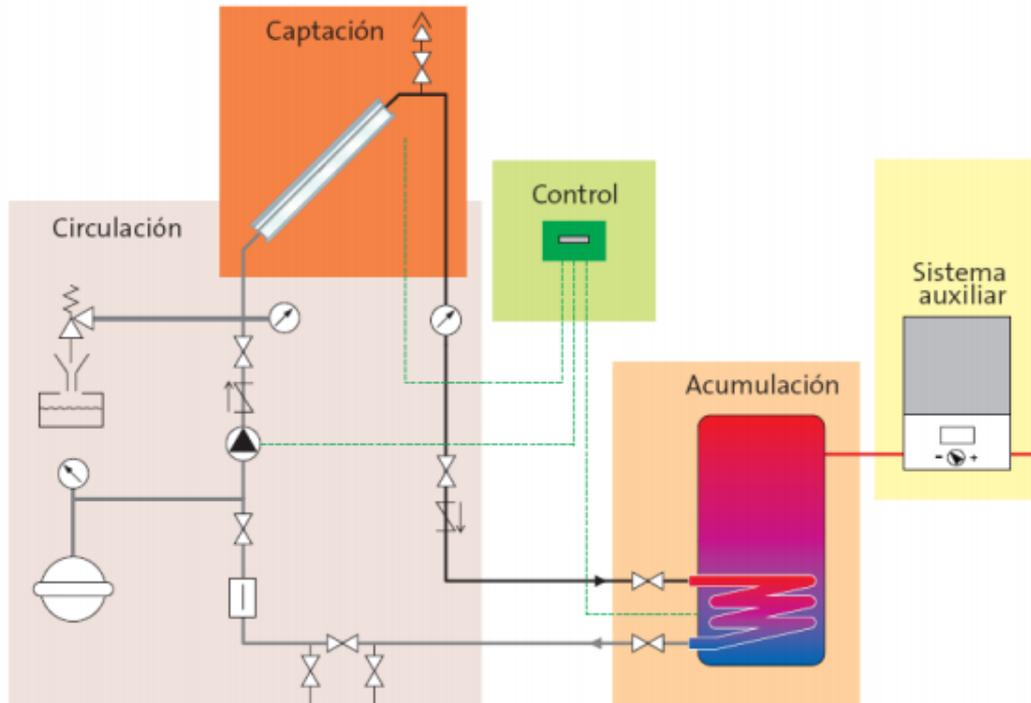


Foto 9.1 Esquema general de una instalación solar térmica

## 9.2 Calculo demanda

Nuestro esquema de la instalación será el que refleja la siguiente imagen, un sistema de circulación forzada:

Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la siguiente tabla (Demanda de referencia a 60 °C).

El número de usuario viene determinado por la siguiente tabla del Código Técnico, que lo calcula en función del número de dormitorios de cada vivienda:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	>6
Número de personas	1.5	3	4	5	6	6	7



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



De este modo obtenemos la demanda de agua caliente sanitaria:

*Vivienda*

<i>Nº de dormitorios</i>	3
<i>Nº de personas</i>	4
<i>Litros/día x unidad</i>	28
<i>Consumo (L/Día)</i>	112
<i>Temperatura de utilización [°C]:</i>	60°

A parte de los baños también tendremos que tener en cuenta la zona de cocina y limpieza, y un jacuzzi situado en la planta bajo cubierta.

<i>Aparatos</i>	<i>Nº personas</i>	<i>Consumo</i>	<i>Días</i>	<i>Total</i>
<i>Lavadora</i>	4	30	15	450
<i>Lavavajillas</i>	4	30	15	450
<i>Jacuzzi</i>	4	120	10	4800
				5700l/mes

Se consume 5700 litro al mes siendo 187.39 litros diarios que sumados a los 112 L/DIA por persona suman un total de 299,39 litros diarios.

Una vez calculado el consumo diario de la vivienda, calcularemos el consumo mensual y anual con el que valoraremos el proyecto de ACS con energía solar.

<b>Mes</b>	<b>L/Día</b>	<b>Días</b>	<b>L/Mes</b>
<b>Enero</b>	299,39	31	9281,09
<b>Febrero</b>	299,39	28	8382,92
<b>Marzo</b>	299,39	31	9281,09
<b>Abril</b>	299,39	30	8981,7
<b>Mayo</b>	299,39	31	9281,09





Carga calorífica mínima:

Carga Calorífica kJ	Carga calorífica 30%
2020716,039	606214,812
1790063,588	537019,076
1904136,268	571240,88
1767499,761	530249,928
1787556,496	536266,949
1692287,006	507686,102
1709836,649	512950,995
1748696,572	524608,972
1729893,383	518968,015
1826416,42	547924,926
1842712,517	552813,755
2020716,039	606214,812
<b>Total:</b>	<b>6552159,22 KJ/día</b>

### 9.5 Sistema de captación

A la hora de seleccionar el tipo de captador solar, he realizado una búsqueda de los captadores con un rendimiento superior al 80% pero con pérdidas inferiores al 3,8W/m<sup>2</sup>.K.

Captador	Rendimiento	Perdidas W/m <sup>2</sup> .K	Area	Precio m <sup>2</sup>
Promasol Titanio V1-k	0.803	3.503	1,88	316,16
Chromagen CR12-S8	0.802	3,275	2,58	261,62
<b>Roca SOL250</b>	<b>0.814</b>	<b>3,639</b>	<b>2,37</b>	<b>306,7</b>
VIESSMANN VITOSOL 300F	0,833	3,678	2,00	1.093,00

De los tres seleccionados el de mayor rendimiento es el ROCA SOL250, con unas pérdidas similares optamos por esta opción por ser la más económica, y disponer de una importante superficie de apertura que nos hará que tengamos que utilizar menor número de colectores.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



Para el cálculo del número de captadores tenemos en cuenta que irán apoyados directamente en el tejado. La cubierta tiene una inclinación de 30° por lo que este será el ángulo que tendrán los paneles.

<b>MESES</b>	<b>Rad Horzm2/dia</b>	<b>Factor k para 30°</b>	<b>Energía incidente por m2 al mes</b>	<b>Energía inciden en 30° por m2/mes</b>	<b>MJ al mes 30%</b>
<b>Enero</b>	5.0	1,37	155	212,35	606,21
<b>Febrero</b>	7.4	1,29	207,2	267,288	537,02
<b>Marzo</b>	11.0	1,2	341	409,2	571,24
<b>Abril</b>	13.0	1,1	390	429	530,25
<b>Mayo</b>	16.1	1,03	499,1	514,073	536,27
<b>Junio</b>	17.0	1	510	510	507,69
<b>Julio</b>	18.4	1,03	570,4	587,512	512,95
<b>Agosto</b>	15.5	1,11	480,5	533,355	524,61
<b>Septiembre</b>	13.0	1,24	390	483,6	518,97
<b>Octubre</b>	9.5	1,38	294,5	406,41	547,92
<b>Noviembre</b>	5.8	1,48	174	257,52	552,81
<b>Diciembre</b>	4.5	1,45	139,5	202,275	606,21
				<b>4812,583 MJ</b>	<b>6552,16 MJ</b>

Con las horas útiles de sol al día, sabiendo la energía incidente por m2, podemos calcular la intensidad útil media por hora (W/m2). Este dato es necesario para conocer el rendimiento de los captadores, ya que dependiendo de la energía incidente trabajaremos en una zona u otra de la gráfica de rendimiento.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



MESES	Rad Horzm2/dia	Rad. Kwh/m2.dia	Horas de sol útiles.	Intensidad útil por hora kW/m2
Enero	5	1,39	2,63	528,48
Febrero	7,4	2,06	3,75	547,47
Marzo	11	3,06	4,63	660,55
Abril	13	3,61	5,41	667,90
Mayo	16,1	4,47	5,62	795,86
Junio	17	4,72	5,89	801,60
Julio	18,4	5,11	6,02	849,11
Agosto	15,5	4,31	5,78	744,28
Septiembre	13	3,61	5,72	630,84
Octubre	9,5	2,64	4,41	598,30
Noviembre	5,8	1,61	2,98	540,22
Diciembre	4,5	1,25	2,44	511,69
<b>Promedio:</b>				656,36

Con los datos por mes de la intensidad útil y sabiendo la temperatura ambiente media por mes, que la tenemos en tablas, podemos calcular los rendimientos mensuales de los captadores en función de los datos aportados por el fabricante.

Meses	Intensidad Útil W/m2	T <sup>a</sup> Ambiente	T <sup>a</sup> Media	Rendimiento	k1	k2	%
Enero	528,48	11	70	81,40%	41%	6%	34,91%
Febrero	547,47	11	70	81,40%	39%	6%	36,52%
Marzo	660,55	14	70	81,40%	31%	4%	46,32%
Abril	667,90	14	70	81,40%	31%	4%	46,71%
Mayo	795,86	16	70	81,40%	25%	3%	53,45%
Junio	801,60	19	70	81,40%	23%	3%	55,36%
Julio	849,11	21	70	81,40%	21%	3%	57,88%



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



<b>Agosto</b>	744,28	21	70	81,40%	24%	3%	54,57%
<b>Septiembre</b>	630,84	20	70	81,40%	29%	4%	49,03%
<b>Octubre</b>	598,30	17	70	81,40%	32%	4%	44,99%
<b>Noviembre</b>	540,22	14	70	81,40%	38%	5%	38,51%
<b>Diciembre</b>	511,69	12	70	81,40%	41%	6%	34,30%
	656,36					Media	46,05%

Teniendo en cuenta estos rendimientos calculamos el número de captadores empezando por una unidad.

Meses	Energía incidente k 30°	Rend. Cap.	1 placa	MJ aportados	MJ TOTALES	%
<b>Enero</b>	606,21	35%	2,37	501,59	2020,72	25%
<b>Febrero</b>	537,02	37%	2,37	464,86	1790,06	26%
<b>Marzo</b>	571,24	46%	2,37	627,15	1904,14	33%
<b>Abril</b>	530,25	47%	2,37	587,00	1767,50	33%
<b>Mayo</b>	536,27	53%	2,37	679,30	1787,56	38%
<b>Junio</b>	507,69	55%	2,37	666,10	1692,29	39%
<b>Julio</b>	512,95	58%	2,37	703,69	1709,84	41%
<b>Agosto</b>	524,61	55%	2,37	678,50	1748,70	39%
<b>Septiembre</b>	518,97	49%	2,37	603,05	1729,89	35%
<b>Octubre</b>	547,92	45%	2,37	584,17	1826,42	32%
<b>Noviembre</b>	552,81	39%	2,37	504,56	1842,71	27%
<b>Diciembre</b>	606,21	34%	2,37	492,80	2020,72	24%
					<b>Media:</b>	<b>33%</b>

Con una placa el aporte anual sería del 33% por lo que cumpliría con los requisitos, pero como en la casa hay una idea de ampliación a corto plazo se colocaran 2 captadores.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



Meses	Energía incidente k 30º	Rend. Cap.	2 placas	MJ aportados	MJ TOTALES	%
Enero	606,21	35%	4,74	1003,17	2020,72	50%
Febrero	537,02	37%	4,74	929,71	1790,06	52%
Marzo	571,24	46%	4,74	1254,30	1904,14	66%
Abril	530,25	47%	4,74	1174,00	1767,50	66%
Mayo	536,27	53%	4,74	1358,61	1787,56	76%
Junio	507,69	55%	4,74	1332,21	1692,29	79%
Julio	512,95	58%	4,74	1407,37	1709,84	82%
Agosto	524,61	55%	4,74	1357,00	1748,70	78%
Septiembre	518,97	49%	4,74	1206,10	1729,89	70%
Octubre	547,92	45%	4,74	1168,34	1826,42	64%
Noviembre	552,81	39%	4,74	1009,11	1842,71	55%
Diciembre	606,21	34%	4,74	985,60	2020,72	49%
						65%

En este caso el ahorro sería del 65%.

### 9.6 Sistema de acumulación

El sistema de acumulación solar se debe dimensionar en función de la energía que aporta a lo largo del día, y no solo en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser esta simultánea con la generación.

#### SAUNIER DUVAL FE 400 S (400l)

VOLUMEN TOTAL ACUMULACION

400

NUM. CAPTADORES

1

SUPERFICIE TOTAL



4.74

RATIO CTE (50-180)

**84.38**

## 9.7 Sistema hidráulico

Un sistema hidráulico es un método de aplicación de fuerzas a través de la presión que ejercen los fluidos. El sistema hidráulico está compuesto por las tuberías que transportan el fluido caloportador de los colectores al intercambiador de calor, es decir, el circuito primario del intercambiador que está situado entre los colectores y los depósitos acumuladores.

### 9.7.1 Caudal circuito primario

La instalación que se va a realizar se denomina circuito primario. Esta compuesta por la red de tuberías que unen los captadores solares con el acumulador formando un circuito cerrado, por el cual circulara un anticongelante especial para su buen funcionamiento.

$$Q = 55L/h.m^2 \times 4,74m^2 = 260,7 L/h = 0,2607 m^3/h = 7,24 \times 10^{-5} m^3/s$$

### 9.7.2 Diámetro de tubería

Calculamos la velocidad del fluido:

$$Q = A \cdot V$$

Q	Diametro mm	Diametro int. mm	Area m <sup>2</sup>	V m/s
7,24 x10 <sup>-5</sup>	12	10	7,85x10 <sup>-5</sup>	0,922
<b>7,24 x10<sup>-5</sup></b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>1,32x10<sup>-4</sup></b>	<b>0,548</b>
7,24 x10 <sup>-5</sup>	18	16	2,01x10 <sup>-4</sup>	0,360
7,24 x10 <sup>-5</sup>	22	20	3,14x10 <sup>-4</sup>	0,230



## 9.8 Sistema de impulsión circuito primario

### *Pérdidas de carga lineales*

Es necesario conocer las propiedades del fluido que circulara por el circuito para el cálculo de las perdidas. En nuestro caso, como en la mayoría, se trata de agua con un 30% de glicol (anticongelante) el cual tiene estas características:

	Fluido	Agua – Glicol 30%
Longitud	$\rho$	1040 kg/m <sup>3</sup>
Diametro int. Mm	$\mu$	0,0014 N.s/m <sup>2</sup>

Longitud	Diametro int. Mm	Vel. m/s	Q (L/h)	Re	R= $\epsilon/D$	f	PDC m.c.a
26,96	13	0,548	260,7	10975,03	0,00274	0,03032	<b>0,9634</b>

El cálculo de las pérdidas singulares para los distintos elementos se resume en la siguiente tabla:

Elemento	Nº elementos	K	$\Delta h$
Codo 90º	8	0,7	5,6



---

Entrada de tanque	1	1,0	1
Salida de tanque	1	0,5	0,5
Te divergente	1	1,3	1,3
Válvulas de bola	3	0,3	0,9
		Total:	<b>9,3 m.c.a</b>

---

*Perdida de carga en los colectores*

$$\Delta h = 2 \text{ paneles} \times 1.27 = \mathbf{2,54 \text{ m.c.a.}}$$

*Perdida de carga del intercambiador*

$$\Delta h = 0.01 \text{ bar} \times 10,2 = \mathbf{0,102 \text{ m.c.a.}}$$

**PERDIDAS TOTALES: 12,9054 m.c.a**

#### 9.8.4 Elección de la bomba

Sabiendo que nuestras características de circuito son:

$$Q = 0.2607 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 12,9054 \text{ mca}$$

Teniendo estas características la bomba que se va a instalar es una **PENTIR NOCCHI DHR 2-30 M**, cuyas especificaciones a pleno rendimiento son:

$$Q = 0,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 25 \text{ mca}$$

#### 9.9 Sistema de regulación y control

Central solar CS 10



Regula la producción de Agua Caliente Sanitaria de la instalación solar. Con una programación correcta, esta central garantiza el máximo aprovechamiento de la energía solar recibida, pudiendo además controlar la caldera de apoyo que se le asigne.



Central solar CS 10

### 9.10 Sistema auxiliar

El modelo de caldera es BAXI NEODENS PLUS, una caldera mural de condensación de dimensiones compactas especialmente concebidas para ser integradas en espacios reducidos.

### 9.11 Vaso de expansión

Finalmente, el tamaño mínimo del vaso de expansión será:

$$V_{vaso} = V \cdot \epsilon \cdot \frac{P_f}{P_f - P_i} = 11,4427 \times 0,08 \times \frac{4}{4 - 1,5} = 1,46466 \text{ litros}$$

El vaso de expansión escogido es de la marca IBAIONDO, el modelo es **2-SMF**, cuya capacidad es de 2 litros suficientes pa cubrir nuestra instalación.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



Tipo	2-SMF
Presión Max.Bar	10 BAR
Temperatura Mínima/Máxima	-10+130°C
Capacidad	2 L
Precarga	2,5 BAR
Dimensiones	110x245
Conexión Agua R	3/4
Peso Kg.	0.80
Codigo	02002070

### **ANEJO 11: Estudio de seguridad y salud**

Según el Real Decreto 1627/1997, del 24 de Octubre, se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras, y se obliga a la realización de un estudio de seguridad y salud o un estudio básico de seguridad y salud, el cual tiene como objeto servir como base a para que las empresas contratistas y cualesquiera que participen en la ejecución de las obras las lleven a efecto para garantizar el mantenimiento de la salud y la integridad física de los trabajadores que participen en la misma.

#### **IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA Y RIEGOS LABORALES**

La obra consiste en la instalación de calefacción por aire caliente en un polideportivo, se realiza la identificación de los riesgos laborales, indicando las medidas preventivas y protecciones.

#### **IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS, PRINCIPIOS GENERALES DE SEGURIDAD Y SALUD**



En el cuadro siguiente se relacionan las situaciones tipificadas de riesgo potencial derivado de los trabajos de ejecución de las distintas unidades de obra del proyecto:

## SITUACIONES POTENCIALES DE RIESGOS PROFESIONALES Y DE DAÑOS A TERCEROS

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

Según el Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo

### **ANEJO 11: Estudio impacto ambiental**

Las instalaciones de energías renovables aportan un valor añadido distinto y muy difícil de cuantificar como es el respeto del medio ambiente.

La energía solar térmica se puede considerar una de las más respetuosas con el medio ambiente y se pueden destacar como efectos positivos los siguientes aspectos: Las instalaciones solares térmicas son sistemas limpios y silenciosos que tienen una vida útil cercana a los 25 años con unas necesidades de mantenimiento reducidas. La generación, el almacenamiento y consumo se producen en el mismo punto por lo que no es necesaria ninguna estructura de transporte aparte del propio sistema de distribución. La energía captada es transformada y utilizada directamente en forma de energía térmica por lo que no son necesarias transformaciones intermedias.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



El principal aspecto positivo, compartido con el resto de energías renovables, es la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera, si la energía sustituida tiene como fuente de energía primaria un combustible fósil.

Sin la instalación:

$$\text{GEI} = 6067,30 \text{ kWh} \times 286,5 \text{ g CO}_2 \text{ eq./ kWh}$$

$$\text{GEI} = 1738281,45 \text{ g CO}_2 \text{ eq.} = 1,738 \text{ t CO}_2 \text{ eq.}$$

Con la instalación:

$$\text{GEI} = 2171,60 \text{ kWh} \times 286,5 \text{ g CO}_2 \text{ eq./ kWh}$$

$$\text{GEI} = 622163,4 \text{ g CO}_2 \text{ eq.} = 0,622 \text{ t CO}_2 \text{ eq.}$$

Existe una disminución del **35,7%** de emisiones de Gases de Efecto Invernadero respecto a las emisiones sin la instalación solar.

**Total sin instalación: 12522,64 €**

45% de la demanda : 5185,18 €

Mantenimiento: 2500,00 €

Presupuesto: 4824,04 €

Subvención: -964.80€

**Total con instalación: 11544,41€**



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



Los beneficios que obtenemos son de 978,23 euros, no es una cantidad significativa ni pronunciada, pero si positiva. Juntando esto con la mejora medio ambiental y mejora de calidad de la vivienda hacen que el proyecto sea viable.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



# MEMORIA JUSTIFICATIVA



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



**ANEJO 1:**

# **INTRODUCCION**



## **ANEJO 1: Introducción**

El aprovechamiento por el hombre de las fuentes de energía renovable, entre ellas las energías: solar, eólica e hidráulica, es muy antiguo; desde muchos siglos antes de nuestra era ya se utilizaban y su empleo continuó durante toda la historia hasta la llegada de la "Revolución Industrial", en la que, debido al bajo precio del petróleo, fueron abandonadas.

Durante los últimos años, debido al incremento del coste de los combustibles fósiles y los problemas medioambientales derivados de su explotación, estamos asistiendo a un renacer de las energías renovables.

Las energías renovables son inagotables, limpias y se pueden utilizar de forma autogestionada (ya que se pueden aprovechar en el mismo lugar en que se producen). Además tienen la ventaja adicional de complementarse entre sí, favoreciendo la integración entre ellas. Por ejemplo, la energía solar fotovoltaica suministra electricidad los días despejados (por lo general con poco viento, debido al dominio del anticiclón), mientras que en los días fríos y ventosos, frecuentemente nublados, son los aerogeneradores los que pueden producir mayor energía eléctrica.

Ha costado algo de tiempo, y aunque todavía quede mucho camino por recorrer, parece ser que las energías renovables van adquiriendo un papel cada vez más importante en el mix energético mundial. Es, a la hora de introducir estas energías en nuestras casas, donde andamos más rezagados. La falta de economías de escala, el necesario apoyo de los gobiernos en forma de primas o de reformas legislativas que fomenten la apuesta por estas energías, unido a la desinformación de lo que pueda suponer la instalación de estos sistemas en los hogares, pueden ser razones que hagan más reticentes al público en general a la hora de tomar esta decisión.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



En función de nuestro compromiso con las energías renovables tenemos varias opciones para la aplicación de estas energías en nuestra vivienda.

- Agua Caliente Sanitaria: Como veremos más adelante, es obligatorio la instalación de un sistema renovable para el suministro de agua caliente sanitaria en las viviendas de nueva construcción.
- Climatización: La aplicación de estos sistemas para mantener nuestra casa a una temperatura confortable.
- Autoconsumo: La generación de energía para los aparatos eléctricos de la vivienda es el último paso para mantener un compromiso pleno con las energías renovables.

Hay muchos factores que considerar, pero el primero de ellos es conocer en qué consiste cada energía, y en qué medida su instalación va a afectar a nuestra vivienda, para posteriormente elegir la que más nos convenga.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



ANEJO 2:

# ANTECEDENTES



## **ANEJO 2: Antecedentes**

El Petróleo, el gas y carbón son energías no renovables que también se denominan combustibles fósiles. Las principales reservas de petróleo se encuentran en la "cuenca neuquina", en las provincias de Neuquén, La Pampay Mendoza. También en la cuenca del Golfo de San Jorge localizado en Chubut y Norte de Santa Cruz. Otra en Tierra del Fuego y otra también en Salta.

Las "energías renovables", son en cambio; fuentes de energía inagotable. Además de ser energías limpias, es decir; con poco o nada de impacto ambiental.

Actualmente tenemos graves problemas con las fuentes "no renovables". Todos sabemos que el petróleo, el gas y el carbón, están llegando a su límite. Para el año 2030 (dos mil treinta) se agotan las cuencas existentes y nos encontraremos en graves problemas. Necesitamos explorar y localizar nuevas Cuencas, y además es necesario al mismo tiempo desarrollar energías renovables a escala mayor en todo el territorio nacional.

Nuestro país cuenta con importantes zonas en dónde se pueden implementar el desarrollo de las energías renovables y explotaras; ya que son como dice su palabra: "naturales".

### *Problemas energías no renovables*

Las fuentes de energía no renovable son a menudo denominadas fuentes de energía convencionales, puesto que el sistema energético actual se basa en las energías fósiles y en la utilización de la nuclear. Asimismo, son consideradas energías sucias, ya que su utilización es causa directa de importantes daños en el medio ambiente y en la sociedad: destrucción de ecosistemas, daños en bosques y acuíferos, enfermedades, reducción de la productividad agrícola, corrosión de edificaciones, monumentos e infraestructuras, deterioro de la capa de ozono o la lluvia ácida... sin olvidar los



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



efectos indirectos como los accidentes en sondeos petrolíferos y minas de carbón o la contaminación por derramamientos químicos o de combustible.

Uno de los problemas ambientales más graves que está provocando el sistema energético basado en las fuentes no renovables es el denominado efecto invernadero, consecuencia de la emisión de CO<sub>2</sub> generado en la utilización de combustibles fósiles y que provoca un aumento de la temperatura en todo el planeta.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



ANEJO 3:  
**OBJETO Y  
ALCANCE**



### **ANEJO 3: Objetivo y alcance**

El objetivo de este proyecto es la instalación de un sistema de AGUA CALIENTE SANITARIA apoyado en un sistema energético para el ahorro de combustible. Se realiza un proyecto para poder reducir lo máximo posible el gasto total. Para ello utilizaremos los mejores equipos y tecnologías que se amolden a nuestro sistema instalado para lograr un rendimiento y durabilidad los bastante notable.

Este proyecto tendrá la finalidad de disminuir los problemas causantes de energías no renovables como emisiones en exceso o demasiado consumo de combustible, una vez finalizada la instalación calculada en este proyecto y si se aplicara a en la mayoría de los sitios con energías obsoletas reduciríamos el gasto global de combustible como gas natural o la reducción de gases causantes de problemas en el medio ambiente.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar

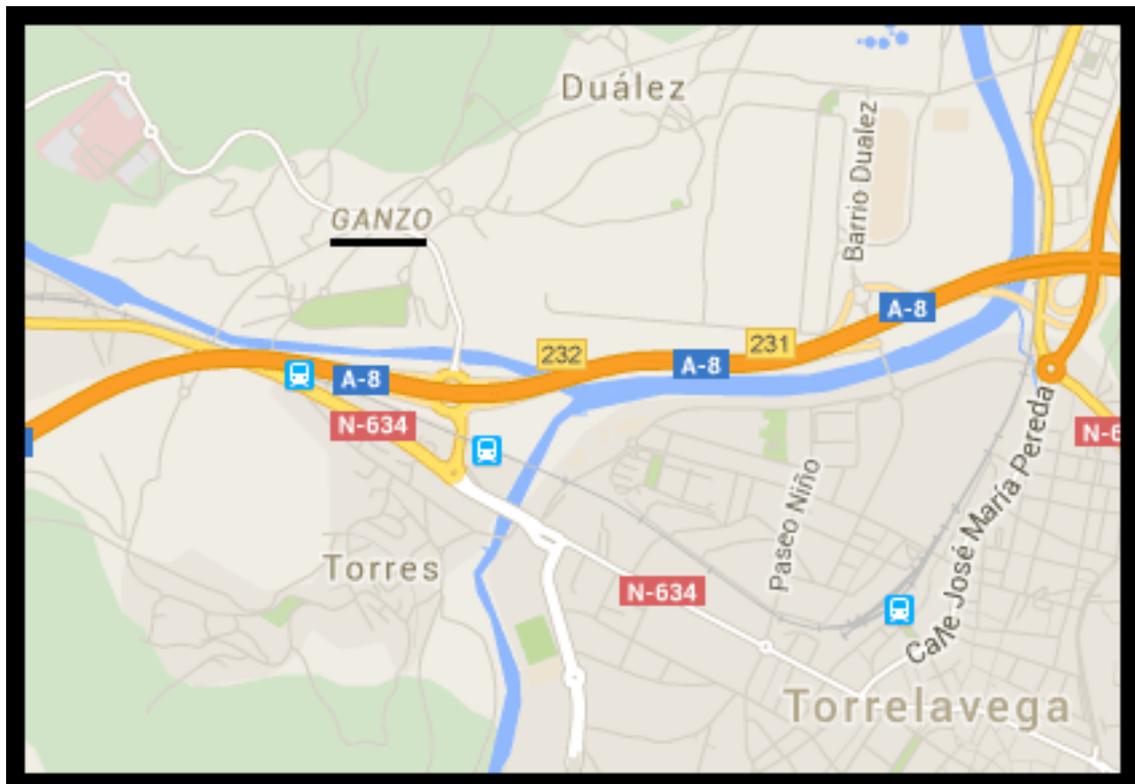


# ANEJO 4: SITUACION



#### **ANEJO 4: Situación**

Este sistema de ACS va a ser instalado en una casa situada en la localidad de Ganzo. Es una localidad del municipio de Torrelavega (Cantabria, España). La localidad está a una altitud de 20 metros sobre el nivel del mar, y a una distancia de 2,2 kilómetros de la capital municipal, Torrelavega. En el año 2013 Ganzo contaba con una población de 1.435 habitantes.



*Foto 4.1 Mapa de localización de Ganzo*



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar

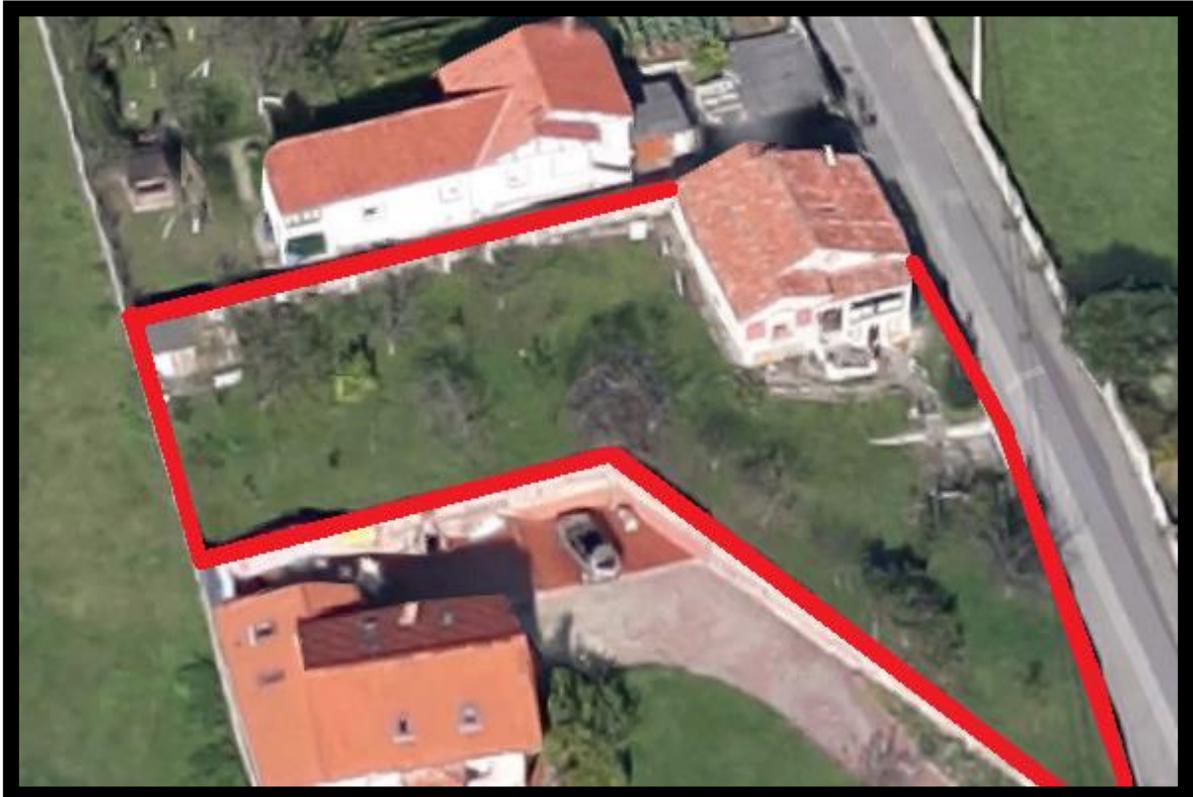


Torrelavega es un municipio del norte de España. Se trata de una ciudad industrial y comercial de la comunidad autónoma de Cantabria, capital de un área de influencia de unos 120.000 habitantes conocida como comarca del Besaya. La ciudad se sitúa en un valle o vega a unos 8 kilómetros de la costa Cantábrica y a 24,5 kilómetros de la capital autonómica (Santander). En ella confluyen los ríos Saja y Besaya. Torrelavega es una de las localidades de la Ruta del Besaya, y está acreditada como "Ciudad por el Comercio Justo".

La vivienda cuenta con garaje, planta baja y bajo cubierta, tiene una finca con 829 metros cuadrados.



**Foto 4.2** Vista aérea de la zona donde se sitúa la vivienda



*Foto 4.2 Parcela de la vivienda*

En esta imagen se observa las dimensiones donde se encuentra la vivienda en la cual se va a realizar el proyecto para obtener ACS con un sistema de energía renovable.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



ANEJO 5:  
**DESCRIPCION  
DEL MEDIO**



## **ANEJO 5: Descripción del medio**

### **5.1 Localización**

Ganzo es un barrio perteneciente a Torrelavega, siendo este el segundo núcleo más importante de Cantabria, es la capital de la comarca del Besaya. Dicha comarca se extiende a lo largo del río Besaya, el cual funciona como eje articulador o corredor por el que circulan las principales vías de comunicación. Posee un marcado carácter industrial, aunque desde Torrelavega prestan servicios importantes instituciones como el SCS a través de las instalaciones del Hospital Sierrallana o la Universidad de Cantabria a través de la impartición de las titulaciones de Logopedia, Fisioterapia, Ingeniería de los Recursos Mineros e Ingeniería de los Recursos Energéticos. La comarca está formada por los siguientes municipios de norte a sur y de oeste a este: El propio municipio de Torrelavega, Cartes, Los Corrales de Buelna, Cieza, Arenas de Iguña, Bárcena de Pie de Concha, Molledo, Anievas y San Felices de Buelna.

- Altitud: Su cota máxima es de 606 metros y, su cota mínima, de 12 metros. La capital municipal está a 25 msnm.
- Extensión: 35,54 km<sup>2</sup>. Ocupa el puesto 57 en cuanto a municipios por superficie en Cantabria (ver lista comparativa).
- Posición: 43°20'N 4°02'O
- 

#### **5.1.1 Zonas:**

**Barreda:** A 2,2 kilómetros del centro de la capital municipal y a 20 metros de altitud.

**Campuzano:** A 1,2 kilómetros del centro de la capital municipal y a 30 metros de altitud.



**Duález:** A 2,3 kilómetros del centro de la capital municipal y a 12 metros de altitud.

**Ganzo:** A 2,2 kilómetros del centro de la capital municipal y a 20 metros de altitud.

**La Montaña:** A 3,9 kilómetros del centro de la capital municipal y a 220 metros de altitud.

**Sierrapando:** A 1 kilómetro del centro de la capital y a 50 metros de altitud.

**Tanos:** A 1,3 kilómetros del centro de la capital y a 45 metros de altitud.

**Torrelavega** (Capital): A 25 metros de altitud.

**Torres:** A 1,1 kilómetros del centro de la capital y a 25 metros de altitud.

**Viérnoles:** A 3,2 kilómetros del centro de la capital y a 80 metros de altitud.

### 5.1.2 Industria

La comarca del Besaya es una de las tres zonas industriales de Cantabria y tiene en Torrelavega su cabecera y una relevante historia desde el punto de vista industrial que se extiende a lo largo de los dos últimos siglos. Allí se asentaron nombres internacionales como Solvay (que en 1867 inició la explotación de la sal de Polanco), Sniace (Sociedad Nacional de Industrias Aplicaciones Celulosa Española, que producía celulosa, fibrana, lignosulfonatos, energía eléctrica y hasta finales de 2005, poliamida. Fue junto a FEFASA (Miranda de Ebro) e ICNASA una de las primeras fábricas de fibras artificiales de España), Firestone (la antigua General, en el vecino municipio de Puente San Miguel, que obtiene neumáticos -agrícolas radiales, serie 9.000 en AGR y AGR llantas de 16" a 20") y Armando Álvarez, Álvarez Forestal y Aspla que llegaron a contar con miles de trabajadores y a ocupar grandes superficies



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



industriales y que siguen en marcha en la actualidad. También se explotaba durante 150 años y hasta el 2003 una importante mina metálica en Reocín, comenzando por la Real Compañía Asturiana, a la que tomó el relevo la compañía Asturiana de Zinc en 1965. Esta explotación estuvo muy vinculada a la Escuela Universitaria de Minas, puesto que ésta fue impulsada, junto con otras empresas, por la mina de Reocín, aportando ésta, a su vez, profesores a la escuela. El pozo de Santa Amelia llegó a medir 380 metros de profundidad y de él se extraían blenda y galena.

El químico industrial belga Ernest Solvay (1838-1922) en la Conferencia Solvay de 1911 (tercero sentado por la izquierda).



**Foto 5.1** Vista de Torrelavega

Antes de la apertura de la mina, la vega era eminentemente agrícola. Tras la quiebra de la Azucarera Montañesa, fundada en 1898, industrias lácteas como



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



la Universal Exportadora (1904), destinada a abastecer de leche a Madrid, tuvo un gran desarrollo, que culminó con el establecimiento de Sniace.

El asentamiento de fábricas de harina y encurtidos en Torrelavega a finales del siglo XIX y principios del siglo siguiente, tuvo mucho que ver con la autorización concedida al puerto de Santander para comerciar con ultramar, la apertura del camino harinero de Reinosa a mediados del siglo XVIII y la construcción del ferrocarril al costado del río Besaya, a lo largo de las hoces de Bárcena, de Iguña y de Buelna a mediados del siglo XIX. Cabe destacar el establecimiento de la fábrica del Grupo Solvay, que fue clave para el desarrollo de las localidades colindantes, al generar puestos de trabajo de forma directa o indirecta, y mejorar, en general, el desarrollo socio-económico de la comarca del Besaya.

Al importante crecimiento demográfico que le valió el título de ciudad, siguió el establecimiento de industrias como la Granja Poch (en 1915, cuyo solar ocupa actualmente la Estación de Autobuses), los talleres Obregón y la Continental Fábrica Española de Caucho. Asimismo, la Azucarera Montañesa se transformó en la Lechera Montañesa.



## **5.2 Medio ambiente**

### **5.2.1 Clima**

Su clima es equivalente al de las áreas bajas y litorales cantábricas, caracterizado por una temperatura moderada a lo largo de todo el año. Las temperaturas máximas no sobrepasan los 33 grados centígrados, mientras las mínimas medias se mantienen todo el año por encima de los 5 grados centígrados y de los 20 en verano. Dispone, además, de un elevado capital hídrico, consecuencia de unas precipitaciones importantes, entre 1.000 y 1.100 litros por m<sup>2</sup>.

Las situaciones atmosféricas predominantes y el régimen de vientos en relación con ellas, tienen una incidencia muy fuerte en las condiciones medioambientales, en cuanto determinan el grado de contaminación aérea y la gravedad de la misma, por influir en la difusión atmosférica de los elementos contaminantes y su dirección. En este sentido, las condiciones de Torrelavega son muy malas, debido a una localización industrial muy desfavorable a sotavento de los vientos dominantes, y a la elevada frecuencia de situaciones de calma atmosférica, con inversión térmica en invierno y verano, y situaciones con vientos flojos, con otras anticiclónicas en verano, que dificultan la difusión ambiental de los contaminantes urbanos.

#### **5.2.1.1 Parámetros**

##### *Temperaturas*

##### *Precipitaciones*

La precipitación es el aspecto más relevante del clima del Norte de España, por ello es interesante hacer una descripción lo más detallada posible de su



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



distribución espacial, es decir donde llueve más y donde menos, combinada con su distribución temporal, es decir cuando llueve más y cuando menos.

Como es sabido, la distribución espacial de la precipitación resulta de la interacción entre la circulación atmosférica y la superficie, lo cual justifica que por su posición geográfica y su orografía, la pluviometría de Cantabria sea muy compleja, con grandes contrastes entre unos valles y otros. A pesar de esto, generalmente se considera - incluso en informes científicos - una versión simple según la cual el régimen pluviométrico de Cantabria se resume en abundancia de precipitaciones a lo largo del año con dos máximos, uno principal a finales de otoño, y otro secundario en primavera. Esto es el resultado de la utilización de valores mensuales de precipitación pues la agregación mensual actúa como filtro para las oscilaciones de escalas de tiempo más pequeñas.

Sin embargo, cuando se utilizan series de datos diarios, aparecen oscilaciones secundarias que a menudo están perfectamente identificados en la sabiduría popular como Veranillo de San Miguel, Indian Summer, etc. Para mostrar esto, se ha realizado una agregación semanal de la precipitación a partir del dato diario, para tres zonas diferentes de Cantabria, obteniendo el régimen temporal que se muestra en la figura.

Como se puede apreciar en la figura, sin contradecir al modelo simple de la escala mensual, en el periodo 1981-2010 se produjeron oscilaciones muy significativas de escala intra-estacional. Aparecen 5 máximos, el absoluto de noviembre, el secundario de abril –que muestra tener casi la mitad inmerso en marzo-, el tercero en Navidad, el cuarto entre septiembre y octubre y un quinto a final de febrero. Asimismo hay otros 5 mínimos, el principal, en verano, centrado entre julio y agosto, el secundario y bien conocido de mediados de marzo, un tercero a principio de febrero, el cuarto a finales de octubre y el quinto y muy significativo por encontrarse en plena época de lluvia, centrado entre la segunda y la tercera semana de diciembre. El hecho de que estas oscilaciones aparezcan por igual en las tres zonas indica que son



perturbaciones asociadas a grandes sistemas de presión que promediados durante el periodo 1981-2010 mostraron, como se ve en la figura, una significativa preferencia temporal; además, se ha constatado que estas oscilaciones afectaron a todo el dominio peninsular.

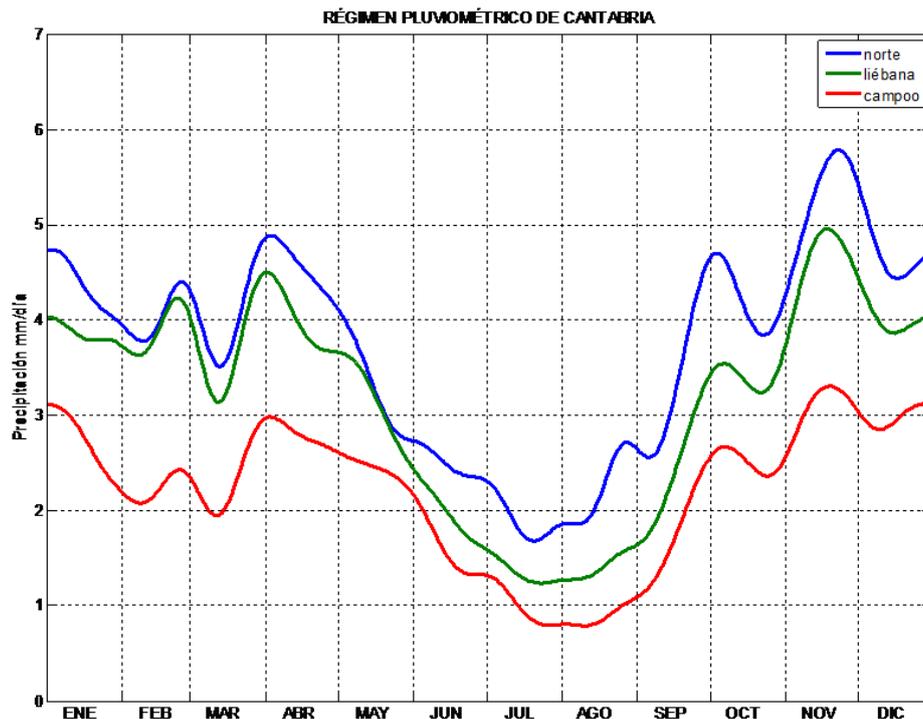


Foto 5.2 Regimen pluviométrico Cantabria

Algunos datos pluviométricos de interés:

- Las precipitaciones superan los 1000 mm/año en el 80% de Cantabria.
- Hay dos máximos principales, uno en la cabecera de los Miera y Pas - donde se superan los 2400 mm/año- y otro en los Picos de Europa - donde se superan los 2000 mm/año-.



- Las zonas más secas se encuentran en el sur de Campoo-Los Valles y las cotas inferiores del Valle de Liébana –donde apenas se alcanzan los 700 mm/año-.
- A pesar de encontrarnos en una región húmeda, en verano y en la zona litoral, en promedio sólo uno de cada quince días tiene más de dos horas de precipitación durante el día.

### *Vientos*

La destacable influencia de la geografía física de Cantabria, con su fuerte relieve, sobre su clima es la causa principal de fenómenos atmosféricos peculiares como son las llamadas suradas, propiciadas por el efecto Foehn. Este efecto consiste en que el viento del sur, impulsado normalmente por una borrasca, incide templado y húmedo sobre la fachada sur de la Cordillera Cantábrica, después en su ascenso por las empinadas laderas, se enfría y condensa produciendo lluvia y nieve sobre dicha fachada sur, quedando casi seco al rebasar las altas cumbres desde las que se precipita cual cascada, calentándose y acelerando en su caída por lo que llega con fuerza, seco y racheado, a las tierras bajas de La Marina de Cantabria. Son frecuentes los incendios causados por este viento, como el que arrasó la ciudad de Santander en el invierno de 1941. Asimismo, tiene fama en la región de influir en el comportamiento de las gentes, al deparar cefaleas y estados depresivos. Condiciones que contrastan con las de la vertiente sur de la cordillera donde el viento es más fresco y húmedo y puede y suele estar lloviendo o nevando. El ábrego es más frecuente en otoño e invierno y suele ser el preludio de un brusco cambio de tiempo ya que las borrascas que lo generan suelen desplazarse hacia el este empujando un frente frío que, cuando y donde llega, gira el viento rápidamente a noroeste - primo hermano del ábrego, llamado en Cantabria "gallego"-, trayendo nubes bajas, lluvia y una brusca caída de temperatura.



Otro viento muy conocido en La Marina de Cantabria es el nordeste, siempre asociado a tiempo anticiclónico, que despeja los cielos y hace bajar las temperaturas tanto en verano como en invierno. En verano está regulado por la circulación de brisa marina con un marcado ciclo diurno reforzándose a mediodía y por la tarde a medida que el sol va calentado y desapareciendo durante la noche y madrugada. Es muy típico de la segunda mitad de julio y se suele instalar de forma intermitente hasta finales de septiembre después de las morrinas de principio de verano. En invierno, el efecto de la brisa es despreciable y apenas modifica su comportamiento, por lo que el ciclo diurno es menos notorio. La única excepción a la relativa bonanza de este tipo de viento son las entradas de masas frías continentales del nordeste, conocidas como siberianas, que son las que pueden dejar nieve a nivel del mar.

Entre mayo y septiembre, bajo condiciones muy particulares, los vientos del noroeste aparecen de forma repentina y violenta después de un tiempo sin brisa, calmo y bochornoso, este fenómeno conocido como galerna en todo el litoral oriental del Cantábrico es posiblemente el más peligroso de cuantos acontecen por estas latitudes y cuenta con el historial más negro de las catástrofes meteorológicas en La Marina de Cantabria.

### *Radiaciones*

Las radiaciones y temperaturas a lo largo del año son las representadas en la siguiente tabla:

**Fig 5.1** *Tabla de temperaturas y radiaciones*

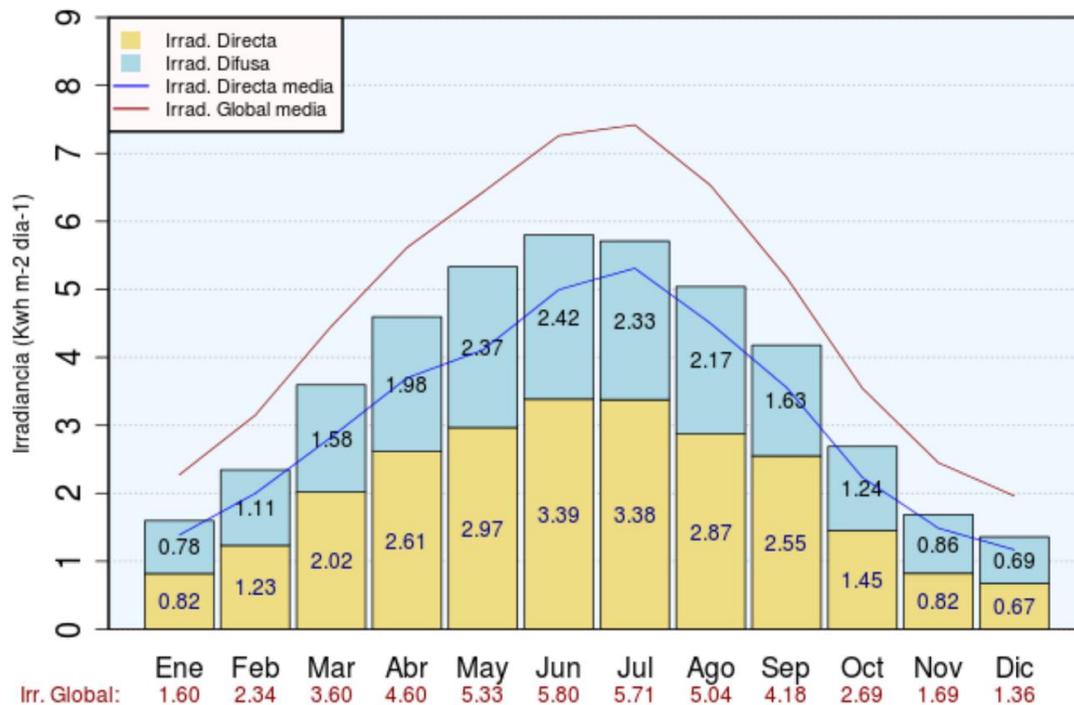
	Temperaturas °C		Radiaciones MJ/m <sup>2</sup>
	T <sup>a</sup> Agua Red	T <sup>a</sup> Amb	Rad. Horiz.
Enero	8	11	5.0



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
 Escuela Politécnica de Minas  
 Instalación de sistema de calefacción con energía solar



<b>Febrero</b>	9	11	7.4
<b>Marzo</b>	11	14	11.0
<b>Abril</b>	13	14	13.0
<b>Mayo</b>	14	16	16.1
<b>Junio</b>	15	19	17.0
<b>Julio</b>	16	21	18.4
<b>Agosto</b>	15	21	15.5
<b>Septiembre</b>	14	20	13.0
<b>Octubre</b>	13	17	9.5
<b>Noviembre</b>	11	14	5.8
<b>Diciembre</b>	8	12	4.5
<b><u>Anual</u></b>	12.25	15.83	11.35



**Foto 5.3** Gráfico irradiación de Cantabria



### Zona climática

En la tabla siguiente se marcan los límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia. Las zonas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas, como se indica a continuación:

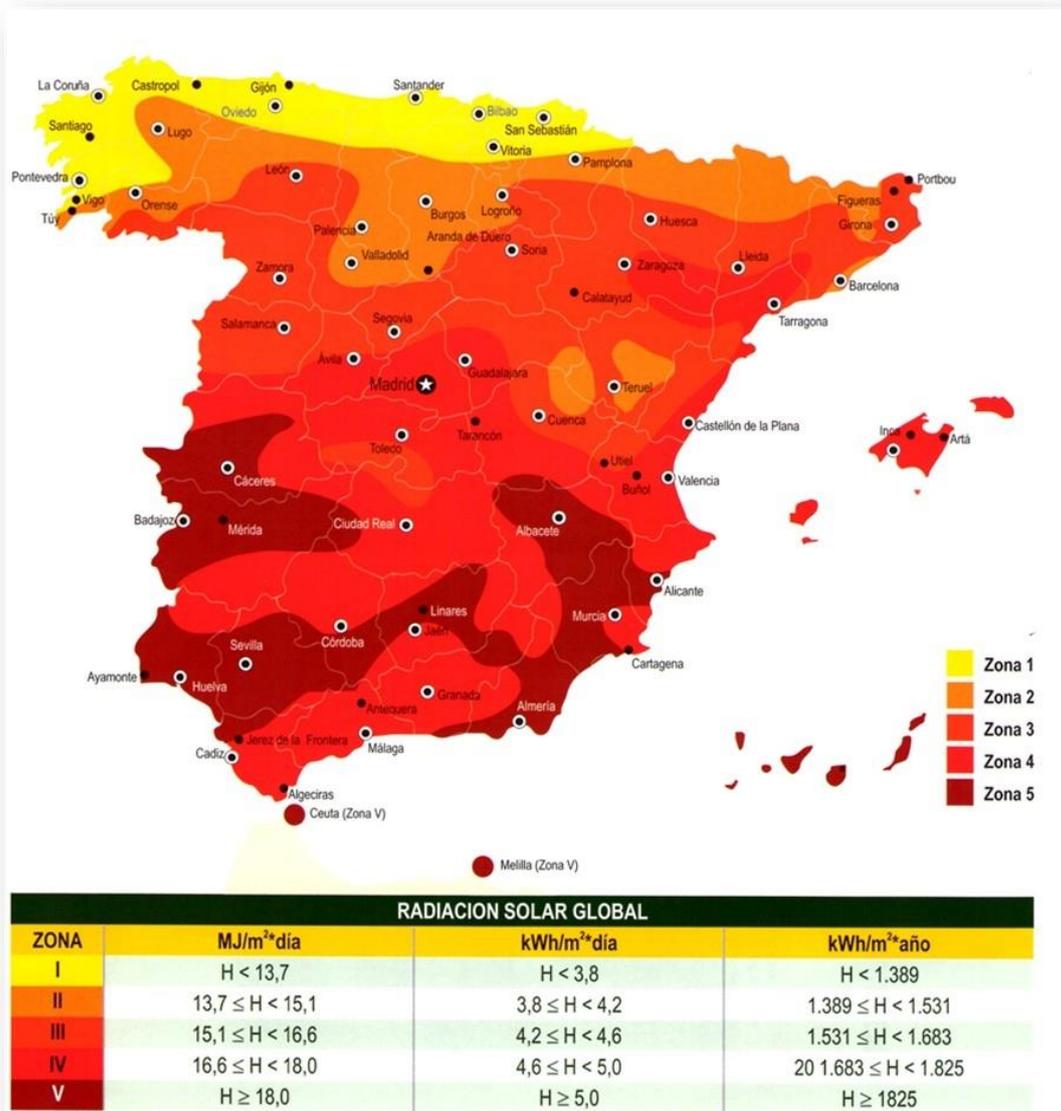
Zona climática	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Para la asignación de la zona climática de la tabla podrán emplearse los datos de Radiación Solar Global media diaria anual que para las capitales de provincia se recogen en el documento “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT”, publicado en el año 2012 por la Agencia Estatal de Meteorología. Para aquellas localidades distintas de las capitales de provincia, a efectos de aplicación de este Documento Básico podrá emplearse el dato correspondiente a la capital de provincia, o Documento Básico HE Ahorro de energía 56 bien otros datos oficiales de Radiación Solar Global media diaria anual aplicables a dicha localidad correspondientes al período 1983-2005.

Existen diferentes zonas climáticas en España, donde la fracción solar varía ostensiblemente. Conociendo nuestra zona y el número de litros diarios calcularemos que fracción solar tenemos que respetar.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
**Escuela Politécnica de Minas**  
**Instalación de sistema de calefacción con energía solar**





## 5.2.2 Naturaleza

### *Recursos naturales*

- La Sierra del Dobra (el Pico de la Capía constituye la cota más elevada del municipio (a 606 metros de altitud)) albergó asentamientos prerromanos y en el Pico se encontró un ara dedicada al dios Erudino, obra del campesino Cornelio, de la gentilidad de los Aunigainum el 27 de julio de 399, desafiando la declaración del cristianismo como religión oficial del imperio por Teodosio y su autorización a los cristianos de castigar a los paganos. Posteriormente, se reconvirtió en lugar de peregrinación cristiana, erigiéndose en su cima la cruz símbolo del cristianismo. Además, podemos encontrar las cuevas de Puente Viesgo, mundialmente conocidas por sus pinturas rupestres, así como los castros celtas de Las Lleras, el Pico del Toro y de Jarramaya, y la Cueva de Sovilla, que contiene pinturas rupestres paleolíticas y está declarada Bien de Interés Cultural.
- El Alto de la Montaña, de 200 metros de altitud, desde el que puede contemplarse, al igual que desde el Dobra, una panorámica que abarca toda la vega.
- El Parque de la Viesca, en la ribera del río Besaya, lugar de ocio y descanso para los torrelaveguenses. Se sitúa entre Torres y el puente que une Cartes y Santiago de Cartes.
- El Parque Manuel Barquín está considerado como el otro pulmón de la capital del Besaya. En él conviven especies vegetales muy variadas e incluso árboles centenarios. Este parque fue objeto hace años de certámenes culturales para subrayar su valor para la ciudadanía.
- El Parque de la Pedrosa, en Tanos.

### *Fauna y flora urbanas*

Torrelavega, al igual que otras ciudades próximas al mar o a ríos de cierto caudal, alberga a gaviotas, palomas y estorninos que generan, sin embargo,



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



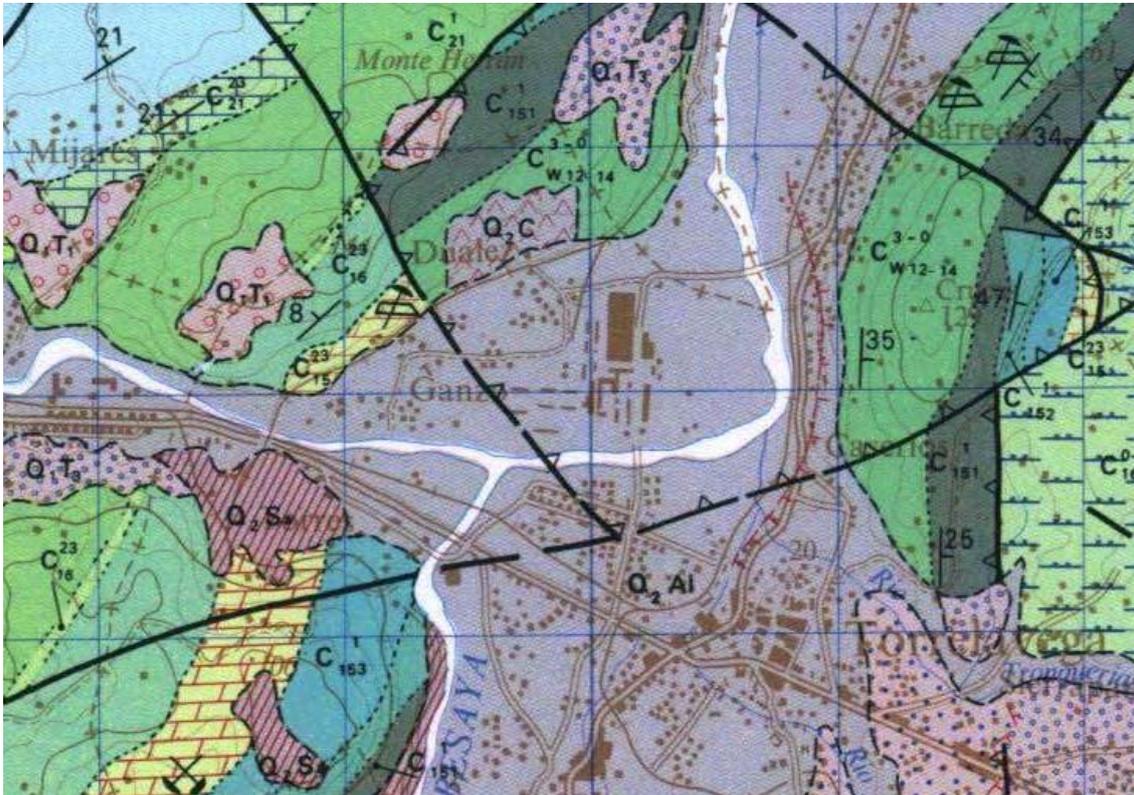
problemas de higiene y para los que el ayuntamiento torrelaveguense toma medidas tendentes a evitar su concentración en determinadas zonas arboladas para alivio de los viandantes (por ejemplo, la instalación de dispositivos electrónicos que reproducen grabaciones de aves predatoras para alejar a los estorninos).

**5.2.3 Hidrografía:** Destacan el río Saja y el río Besaya. Ambos ríos forman la principal cuenca hidrográfica de Cantabria. El Saja nace en la sierra del Cordel, fluye desde los puertos de Sejos, recoge las aguas de Cabuérniga, pasa por Cabezón de la Sal y se dirige a Torrelavega, donde tras recibir las aguas del Besaya desemboca en la ría de San Martín de la Arena de Suances. Otros afluentes por la derecha son el río Lodar y el río Bayones. El Besaya es otro de los principales ríos de Cantabria, que nace entre Aradillos y Cañeda (del municipio Campoo de Enmedio) muy cerca del cauce del Ebro y de Reinosa, y es la vía natural de comunicaciones entre el Ebro y Santander.

Al sur de Torrelavega nacen varios arroyos (Viar, Sorravides, Indiana) que discurren en parte soterrados bajo el centro de la ciudad.



### 5.2.4 Geología



En este mapa de Ganzo podremos observar como la mayoría de su extensión esta formada por el cuaternario, concretamente del holoceno (Q2 Al). Principalmente el suelo esta formado por aluviones.



# UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

## Escuela Politécnica de Minas

### Instalación de sistema de calefacción con energía solar



## LEYENDA

CUATERNARIO	HOLOCENO		O <sub>2</sub> Al	O <sub>2</sub> M	O <sub>2</sub> P	O <sub>2</sub> D	O <sub>2</sub> C	O <sub>2</sub> C <sub>u</sub>	O <sub>2</sub> S <sub>u</sub>	O <sub>2</sub> Al	Aluviones	
	PLEISTOCENO		O <sub>1</sub> P	O <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	O <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	O <sub>1</sub> T <sub>3</sub>	O <sub>1</sub> T <sub>4</sub>					O <sub>2</sub> M
TERCIARIO	PALEOCENO	INFERIOR	CUISIENSE		T <sub>21</sub> <sup>A+</sup>						O <sub>2</sub> P	Playas
			ILERDIENSE		T <sub>21</sub> <sup>A+</sup>						O <sub>2</sub> D	Dunas
			THANETIENSE		T <sub>19</sub> <sup>A+</sup>						O <sub>2</sub> C	Coluviones
			MONTIENSE		T <sub>11-12</sub> <sup>A</sup>						O <sub>2</sub> C <sub>u</sub>	Cubetas de descalcificación
			DANIENSE		T <sub>11-12</sub> <sup>A</sup>						O <sub>2</sub> S <sub>u</sub>	Sedim. antrópicos
	SUPERIOR	MAESTRICHTIENSE	C <sub>23-26</sub> <sup>3-0</sup>						O <sub>1</sub> P	Playas levantadas		
			CAMPANIENSE	SUPERIOR	T <sub>22</sub> <sup>A+</sup>						O <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	Terrazas
				MEDIO	T <sub>21</sub> <sup>A+</sup>						O <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	Terrazas
		SANTONIENSE	C <sub>24-25</sub> <sup>A</sup>						O <sub>1</sub> T <sub>3</sub>	Terrazas		
			C <sub>24-25</sub> <sup>A</sup>						O <sub>1</sub> T <sub>4</sub>	Terrazas		
		CONIACIENSE		C <sub>22-23</sub>						T <sub>11-12</sub> <sup>A</sup>	Calizas arenosas	
		TURONIENSE		C <sub>22-23</sub>						T <sub>21</sub> <sup>A+</sup>	Calizas con Alveolinas y Nummulites	
		CENOMANIENSE	SUPERIOR	C <sub>21</sub> <sup>23</sup>						T <sub>13</sub> <sup>A</sup>	Calizas con Algas Rodofíceas	
			MEDIO	C <sub>21</sub> <sup>23</sup>						T <sub>11-12</sub> <sup>A</sup>	Dolomías y calizas	
		ALBIENSE	SUPERIOR	C <sub>16</sub> <sup>23</sup>						C <sub>23-26</sub> <sup>3-0</sup>	Calcarenitas y calizas arenosas con Orbitóides	
MEDIO	C <sub>16</sub> <sup>1</sup>						C <sub>24-25</sub> <sup>0-2</sup>	Margas y calizas arenosas con Micráster				
INFERIOR	C <sub>16</sub> <sup>1</sup>						C <sub>22-23</sub>	Margas y calizas arcillosas Glauconita en la base				
INFERIOR	APTIENSE	CLANSAYEN.	C <sub>15</sub> <sup>23</sup>						C <sub>21</sub> <sup>23</sup>	Calcarenitas		
			CARGASIEN.	C <sub>15</sub> <sup>1</sup>						C <sub>21</sub> <sup>1</sup>	Calcarenitas	
		BEDOULIENSE		SUPERIOR	C <sub>153</sub> <sup>1</sup>						C <sub>16-21</sub> <sup>23-1</sup>	Calizas arcillosas, margas y arenas
	MEDIO		C <sub>153</sub> <sup>1</sup>						C <sub>16-21</sub> <sup>0-1</sup>	Arenas, limos, arcillas e intercalaciones calizas (piritas y restos carbonosos)		
	BARRIEMENSE	C <sub>153</sub> <sup>1</sup>						C <sub>21</sub> <sup>1</sup>	Arenas, limos e intercalaciones calcáreas			
		C <sub>153</sub> <sup>1</sup>						C <sub>16</sub> <sup>23</sup>	Calizas y calcarenitas con glauconita			
	HAUTERIVIENSE		C <sub>153</sub> <sup>1</sup>						C <sub>18</sub> <sup>1</sup>	Arenas y limos (piritas y restos carbonosos)		
	VALANGINIENSE	SUPERIOR	C <sub>153</sub> <sup>1</sup>						C <sub>15</sub> <sup>23</sup>	Calizas con Pseudotoucasia. Dolomías		
		MEDIO	C <sub>153</sub> <sup>1</sup>						C <sub>15-16</sub> <sup>0-12</sup>	Calizas con Rudistos y Orbitolinas. Dolomías		
	BERRIASIENSE	C <sub>153</sub> <sup>1</sup>						C <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Arenas, limos, arcillas y calizas arcillosas con grandes Ostreoides			
C <sub>153</sub> <sup>1</sup>						C <sub>153</sub> <sup>1</sup>	Calizas con Milióidos y Toucasia					
MUSCHELKALK		C <sub>153</sub> <sup>1</sup>						C <sub>181</sub> <sup>1</sup>	Calcarenitas con Orbitolinas, arcillas y areniscas			
JURASICO	LIAS	TOARCIENSE		C <sub>153</sub> <sup>1</sup>						C <sub>W 12-14</sub> <sup>3-0</sup>	Calizas lacustres, areniscas y limos	
		PLIENSCHACHIENSE		C <sub>153</sub> <sup>1</sup>						C <sub>W 12-14</sub> <sup>3-0</sup>	Limos, arcillas y areniscas	
		SINEMURIENSE	SUPERIOR	J <sub>12-14</sub> <sup>3-0</sup>						J <sub>12-14</sub> <sup>3-0</sup>	Margas y calizas arcillosas	
			MEDIO	J <sub>11-12</sub> <sup>0-2</sup>						J <sub>11-12</sub> <sup>0-2</sup>	Dolomías y calizas microcristalinas	
		HETTANGIENSE		J <sub>11-12</sub> <sup>0-2</sup>						J <sub>11-12</sub> <sup>0-2</sup>	Dolomías y calizas microcristalinas	
TRIASICO	KEUPER		T <sub>0 2-3</sub>						T <sub>0 2-3</sub>	Arcillas abigarradas, yesos y sales		
	MUSCHELKALK		T <sub>0 2-3</sub>						T <sub>0 2-3</sub>	Ofitas		
	BUNTSANDSTEIN		T <sub>0 2-3</sub>						T <sub>0 2-3</sub>	Ofitas		



ANEJO 6:

**DESCRIPCION  
DE SISTEMAS  
ENERGETICOS  
EXISTENTES**



## **ANEJO 6: Descripción de sistemas energéticos existentes**

### **6.1 Introducción**

Las fuentes de energía se pueden dividir en dos grandes subgrupos: permanentes (renovables) y temporales (no renovables).

Actualmente, están cobrando mayor importancia a causa del agravamiento del efecto invernadero y el consecuente calentamiento global, acompañado por una mayor toma de conciencia a nivel internacional con respecto a dicho problema. Asimismo, economías nacionales que no poseen o agotaron sus fuentes de energía tradicionales (como el petróleo o el gas) y necesitan adquirir esos recursos de otras economías, buscan evitar dicha dependencia energética, así como el negativo en su balanza comercial que esa adquisición representa.

### **6.2 Energías renovables**

Las energías renovables son inagotables, limpias y se pueden utilizar de forma autogestionada (ya que se pueden aprovechar en el mismo lugar en que se producen). Además tienen la ventaja adicional de complementarse entre sí, favoreciendo la integración entre ellas.

#### **6.2.1 Biomasa**

##### **INTRODUCCIÓN**

La biomasa tiene carácter de energía renovable ya que su contenido energético procede en última instancia de la energía solar fijada por los vegetales en el proceso fotosintético. Esta energía se libera al romper los enlaces de los compuestos orgánicos en el proceso de combustión, dando como productos finales dióxido de carbono y agua.



Por este motivo, los productos procedentes de la biomasa que se utilizan para fines energéticos se denominan biocombustibles, pudiendo ser, según su estado físico, biocombustibles sólidos, en referencia a los que son utilizados básicamente para fines térmicos y eléctricos, y líquidos como sinónimo de los biocarburantes para automoción.

## TIPOS DE BIOCOMBUSTIBLES

### *Biocombustibles sólidos*

Las formas más generalizadas de utilización de este tipo de combustibles son astillas, serrín, pelets y briquetas.

### *Biocombustibles líquidos o biocarburantes*

Se denominan así a una serie de productos de origen biológico utilizables como combustibles de sustitución de los derivados del petróleo o como aditivos de éstos para su uso en motores.

### *Biocombustibles gaseosos*

Entre los biocombustibles gaseosos que se pueden obtener a partir de la biomasa están el gas de gasógeno, el biogás y el hidrógeno.

### *Gas de gasógeno*

Al someter la biomasa dentro de los gasógenos a altas temperaturas (entre 800 y 1.500°C) en ausencia de oxígeno, se originan productos gaseosos, (N<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>) en proporciones variables. En principio, el destino del gas de gasógeno suele ser la producción de calor por combustión directa en un quemador o la generación de electricidad por medio de un motor o turbina.

### *Biogás*



La digestión de la biomasa en condiciones anaerobias da origen al llamado "biogás", a razón de unos 300 l por kg de materia seca, con un valor calórico de unos 5.500 kcal/m<sup>3</sup>. La composición de biogás es variable, pero está formado principalmente por metano (55-65%) y CO<sub>2</sub> (35-45%); y, en menor proporción, por nitrógeno, (0-3%), hidrógeno (0-1%), oxígeno (0-1%) y sulfuro de hidrógeno (trazas).

### *Biomasa natural*

La biomasa natural constituye la base del consumo energético de los pueblos en vías de desarrollo y a medida que aumenta su población y su demanda de energía, mayor es la presión que se ejerce sobre los ecosistemas naturales, llegando en ocasiones a un sobreconsumo, lo que genera situaciones de desertización.

### *Biomasa residual*

Es la que se genera como consecuencia de cualquier proceso en que se consume biomasa.

Se produce en explotaciones agrícolas, forestales o ganaderas, así como los residuos de origen orgánico generados en las industrias y en los núcleos urbanos. La utilización de biomasa residual es, en principio, atractiva, pero limitada: en general, es más importante la descontaminación que se produce al eliminar estos residuos que la energía que se puede generar con su aprovechamiento.

## **6.2.2 Energía solar**

La energía solar es la fuente de energía más abundante de la Tierra. Además de renovable, disponible y gratuita, está en cantidad muy superior a las necesidades energéticas de la población mundial. Durante el año, el sol arroja



sobre la tierra cuatro mil veces más energía que la que vamos a consumir. Hoy en día utilizamos solo una pequeña parte de la enorme cantidad de energía que nos llega del sol, por lo que el camino a recorrer es todavía largo para poder aprovechar la energía solar a gran escala.

Los sistemas solares se pueden clasificar en dos grupos:

- **Sistemas pasivos:** Aprovechan el calor y la luz del sol sin necesidad de sistemas mecánicos ni aporte externo de energía. Incluye sistemas para el calentamiento de espacios, sistemas de calentamiento de agua basados en termosifón, invernaderos, el uso de materiales para suavizar las oscilaciones de la temperatura del aire y chimeneas solares para mejorar la ventilación natural. Las tecnologías solares pasivas ofrecen importantes ahorros, sobre todo en lo que respecta a la calefacción de espacios.
- **Sistemas activos:** Permiten la captación y acumulación de calor, así como la generación de electricidad. La captación se realiza mediante módulos que pueden ser planos o con algún sistema de concentración de radiación. La mayoría de los módulos solares suelen situarse sobre soportes fijos, pero si se le añade un sistema de seguimiento solar aumentan su rendimiento, como es el caso de las centrales térmicas solares.

## SISTEMAS ACTIVOS

Existen tres tipos de aprovechamiento de la energía solar mediante sistemas activos:

- **Energía solar fototérmica:** Consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para producir calor que puede usarse para procesos industriales



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



(destilación, secado, agua caliente de proceso...), hornos solares, cocinar alimentos, desinfectar y desalar agua, producir agua caliente para viviendas (ya sea agua caliente sanitaria o agua para calefacción y climatización) y para producción de energía mecánica, y a partir de ella, de energía eléctrica.

- **Energía solar fotovoltaica:** Produce electricidad mediante placas de semiconductores que se excitan con la radiación solar. El acoplamiento en serie de varios de estos semiconductores permite alimentar a pequeños dispositivos electrónicos. A mayor escala, la corriente eléctrica continua que proporcionan los paneles fotovoltaicos se puede transformar en corriente alterna y ser utilizada para un uso aislado o ser inyectada en la red eléctrica.
- **Energía solar fotoquímica:** Se refiere a una serie de procesos en que es posible aprovechar la energía solar para producir una reacción química en una forma similar a la fotosíntesis en las plantas, pero sin utilizar organismos vivos. Aún son procesos experimentales, pero ya existen algunos enfoques prometedores como es dividir el agua en sus componentes para obtener hidrógeno, un vector energético en desarrollo.

También es posible utilizar la luz solar para conducir las reacciones químicas industriales sin necesidad de combustibles fósiles.

- **Energía solar híbrida:** Que combina las anteriores con la combustión de biomasa y combustibles fósiles, la energía eólica o cualquier otra energía alternativa.



## La energía solar térmica

Una clasificación de este tipo de sistemas solares activos, puede ser en función del nivel de temperaturas de funcionamiento:

- **Sistemas de alta temperatura:** Con temperaturas superiores a los 800°C, mediante sistemas de receptor central (centrales de torre) y discos parabólicos, son utilizados en centrales termosolares.

Las centrales de torre se caracterizan porque el sistema colector está compuesto por un grupo de concentradores individuales llamados helióstatos que dirigen la radiación solar concentrada hacia un receptor central, normalmente situado a una cierta altura en una torre.

Los discos parabólicos se componen de un reflector con forma de paraboloides de revolución, un receptor situado en el foco de dicho paraboloides y un sistema de generación eléctrica compacto (motor o turbina más alternador), que suele formar un solo bloque con el receptor. La radiación solar concentrada por el paraboloides incide sobre el receptor, donde se convierte en energía térmica que permite generar electricidad en el sistema generador.

- **Sistemas de media temperatura:** En este tipo de sistemas, el rango de temperatura máximo está cercano a los 300°C. Están asociados a procesos industriales y se utilizan cilindros parabólicos, que están compuestos de un espejo cilindro-parabólico que refleja la radiación solar directa concentrándola sobre un tubo receptor colocado en la línea focal de la parábola. La radiación solar concentrada produce el calentamiento del fluido que circula por el interior del tubo receptor.

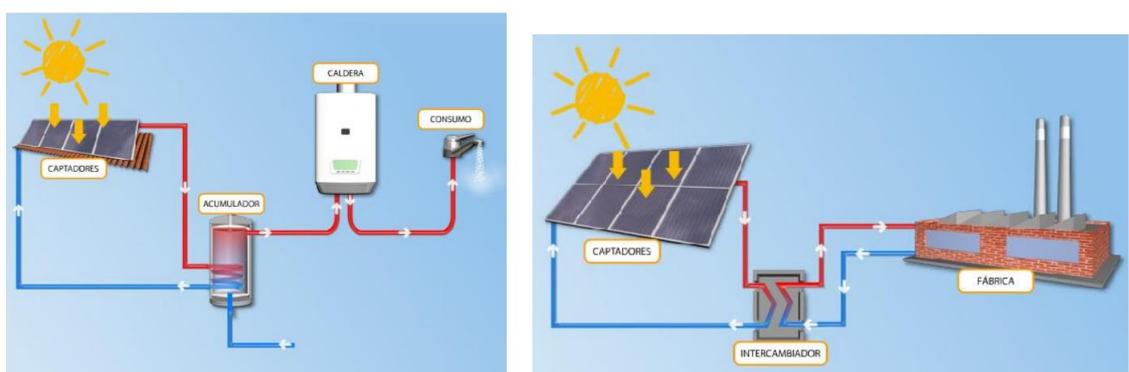


- Sistemas de baja temperatura: El rango de temperatura de funcionamiento, se encuentra por debajo de los 90°C. Este tipo de instalaciones utilizan colectores planos y se localizan en edificios de viviendas y del sector terciario, como hoteles y oficinas.

### Sistemas de baja temperatura

Las aplicaciones más comunes de los sistemas solares activos térmicos de baja temperatura son:

- Agua caliente sanitaria (ACS). Es el uso más extendido y se trata de calentar el agua que utilizamos para el uso doméstico: ducharnos, bañarnos, grifos de fregaderos, etc.
- Agua de proceso para industria. Se utiliza para precalentar el agua a la entrada de calderas con combustibles fósiles. Es válido para muchos procesos industriales como generación de vapor, lavado, secado, destilación, esterilización, pasteurización, etc. Las industrias más adecuadas son la papelera, la alimentaria, la textil y la química.



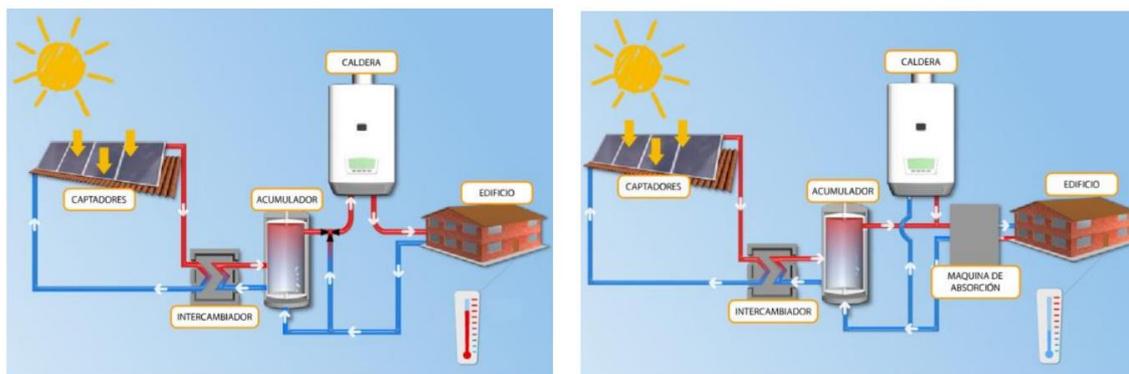
**Foto 6.1** Esquema instalación solar para fabricas

- Calefacción. Se puede utilizar el agua calentada para que circule por el sistema de calefacción o bien ceda calor a una piscina. Normalmente las



instalaciones son mixtas, es decir, producen ACS y apoyo a la calefacción. Puede ser utilizado para la calefacción por suelo radiante, radiadores o fan-coils, dotando de un gran ahorro en el gasto de combustible de la vivienda.

- Climatización. Tanto el sistema de refrigeración por compresión como el de absorción pueden ser adaptados para que funcionan con energía solar, pero el segundo no implica conversiones de un tipo de energía a otra así que se presenta como la solución más económica y eficiente. Esta aplicación es una de las más interesantes debido a que las demandas de refrigeración más altas del año coinciden con el momento de mayor insolación, justo al revés que la calefacción.



**Foto 6.2** Esquema de instalaciones solares de calefacción

### 6.2.3 Geotermia

La energía geotérmica es una de las fuentes de energía renovable menos conocidas y se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en forma de calor y ligada a volcanes, aguas termales, fumarolas y géiseres.

Es decir, a diferencia del resto de energías renovables cuyo origen es la radiación solar, ya sea de forma directa como la solar térmica y fotovoltaica o de forma indirecta como la eólica, hidroeléctrica y biomasa, la energía geotérmica proviene del calor interior de la Tierra; un calor que se alimenta,



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



por un lado la desintegración de isótopos radiactivos; y, por otro, de movimientos diferenciales entre las distintas capas que constituyen la Tierra y del calor latente de la cristalización del núcleo externo.

Considerando toda la superficie de la Tierra, la potencia geotérmica total que nos llega desde el interior es de  $4,2 \times 10^{12}$  J. Se trata de una cantidad inmensa de energía, pero solo una fracción de ella puede ser utilizada por la humanidad.

Por tanto, la energía geotérmica es, en su más amplio sentido, la energía calorífica que la tierra transmite desde sus capas internas hacia la parte más externa de la corteza terrestre.

Así, se denomina recurso geotérmico a la porción del calor que, desprendido desde el interior de la tierra, puede ser aprovechado por el hombre en condiciones técnicas y económicas. Se clasifican en función de la temperatura del fluido geotermal que determinarán sus usos y aplicaciones. Por tanto, el objetivo de la geotermia es el aprovechamiento de esa energía calorífica del interior de la tierra.

Los recursos geotérmicos de alta temperatura se aprovechan principalmente para la producción de electricidad, cuando se trata de yacimientos de alta temperatura (superiores a los  $100-150^{\circ}\text{C}$ ). Cuando la temperatura del yacimiento no es suficiente para producir energía eléctrica sus principales aplicaciones son térmicas en los sectores industrial, servicios y residencial. En el caso de temperaturas por debajo de  $100^{\circ}\text{C}$  puede hacerse un aprovechamiento directo o a través de bomba de calor geotérmica (calefacción y refrigeración). Cuando se trata de recursos de temperaturas muy bajas (por debajo de los  $25^{\circ}\text{C}$ ) las posibilidades de uso están en la climatización y obtención de agua caliente.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



Hasta ahora, la utilización de esta energía en el mundo ha estado limitada a áreas en las cuales las condiciones geológicas eran muy favorables. Pero los avances tecnológicos actuales en equipos y las mejoras en la prospección y perforación, permiten a la geotermia a día de hoy disponer de tecnología para la producción de electricidad a partir de recursos geotérmicos de temperaturas notablemente inferiores a las que se precisaban años atrás y para la generación artificial de “yacimientos estimulados” (EGS) en los que es precisa la intervención directa del hombre para la creación del yacimiento, lo que añade un gran potencial de futuro para la geotermia de alta temperatura.

La energía geotérmica es una forma, de aprovechamiento energético sostenible con presente y futuro, tanto desde el punto de vista de aprovisionamiento energético de elevadas garantías, como desde el punto de vista térmico, como alternativa de alta eficiencia energética frente a los sistemas convencionales de calefacción y refrigeración.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



ANEJO 7:

# DESCRIPCION DEL EDIFICIO



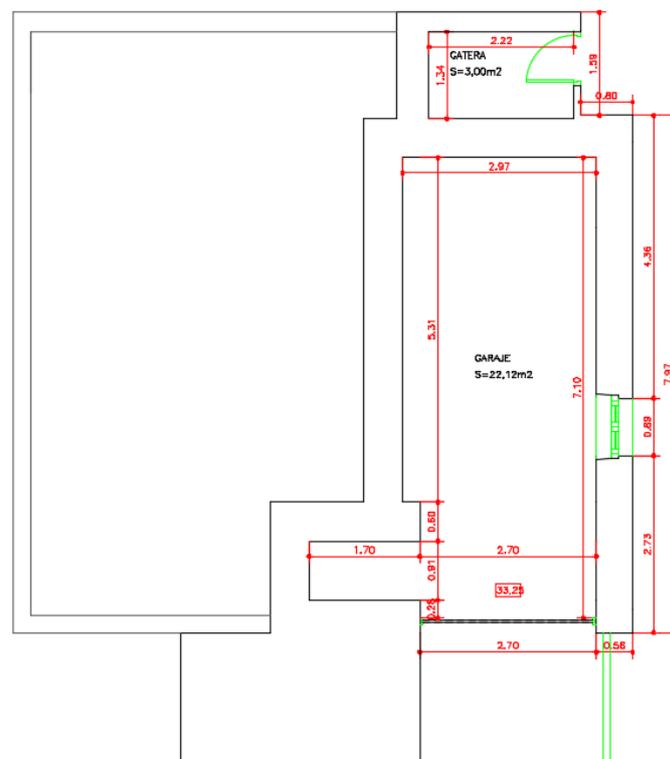
## ANEJO 7: El edificio

El diseño e instalación de ACS con energía solar se va a producir en una casa situada en el barrio de Ganzo, perteneciente a la localidad de Torrelavega (Cantabria). La casa es de uso particular y privado.

La casa se sitúa dentro de una finca con 829,74 m<sup>2</sup>, dispone de una garaje en la parte inferior, una planta baja donde se localiza la cocina , 3 dormitorios, 3 baños y un salón. También dispone de una superficie bajo cubierta para diversas actividades o usos.

### Distribución de espacios

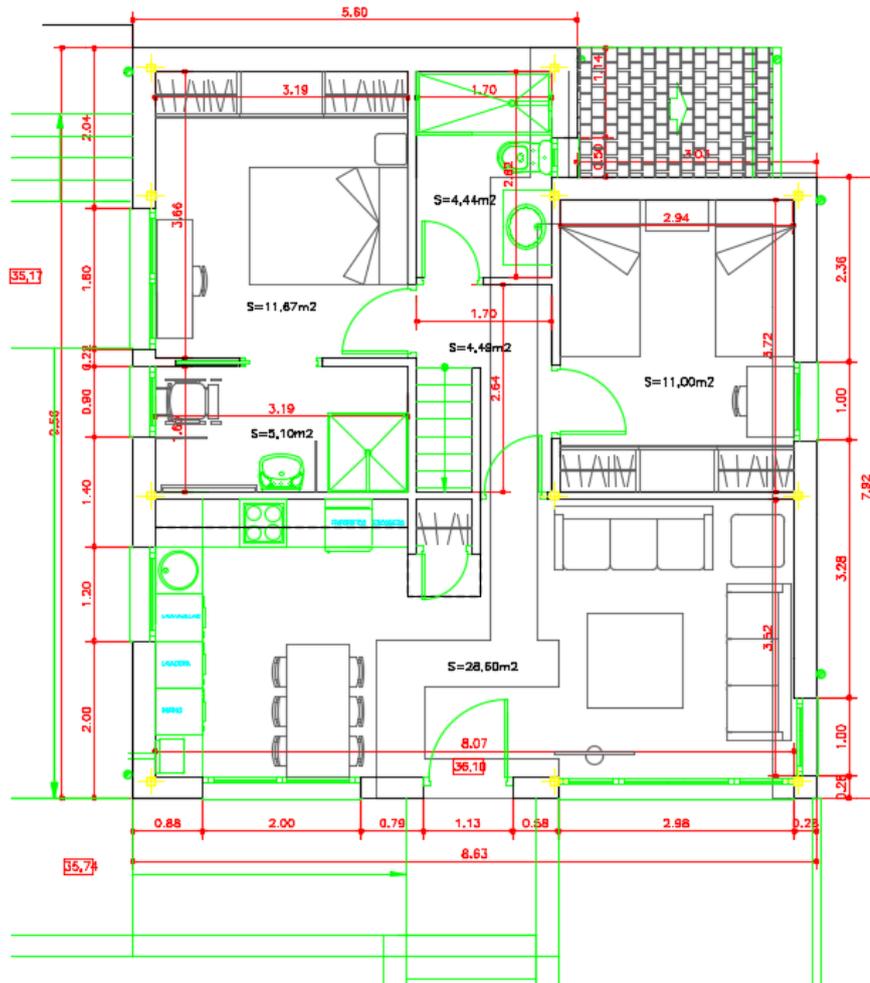
#### Garaje





El garaje esta constituido por una superficie construida de 48,63m<sup>2</sup> de los cuales 26,20m<sup>2</sup> son utiles. Dispone de dos zonas cerradas una sería el garaje con 22,12m<sup>2</sup> y la otra una gatera con 3m<sup>2</sup>.

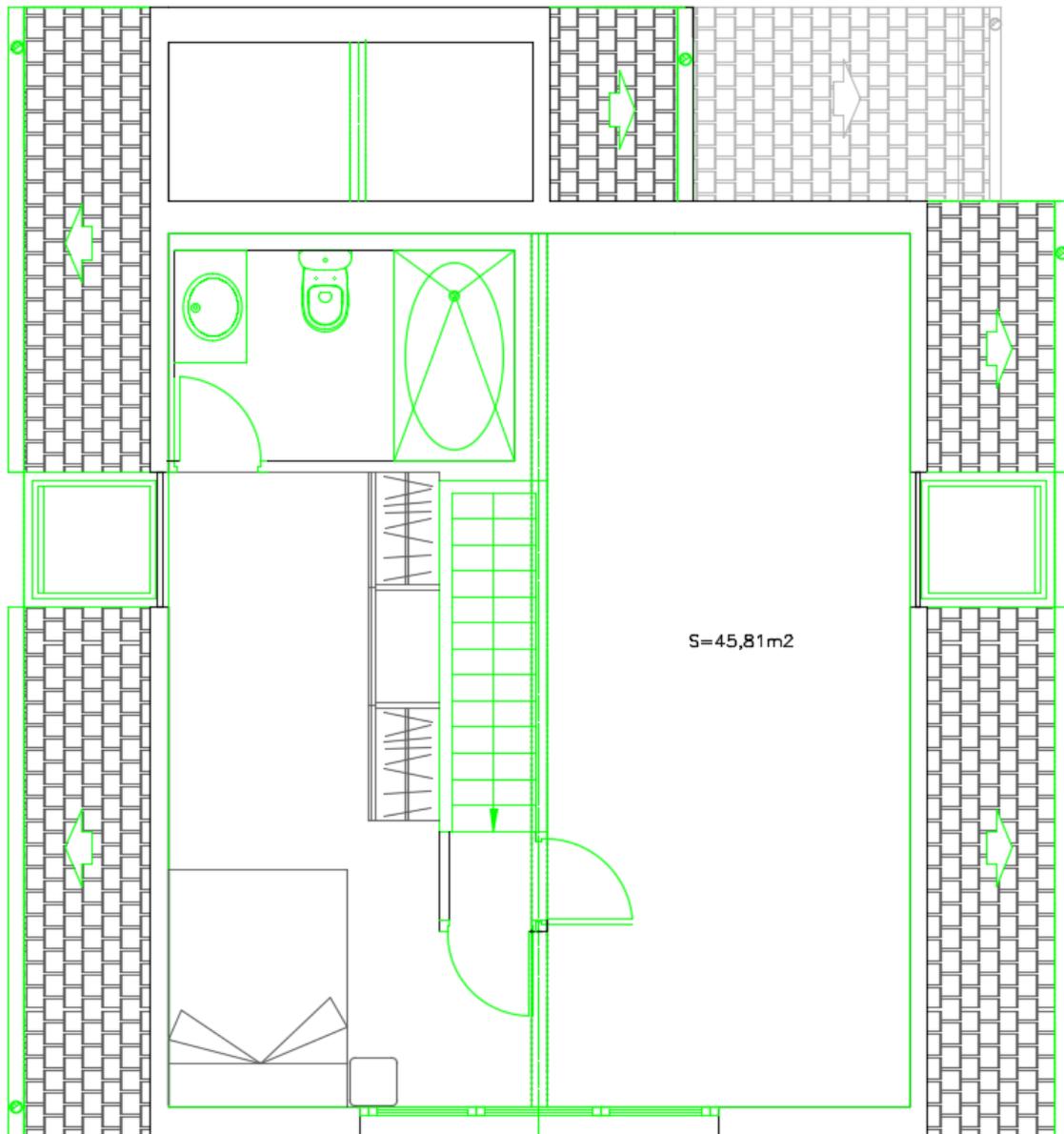
*Planta baja*



La planta baja dispone de una superficie construida de 77,55m<sup>2</sup> de los cuales 65,30m<sup>2</sup> son utiles. Esta distribuida en cocina - salón (28,60m<sup>2</sup>), dormitorio 1 con baño (11,67m<sup>2</sup> + 5,10m<sup>2</sup>), dormitorio 2 (11,00m<sup>2</sup>) y baño ( 4,44m<sup>2</sup>), el resto de la superficie los ocuparan pasillos y escaleras.



Planta bajo cubierta



La planta bajo cubierta está constituida por un solo habitáculo de 45,81m<sup>2</sup>, en un futuro se podrá plantear la opción de cerramientos para la construcción de nuevas habitaciones o baños.

Sistemas de calefacción

En la vivienda nos encontramos con una instalación de calefacción que



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



funciona gracias a una caldera de condensación, la cual utiliza gas natural. Con la cual calienta el agua caliente sanitaria y el sistema de calefacción de la casa.

Una caldera de condensación es un artefacto que produce agua caliente a baja temperatura 40-60°C, con un alto rendimiento y por lo tanto emisiones más reducidas de CO<sub>2</sub>.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



ANEJO 8:

# JUSTIFICACION DE LA SOLUCION ADOPTADA



## **ANEJO 8: Justificación de la solución adoptada**

Las tres opciones que se plantean valorar para la instalación de un sistema que nos produzca un ahorro de combustible considerable en la caldera existente de gas natural siendo este rentable y económicamente viable son las siguientes:

- Biomasa
- Energía Geotérmica
- Solar térmica

### *BIOMASA*

La energía generada por biomasa es una de las energías renovables más empleadas en todo el mundo. Esto se debe a que no sólo presenta ventajas medioambientales, como las demás renovables, sino también ventajas económicas y sociales.

La biomasa es el recurso renovable más empleado en todo el mundo y una de las fuentes energéticas renovables con mayor potencial de crecimiento durante las próximas décadas. ¿Cuál es el secreto de este éxito? Sin duda, sus innumerables ventajas, que no se detienen en aspectos medioambientales. Veamos cuáles son:

#### *Economía*

La biomasa representa un ahorro y un beneficio económico, ya que su precio es menor en comparación con los combustibles de residuos fósiles.

Por otro lado, ha demostrado ser un valor a prueba de recesión económica. Y eso lo está demostrando en los tiempos que corren. La producción de energía a partir de biomasa sólida no ha dejado de crecer en Europa desde el año 2000. El mayor crecimiento tuvo lugar en el año 2003 y fue del 9,8%, seguido de 2010, con un crecimiento del 8% con respecto a 2009.



En el caso de España, también ha habido un notable crecimiento del uso de la biomasa durante la última década, aunque a un ritmo más lento que en la Unión Europea. En nuestro país, se pasó de 4,176 Mtep de producción con biomasa en 2005 hasta los 4,751 Mtep en 2010, esto es, hubo un incremento del 13,8%.

Las principales ventajas económicas de la biomasa son sus costes competitivos y que contribuye a la generación de empleo, como cualquier sector en auge. Para la biomasa sólida, en particular, hay un gran potencial de empleo en el cuidado y recogida de la biomasa, manipulación y transporte, y operaciones en plantas. También se genera empleo para fabricantes de equipos y plantillas de mantenimiento.

### Instalación

La instalación de una caldera de biomasa es muy sencilla y no supone grandes costes de montaje ni superficie de ocupación.

### Mantenimiento

Afortunadamente, el mantenimiento de las calderas de biomasa es mínimo y solo habrá que aspirar las cenizas del quemador cada dos o tres días y vaciar el cajetín con las cenizas. Esto es una ventaja más que se une al precio del combustible y a la reducción de las emisiones.

El pellet se suministra de forma fácil en sacos de 10 o 15 kilos o por toneladas, según las necesidades de la instalación. Para uso doméstico el consumo de combustible no es muy elevado, aunque dependerá de condiciones como la temperatura o el rendimiento de la caldera.



Podemos apagar fácilmente la caldera desde el panel de control o programar su apagado si no estamos en casa. Es muy importante no desenchufar el aparato hasta que haya terminado de funcionar para evitar problemas técnicos.

### Contaminación

- Para empezar, una ventaja muy básica pero fundamental es la de convertir un residuo en un recurso: el correcto tratamiento de la biomasa supone un aumento del reciclaje y una disminución de los residuos.
- La energía de biomasa no contribuye al cambio climático: su balance en emisiones de CO<sub>2</sub> es neutro. Al quemar la biomasa para obtener energía se libera CO<sub>2</sub> a la atmósfera, pero durante el crecimiento de la materia orgánica vegetal se absorbe CO<sub>2</sub>. De esta forma el ciclo se cierra y el nivel de emisión de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se mantiene constante.
- Al emplear la biomasa como combustible se eliminan residuos, desechos, aguas residuales y purines que son fuente de contaminación del subsuelo y de las aguas subterráneas.
- En su proceso de combustión genera cantidades insignificantes de azufre y cenizas por lo que no provoca el fenómeno de la lluvia ácida.
- Desde el punto de vista agrícola, no sólo se minimiza el riesgo de incendio, sino que también se reducen las plagas de insectos, se aprovechan los residuos sin necesidad de quemarlos sobre el propio terreno y se realiza un mejor aprovechamiento de las tierras, pues aquellas en barbecho se pueden destinar a cultivos energéticos.
- El aprovechamiento de tierras abandonadas para los cultivos energéticos evita la erosión y degradación del suelo.

### Rendimiento



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



Una de las mayores desventajas de la biomasa es su baja densidad energética. El rendimiento obtenido a partir de la biomasa es inferior al obtenido a partir de combustibles fósiles, como el petróleo o el gas natural.

Se necesita una mayor cantidad de biomasa para obtener la misma cantidad de energía que con otras fuentes. Con lo que es necesario sistemas de almacenamiento y transporte muy costosos. Actualmente los canales de distribución de la biomasa están menos desarrollados que los de los combustibles fósiles, aunque en los últimos años se está creando una red más eficiente y competitiva.

La incineración de la biomasa para obtener energía puede resultar peligrosa ya que generamos emisiones de sustancias tóxicas. Es necesario utilizar filtros para mitigar dichas emisiones.

Los cultivos destinados a la producción de energía de biomasa compiten directamente con los cultivos destinados al consumo humano. Su mal uso puede dar lugar al aumento de los precios de los alimentos básicos. Es fundamental que la producción de energía de biomasa no interfiera negativamente con la producción de alimentos, que evidentemente es más importante.

### Disponibilidad materia prima

En el caso de la biomasa la materia prima (pellets) estará siempre disponible debido a que siempre estará a nuestro alcance la cantidad que debemos suministrarla.



## ENERGIA GEOTERMICA

Una instalación de energía geotérmica puede reducir notablemente tu consumo en calefacción ya que se trata de un sistema muy eficiente.

### Economía

Las bombas de calor geotérmicas tiene una eficiencia hasta 5 veces superior a la de los sistemas de calefacción y producción de A.C.S. tradicionales basados en combustibles fósiles o energía eléctrica.

Sus rendimientos son superiores al 400%, por lo que para aportar a nuestra vivienda entre 4 y 5 kW de calor sólo necesitan 1 kW de energía eléctrica.

Por lo tanto el subsuelo se convierte en nuestra principal fuente de energía, y esta energía es totalmente gratuita, con lo que los ahorros económicos obtenidos en nuestras facturas cada mes son muy importantes.

### Instalación

La instalación de este método se supone costoso y complicado debido a los sondeos o levantamientos de tierras oportunos para su construcción.

### Mantenimiento

Aunque parezca novedosa, la tecnología utilizada en las bombas de calor geotérmicas es ampliamente conocida y completamente fiable, ya que es la misma que la de las neveras que todos tenemos en nuestras casas y con las que estamos perfectamente familiarizados.

Desde el momento de su instalación y puesta en marcha, tan sólo tendrás que preocuparte de disfrutar de un ambiente confortable en tu hogar durante todo el día.

### Contaminación



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



No es preciso disponer de una chimenea ni ventilar constantemente el ambiente evitando de esta forma los costes y problemas de mantenimiento y fiabilidad que estos sistemas pueden ocasionar.

Este es un punto de interés creciente, el cambio climático es un hecho y durante los últimos años los gobiernos de los países más influyentes han llegado a compromisos orientados, precisamente, a lograr una importante reducción en sus emisiones.

Instalando una bomba de calor geotérmica contribuimos a alcanzar este objetivo común, puesto que se trata de una tecnología totalmente respetuosa con el medio ambiente, ya que reduce drásticamente las emisiones de CO<sub>2</sub> respecto a las tecnologías tradicionales.

### Rendimiento

Las bombas de calor geotérmicas pueden proporcionar por sí solas calefacción en invierno, refrigeración en verano y A.C.S. durante todo el año, por lo que se consigue un sistema de climatización integral con una única instalación.

### Disponibilidad de materia prima

Se acabó el preocuparse por la disponibilidad y el precio de los combustibles fósiles, no volverás a necesitarlos. El abastecimiento de la energía necesaria en tu hogar está asegurado desde cualquier punto de tu propio jardín.

## ENERGIA SOLAR TERMICA

Algunas de las características beneficiosas que se le otorga hoy en día a la energía solar térmica son:

### Económico



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



El aporte económico que se realiza en su implantación es muy inferior a los demás métodos, simplemente el valor de los colectores y acumulador es inferior a una caldera de biomasa o la implantación de geotermia. También no necesita de aportación económica a la hora de conseguir materia prima ya que es un aporte de la naturaleza inagotable.

### Instalación

Es un sistema de fácil instalación e integración en la vivienda y apenas necesita mantenimiento.

### Mantenimiento

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.

El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m<sup>2</sup>, y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m<sup>2</sup>.

Se considera que el mantenimiento es mínimo.

### Contaminación

Mientras el uso de la instalación solar térmica la contaminación es nula ya que no se produce combustión alguna y por lo tanto ninguna emisión al ambiente, solo en esos días nublado que requiere el aporte de gas natural contaminaría.

### Rendimiento

El rendimiento depende del número de colectores que quieras proporcionar a la instalación con un mínimo del 30% anual puede cubrir hasta el 100% el consumo en meses soleados. Todo ello sin gasto alguno de materia prima.



### Disponibilidad de materia prima

La producción de ACS mediante energía solar depende directamente del sol, pero si bien es cierto, permite obtener agua caliente en días nublados ya que dispone de un depósito y un sistema energético auxiliar.

En España el Código Técnico de la Edificación, establece la obligatoriedad de implantar sistemas de agua caliente sanitaria (ACS) con energía solar en todas las nuevas edificaciones, con el objetivo de cumplir con el protocolo de Kioto.

**SUBVENCIONES:** En la comunidad autonómica de Cantabria se está apoyando la instalación de Energía Solar Térmica, cubriendo el 40% de gasto total de cada instalación.

Justificación de la solución:

En la siguiente tabla observamos del 1-3 la puntuación que le damos a los diversos tipos de instalación basándonos en los siguientes criterios:

8. **Económico:** Aportación económica total que supondrá el coste total de la instalación y su mantenimiento así como su gasto.
9. **Instalación:** Facilidad de llevar acabo el montaje y tiempo de obra
10. **Mantenimiento:** Gastos y tiempo que llevaría la instalación después de instalar y durante su uso.
11. **Contaminación:** Es el daño que haría cada sistema al medio ambiente con sus emisiones.
12. **Subvenciones:** Dinero o porcentaje que el estado nos proporcionaría por la instalación de energías renovables.
13. **Rendimiento:** Poder calorífico que podría otorgar con un mínimo de energía.
14. **Existencia del recurso:** Disponibilidad de la materia prima



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



	<i>GEOTERMICA</i>	<i>BIOMASA</i>	<i>SOLAR TERMICA</i>
<i>Económico</i>	1	2	3
<i>Instalación</i>	1	3	2
<i>Mantenimiento</i>	2	1	3
<i>Contaminación</i>	3	1	2
<i>Subvención</i>	1	2	3
<i>Rendimiento</i>	3	2	1
<i>Exist. recurso</i>	3	2	1
<b><u>TOTAL</u></b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>15</b>

3: Método bueno 2: Método regular 1: Método malo

Teniendo estos resultados la solución adoptada es realizar la instalación con ENERGIA SOLAR TERMICA con 15 puntos sobre la geotérmica.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Instalación de sistema de calefacción con energía solar



# ANEJO 9: DIMENSIONAMIENTO

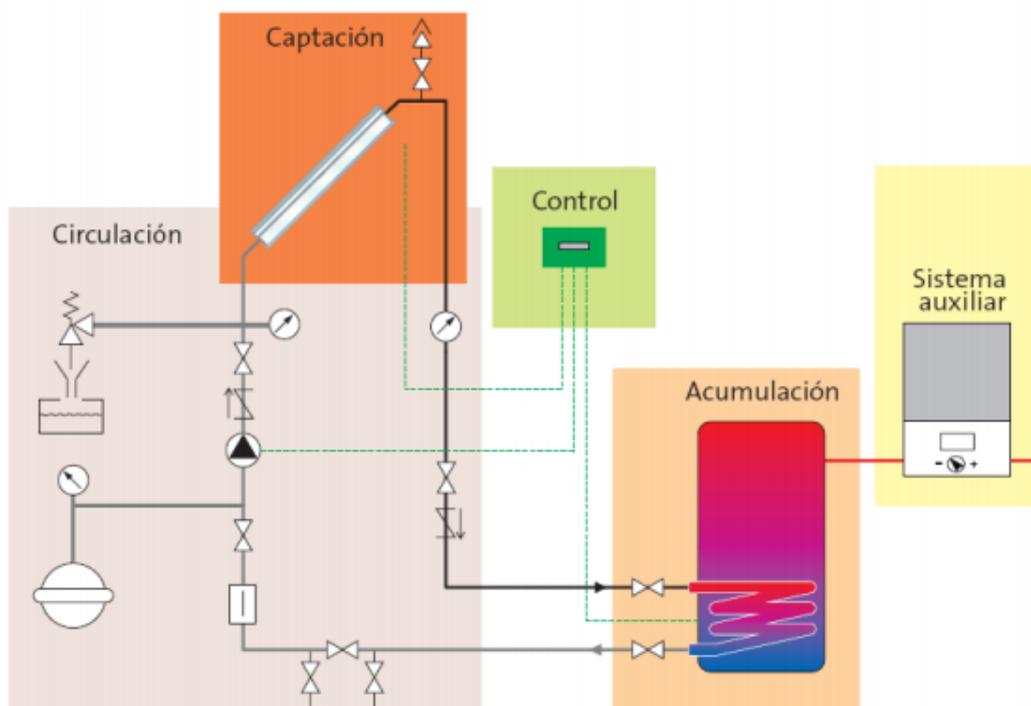


## ANEJO 9: Dimensionamiento y diseño de la instalación

### 9.1 Fundamentos teóricos

Una instalación solar térmica tiene como objetivo el aprovechamiento de la radiación solar para diferentes aplicaciones, ya sea calefacción, producción de agua caliente sanitaria (ACS), calentamiento de piscinas, entre otros.

El esquema general de este tipo de instalaciones es el siguiente:



**Foto 9.1** Esquema general de una instalación solar térmica

#### Componentes

Las instalaciones de aprovechamiento de la energía solar no sólo constan del conocido captador solar, son varios los elementos que se requieren para



asegurar el funcionamiento autónomo y la correcta regulación del mismo según las necesidades específicas de la instalación.

En concreto, una instalación de captación solar térmica a baja temperatura para la producción de ACS requiere, como mínimo, de los siguientes componentes:

- Captador solar térmico
- Válvulas
- Depósito acumulador
- Vaso de expansión
- Intercambiador de calor
- Sistema de regulación y control
- Bombas
- Sistema de soporte auxiliar
- Tuberías

#### *Captador solar térmico*

La energía solar tiene dos principales características que la diferencian de las fuentes de energía tradicionales, como son la dispersión y la intermitencia.

Por un lado, es una energía que se presenta con una gran dispersión, puesto que en verano difícilmente el flujo supera los 1100 W/m<sup>2</sup>. Este hecho condiciona a que la captación se debe realizar, o con grandes superficies, o con la utilización de concentradores solares para obtener cantidades de energía elevadas. Además la energía solar tiene el problema de la intermitencia, puesto que no se obtiene la misma energía al mediodía, donde la radiación solar es máxima, que por la tarde. Inclusive por la noche, cuando la radiación solar es nula. Este hecho condiciona a que se deban instalar sistemas de acumulación de energía para poder aprovechar el sobrante de las horas de máxima intensidad y usarlo en horas de déficit solar.

El equipo encargado de absorber la radiación solar es el captador. La energía solar llega al captador en forma de onda electromagnética, en un 98% con una



longitud de onda entre 0,25 y 4,14  $\mu\text{m}$ . Esta energía calienta el captador, que a su vez sufre pérdidas de calor por conducción, convección y radiación. Estas pérdidas aumentan con la temperatura, hasta que se llega a una temperatura en la que la energía recibida es igual a las pérdidas, punto en el que el captador ya no se calienta más. Este punto se conoce como punto de estancamiento.

Hay diversos tipos de captador, cuya idoneidad viene determinada por las necesidades de la instalación:

- a) Captador de placa plana
- b) Captador de tubo de vacío
- c) Captador concentrador

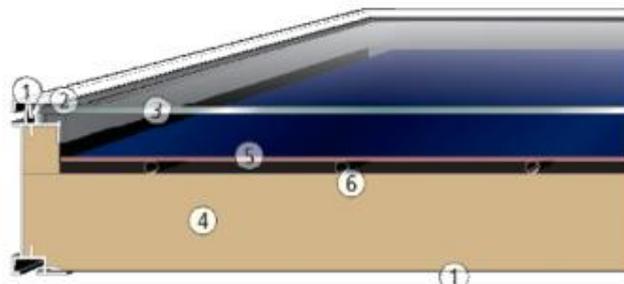
El más utilizado para la producción de ACS es el colector de placa plana

- a) Captador de placa plana

El captador solar plano es el encargado de transmitir la energía solar al fluido de trabajo en el circuito primario (conocido como fluido caloportador). Este fluido circula por el interior del captador a través de un circuito interno que puede estar formado por tuberías o por los huecos dejados entre placas.

Está constituido por cuatro elementos básicos y comunes en todos los modelos, la cubierta transparente, el absorbedor, el aislamiento y la carcasa o caja.

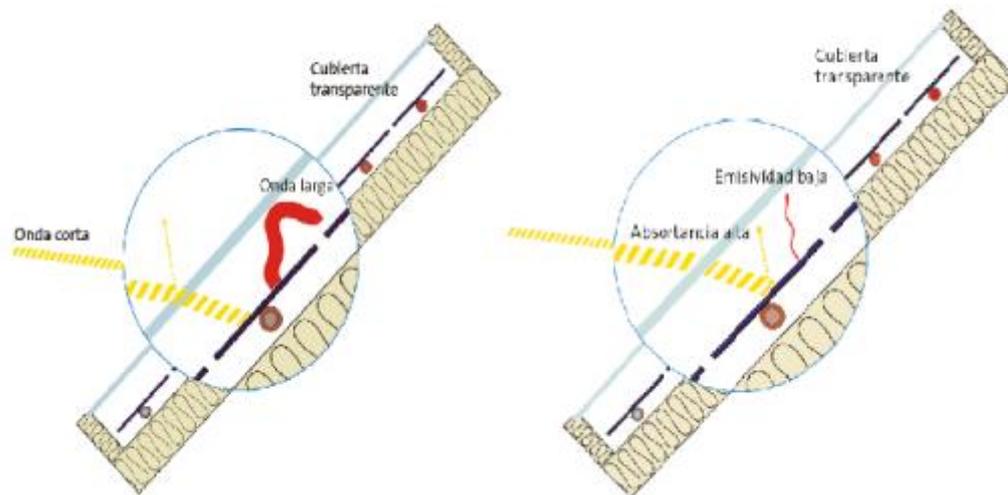
- 1. Caja
- 2. Junta de estanqueidad
- 3. Cubierta transparente
- 4. Aislamiento térmico
- 5. Placa absorbedora
- 6. Tubos





**Foto 9.2** Parte de un captador de placa plana

Este tipo de captadores se rige por el principio de funcionamiento del efecto invernadero (Ver anexo 1 apartado 4.3 El efecto invernadero en colectores de placa plana), aprovechando este fenómeno para disminuir las pérdidas. Cuando la radiación solar incide sobre el captador, ésta tiene mayoritariamente una longitud de onda corta (el 98% de la radiación solar está comprendida entre los 0,25 y los 4,14  $\mu\text{m}$ ). El vidrio de la cubierta es prácticamente transparente para estas longitudes de onda por lo que la radiación atraviesa la cubierta e incide en el captador. Una vez el absorbedor se calienta, emite radiación térmica en la banda del infrarrojo (entre 5 y 80  $\mu\text{m}$  dependiendo de la temperatura). Esta radiación es reflejada hacia la cubierta de vidrio que para estas temperaturas es opaco por lo que la radiación es de nuevo reflejada hacia el absorbedor. La siguiente figura muestra esquemáticamente el funcionamiento del efecto invernadero.



**Foto 9.3** Efecto invernadero en un captador de placa plana

Las características que debe presentar cada uno de los elementos que componen el captador son las siguientes.



### Cubierta transparente

Las características que debe presentar la cubierta son:

- Provocar el efecto invernadero. Como ya se ha comentado, debe dejar pasar la mayor parte de la radiación solar y resultar opaco para la radiación térmica del absorbedor.
- Buena capacidad de aislamiento para minimizar las pérdidas de energía hacia el exterior.
- Alta transmisividad ( $\tau$ ) y baja reflectividad ( $r$ ), para que la mayor parte de la radiación incidente pueda ser transferida al fluido caloportador.
- Buena resistencia mecánica. La cubierta actúa también de elemento de protección y debe ser capaz de soportar las agresiones externas.

Actualmente, la mayoría de los captadores son fabricados mediante cristales templados de bajo contenido en hierro, ya que además de tener unas buenas propiedades mecánicas al ser un cristal templado, el bajo contenido en hierro dota a la cubierta de una buena absorptividad.

Estas cubiertas, no obstante, requieren de un mantenimiento de limpieza periódico para eliminar posibles deposiciones del exterior y así evitar que su rendimiento disminuya.

### Aislamiento

El aislamiento tiene como función principal reducir las pérdidas de calor al exterior por lo que se debe dotar de aislamiento a todas las zonas del captador que no sean transparentes.

Los aislantes más utilizados son la lana de roca, las resinas de melamina y el poliuretano, pero se deben tener en cuenta dos factores principales: el coeficiente de aislamiento y la temperatura máxima de trabajo.



La circunstancia de que tengan un buen coeficiente de aislamiento (es decir, una baja conductividad térmica) es un factor determinante para reducir las pérdidas ante un espesor determinado.

Igualmente, el aislante debe ser capaz de soportar la temperatura máxima de trabajo del colector, es decir, la temperatura de estancamiento, para garantizar la durabilidad y el rendimiento del captador en el tiempo.

Por otro lado, es muy importante, también, que el material del aislamiento sea resistente al efecto del agua para que no se vean reducidas sus prestaciones por el efecto de la absorción de la humedad ambiente.

### Absorbedor

El absorbedor es la parte encargada de transmitir la radiación, en forma de calor y eficientemente, al fluido caloportador que circula por el interior del colector solar. Actualmente, la configuración más utilizada es la de tubos interiores de cobre. Es posible utilizar tubos de cobre siempre que el fluido caloportador tenga un pH comprendido entre 7,2 y 7,6.

Se distinguen dos tipos de configuraciones de los tubos: parrilla de tubos o serpentines.

La configuración más empleada es la parrilla de tubos verticales, dispuestos paralelamente entre sí, que comienzan y acaban en dos tubos de mayor diámetro llamados distribuidores. El fluido que entra por el distribuidor inferior se va repartiendo por los tubos verticales, recorriéndolos en sentido ascendente, y saliendo el fluido calentado por el distribuidor superior. Este fluido puede salir hacia el circuito exterior o hacia el siguiente captador dependiendo de la configuración del captador.

La configuración en serpentín, logra un mayor calentamiento del fluido al recorrer éste en su totalidad la superficie absorbente. Sin embargo, se produce una mayor pérdida de carga en el interior del captador.



Es muy importante, también, que el captador haya sido sometido a un tratamiento para potenciar la absorción en longitudes de onda corta (las longitudes de onda de la radiación solar) y una baja emisividad en longitudes de onda larga (las longitudes de onda de la radiación térmica).

La capacidad para separar estas dos funciones, la absorción a longitudes de onda cortas y la emisividad a longitudes de onda larga, para minimizar las pérdidas de calor en forma de radiación es lo que se conoce como tratamiento selectivo. Los tratamientos más utilizados y las características de absorptividad de onda corta y emisividad de onda larga se muestran en la siguiente tabla:

Tratamiento	Absorbedor	Absortividad	Emisividad
Cromo negro	Cobre	0,95	0,12
Níquel negro	Aluminio	0,97	0,11
Níquel	Cobre	0,95	0,10
Níquel	Aluminio	0,95	0,10
Óxido de titanio	Cobre	0,95	0,05

#### Tratamiento selectivo en función del absorbedor y valores de absorptividad y emisividad correspondientes

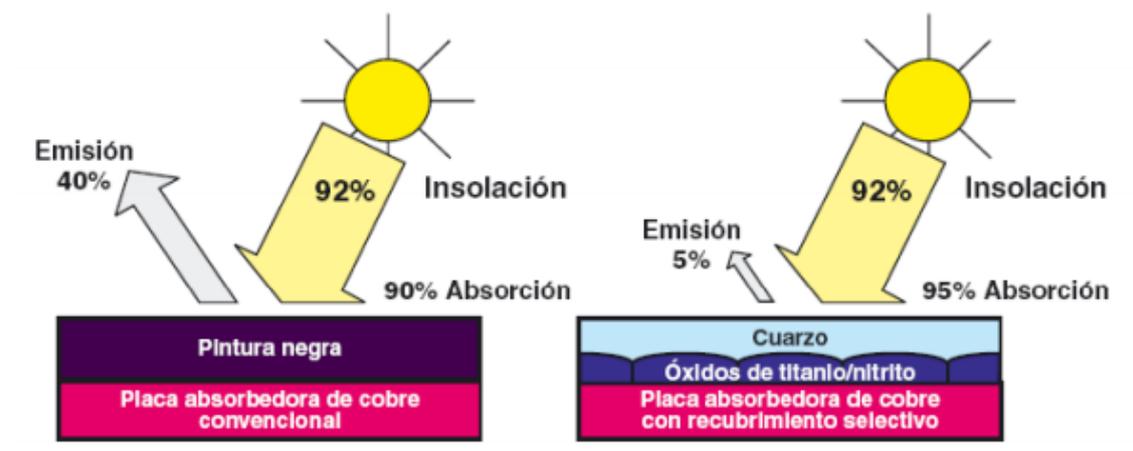


Foto 9.4 Efecto del tratamiento selectivo en el absorbedor

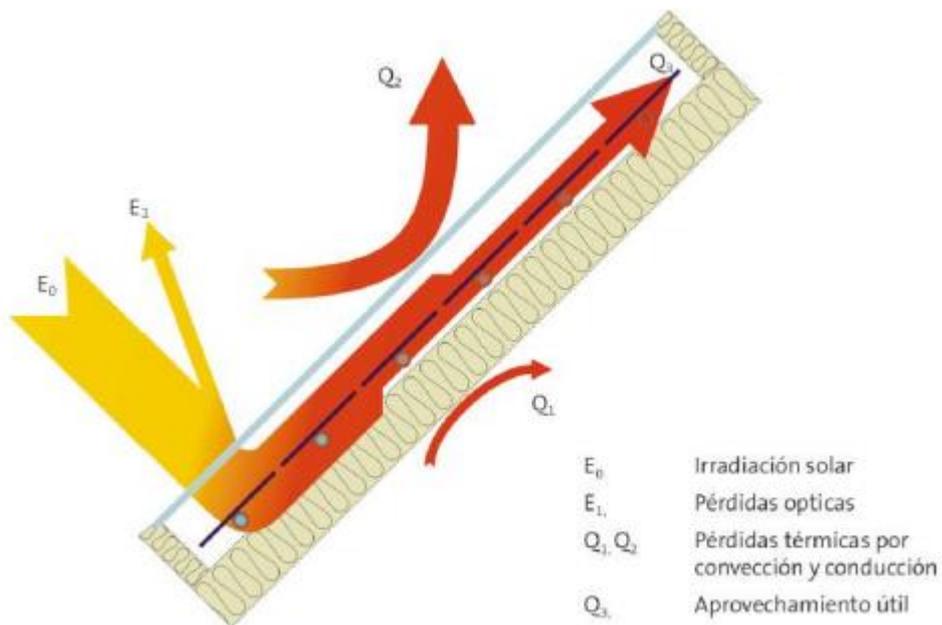


La misión de la carcasa es la de contener todos los elementos que forman el colector y la de dar rigidez al conjunto, para permitir que el captador pueda ser fijado a una estructura soporte que permita asignar su orientación. Ésta debe tener una durabilidad mínima de 25 años.

Las características que debe tener son:

- Rigidez
- Resistencia a la corrosión de los agentes ambientales
- Estanqueidad
- Geometrías que permitan la evacuación de agua.

Balance de energía de en un captador



**Foto 9.5** Balance de energía en un captador de placa plana

Para un captador de placa plana, si se considera que el sistema está en estado estacionario se puede escribir un balance de energía por unidad de área de captación como:



$$Q_u = Q_i - Q_p$$

La energía útil extraída del captador es un instante dado, es la diferencia entre la energía absorbida por la placa absorbente y la energía perdida (Ver anexo 1 apartado 4.4 Balance energético en un colector) .La ecuación que se aplica a prácticamente a todos los diseños de captadores planos es:

$$Q_u = F_R \cdot A_c \cdot [I_T(\tau\alpha) - U_L(T_e - T_a)]$$

Donde:

$Q_u$ : es la cantidad de energía útil captada [W]

$A_c$ : es el área de captación [m<sup>2</sup>]

$F_R$ : es el factor de eficiencia del intercambio de calor entre la placa y el fluido también llamado factor de renovación

$I_T$ : es la radiación incidente sobre la superficie del captador por unidad de área (W/m<sup>2</sup>)

$\tau$ : es la transmisividad solar de las cubiertas transparentes

$\alpha$ : es la absortividad solar de la placa captadora

$U_L$ : es el coeficiente global de pérdidas del captador (W/m<sup>2</sup>°C)

$T_a$ : es la temperatura ambiente en el exterior (°C)

$T_e$ : es la temperatura de entrada del fluido en el captador (°C)

### La energía solar absorbida por la placa captadora ( $Q_i$ )

La radiación incidente en el captador  $I_T$  en cualquier momento es la suma de tres componentes: radiación directa, radiación difusa y dependiendo de la



inclinación del captador y de la naturaleza del entorno, radiación reflejada por el suelo y las superficies próximas.

Cuando se prueba un captador, IT se mide con un piranómetro colocado con la misma inclinación que el captador, como se verá más adelante para estimar el rendimiento medio de un sistema de calentamiento solar, no es necesario la medida de IT en frecuentes intervalos de tiempo una vez conocidos los resultados de la prueba del captador o curva de homologación. También decir que para el método de las curvas f, el cual se desarrollara en este proyecto más adelante, son necesarios los datos de la radiación media mensual sobre la superficie del captador. La mayoría de los datos disponibles frecuentemente se refieren a datos de radiación media mensual sobre superficie horizontal, por lo tanto se debe calcular la radiación media mensual sobre una superficie inclinada a partir de los datos de radiación sobre superficies horizontales.

La cantidad de energía absorbida por la placa captadora en cualquier momento se obtiene como el producto de la radiación incidente IT, la transmisividad de la cubierta transparente ( $\tau$ ) y la absortividad de la superficie captadora ( $\alpha$ ). Los parámetros  $\tau$  y  $\alpha$  son función de los materiales y del ángulo de incidencia de la radiación solar en la placa absorbente (ángulo que forma la normal al plano del captador y el vector dirección del rayo solar). Las componentes directa, difusa y reflejada de la radiación solar inciden en la superficie captadora con distintos ángulos. Por tanto la transmisividad y la absortividad deben calcularse como una media ponderada de estas componentes.

#### *Pérdidas térmicas del captador ( $Q_p$ )*

Las pérdidas térmicas del captador de producen de varias formas por distintos mecanismos. Las pérdidas de la placa absorbente a la(s) cubierta(s) y de la cubierta superior al aire del ambiente exterior tienen lugar en ambos casos por convección y radiación pero en diferentes proporciones. Las pérdidas energéticas de la placa absorbente a través del material aislante del fondo y las paredes se producen por conducción.



El producto del coeficiente global de pérdidas  $UL$  y la diferencia de temperaturas ( $T_e - T_a$ ) representa la energía perdida por la placa si toda ella estuviera a la temperatura de  $T_e$  de entrada del fluido. Si hay captación de energía útil, la placa estará a mayor temperatura que el fluido a la entrada, esto es necesario, para que exista transferencia de calor de la placa al fluido circulante. Como resultado de esto, la energía real perdida por el captador será mayor que el producto de  $UL$  y ( $T_e - T_a$ ). Esta diferencia se engloba en el factor de renovación  $FR$ .

El coeficiente global de pérdidas,  $UL$ , es la suma de los coeficientes de pérdidas correspondientes a la cubierta, la base y las paredes laterales del captador.

El coeficiente de pérdidas correspondiente a la cubierta es función de la temperatura de la placa absorbente, del número de cubiertas transparentes, de la naturaleza del material de la cubierta, de la emisividad térmica (infrarrojo) de la placa absorbente, de la temperatura ambiente y de la velocidad del viento. El valor de  $UL$  se obtiene de la curva experimental de homologación del captador (curva de normalización).

### Factor de renovación (FR)

Para el análisis de sistemas de energía solar es necesario conocer la ecuación 2, que nos da la energía útil extraída en función de la temperatura de entrada del fluido en el captador. Sin embargo, las pérdidas térmicas se producen en función de la temperatura media de la placa, que es siempre más alta que la de entrada del fluido cuando se está captando energía. El efecto del factor de renovación ( $FR$ ) es reducir la obtención de energía útil calculada, que resultaría si todo el captador estuviese a la temperatura de entrada del fluido, a la que se obtiene realmente dado que el fluido incrementa su temperatura mientras circula a través del captador.



Este factor es independiente de la intensidad de la radiación incidente y de las temperaturas de la placa y del ambiente, pero es función del caudal del fluido y del diseño de la placa absorbente (espesor, características de los materiales, separación entre tubos, etc.). Los productos FR ( $\tau\alpha$ )<sub>n</sub> y FR·UL, se obtienen fácilmente a partir de la curva de homologación del captador).

### Prueba de captadores y curva de homologación del captador

Los captadores se prueban generalmente siguiendo un procedimiento recomendado, la norma ISO 9806-1 "Test methods for solar collectors-Part1: Thermal Performance of glazed liquid heating collectors including pressure drop", establece las bases para el ensayo de colectores solares.

Normalmente se hace funcionar el captador en un banco de pruebas bajo condiciones estacionarias, manteniendo prácticamente constantes la radiación solar, velocidad del viento y temperatura ambiente y de entrada del fluido en el captador, durante un período de tiempo en el que la temperatura de salida del fluido y el calor útil extraído no varían apreciablemente. Estas condiciones, incluyendo la velocidad del viento son representativas de las condiciones reales de funcionamiento posterior del captador. Las medidas de la radiación incidente, caudal del fluido, temperatura de entrada y salida del captador y temperatura ambiente se hacen cuidadosamente.

La energía útil extraída viene dada por la ecuación:

$$Q_u = A_c \cdot m \cdot c_p \cdot (T_e - T_s)$$

Ec. 3

Donde:

m: es el caudal del fluido en el captador por unidad de superficie captadora

c<sub>p</sub>: es el calor específico del fluido



Ts: es la temperatura del fluido a la salida

Los resultados de las pruebas de captadores se ofrecen generalmente como expresión del rendimiento del captador, definida como:

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c \cdot I_T}$$

Ec. 4

Donde IT es la radiación por unidad de área medida en la superficie del captador.

Los ensayos del captador se realizan bien en el exterior en días claros cerca al mediodía solar, o bien en el interior utilizando un simulador solar. En ambos casos, la componente difusa de la radiación solar es pequeña y la incidencia de la radiación es próxima a la incidencia normal. Por tanto, el producto transmisividad-absortividad obtenido de la prueba del captador, corresponde a la radiación directa con incidencia normal. El producto transmisividad-absortividad se escribe entonces  $(\tau\alpha)_n$ .

Los resultados de la prueba del captador se representan mediante la gráfica del rendimiento instantáneo en función de la  $(T_e - T_a)/I_T$ . La base teórica para presentar los resultados de esta forma, se obtiene sin más que dividir el calor útil extraído por la radiación incidente y el área de captación. Por tanto la ecuación resultante es la siguiente:

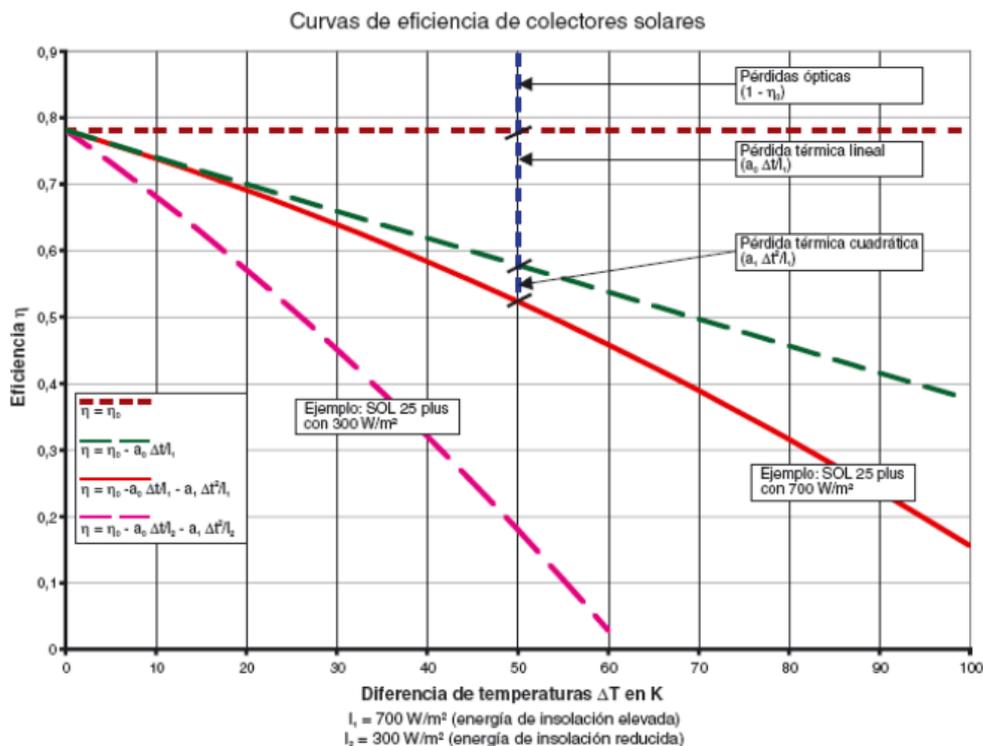
$$\eta = \frac{Q_u}{A_c \cdot I_T} = F_R (\tau\alpha)_n - F_R U_L (T_e - T_a) / I_T$$

Ec. 5



Si se suponen constante UL, la gráfica del rendimiento del captador en función de  $(T_e - T_a)/IT$  es una recta con una pendiente negativa igual a  $FR UL$  y una ordenada en el origen igual a  $FR(\tau\alpha)_n$ . Estos valores  $FR$ ,  $UL$  y  $FR(\tau\alpha)_n$  obtenidos de la curva de homologación del captador solar son los necesarios para calcular el rendimiento medio de una instalación solar durante un período de tiempo (método de las curvas f) el cual se aplicará más adelante en este proyecto.

La curva de rendimiento instantáneo del captador la proporciona el fabricante, a continuación se muestra una curva de rendimiento del fabricante ESCODA.



Se explica el rendimiento instantáneo del colector en términos cuadráticos, esto es debido a que se considera el coeficiente global de pérdidas no constante y dependiente de la temperatura de entrada y la temperatura ambiente.

Los términos de pérdidas de primer y segundo grado aproximan mejor los puntos de bajo rendimiento, es decir, aquellos en los que el colector funciona a



alta temperatura. Hay que decir que para los colectores solares aplicados a la producción de ACS este hecho no influye demasiado puesto que no se llega a alta temperatura.

Es muy importante distinguir entre rendimiento instantáneo del captador (el rendimiento del captador en un instante dado en función de las condiciones meteorológicas y de funcionamiento que ocurren en ese instante) y en rendimiento que se obtiene en un período de tiempo. Un captador es un sistema de calentamiento solar que funciona durante un año en un amplio margen de condiciones, desde un período caluroso con baja eficacia a un período frío con alta eficacia. Estas variaciones se tienen en cuenta en el método de las curvas-f.

Para determinar cómo se comporta un captador trabajando en las condiciones variables que se presentan en un sistema de calentamiento solar, es necesario comprender la teoría relativa al rendimiento instantáneo del captador bajo unas condiciones meteorológicas y de funcionamiento dadas.

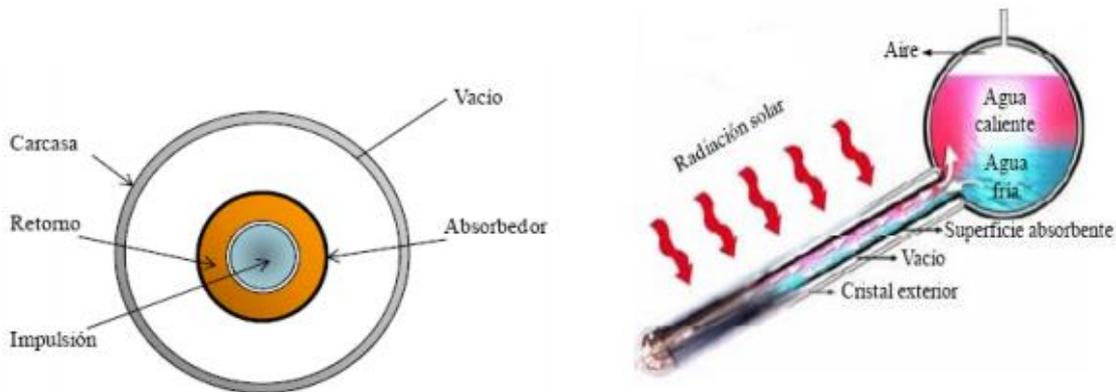


Foto 9.6 Captador de tubo de vacío

### c) Captador concentrador

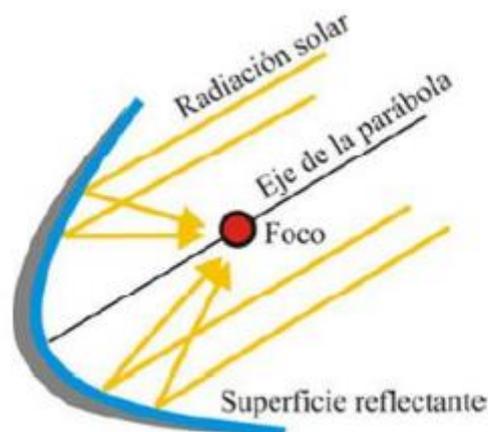
Los captadores concentradores son utilizados en aquellos procesos, principalmente industriales, que necesitan la energía liberada a alta



temperatura (más de 100°C). Ya se ha visto que con los captadores tradicionales es imposible llegar a estas temperaturas ya que la radiación solar es una energía de baja intensidad.

Este aumento de temperatura se puede conseguir incrementando la intensidad solar. Para lograr este incremento se debe interponer una superficie óptica entre la fuente solar y la superficie absorbidora, que debe ser pequeña en comparación con el dispositivo óptico. Así se consiguen relaciones de concentración que permiten incrementar la intensidad de la radiación solar desde 1,5 hasta varios miles de veces la intensidad solar. Con concentradores típicos se pueden obtener temperaturas de entre 100 y 500°C.

El principal problema que presenta este tipo de colectores es que, para que su rendimiento no se vea muy perjudicado, es necesario que estén siempre orientados en la dirección de máxima radiación mediante seguidores solares, por lo que su sistema constructivo es mucho más complicado y consecuentemente de precio mucho mayor. Igualmente, al obtener temperaturas de trabajo mucho mayores los materiales utilizados también deben ser de mayor calidad y, por lo tanto, más costosos.



**Foto 9.7** Captador concentrador

*Depósito acumulador*



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS

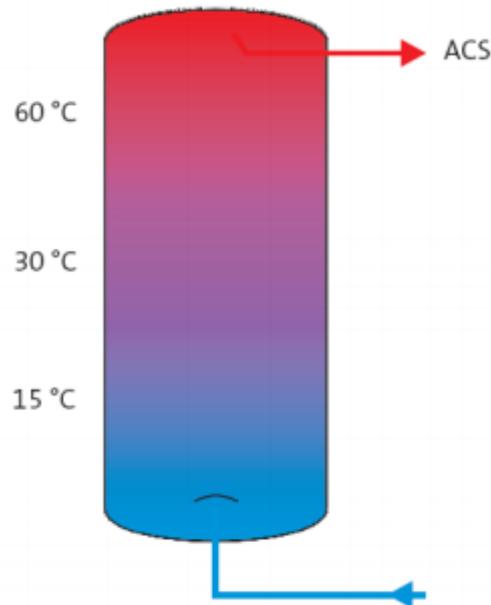


Como ya se ha comentado, la energía solar presenta la característica de intermitencia y, muchas veces, las necesidades no se adaptan a los horarios de máxima producción por lo que es necesario disponer de un sistema de acumulación que permita almacenar la energía en forma de agua caliente lista para ser usada en cuando sea necesaria. Los acumuladores, por lo tanto, deben cumplir unos requisitos técnicos y criterios de diseño que se detallarán más adelante, marcados por el RITE y el PCT de instalaciones a baja temperatura, para favorecer el rendimiento.

Para mejorar el funcionamiento de la instalación es importante que los acumuladores favorezcan la estratificación del agua, es decir, se tienen que formar capas de agua de manera que el agua más fría esté en la parte inferior del depósito y la más caliente en la superior, gracias al efecto de la densidad. Este efecto se mantiene estable mientras no existan corrientes de agua en el depósito ocasionadas por las tomas de entrada y salida del agua.

La importancia de la estratificación viene marcada por dos motivos:

- En la parte inferior se necesita el agua lo más fría posible, ya que esto favorece el intercambio de calor entre el circuito primario y el agua acumulada, lo que aumenta el rendimiento de los captadores. Cuanto más frío esté el fluido caloportador que entra en el colector solar más energía capta.
- En la parte superior se necesita la temperatura más alta posible ya que de este punto se toma el agua para consumo. Como mayor temperatura tenga menor será el aporte de energía necesario mediante el sistema auxiliar e inclusive este aporte puede llegar a ser nulo.



**Foto 9.8** Estratificación de agua dentro de depósito acumulador

a) Clasificación en función del sistema de intercambio

A menudo, en los acumuladores es donde se realiza el intercambio de energía entre el fluido del primario y el secundario (ACS). Según como sea el sistema de intercambio se distinguen diferentes tipos de acumuladores.

*Acumulador de circuito abierto*

Son un tipo de acumulador que tiene como única misión el almacenamiento de agua calentada, o bien por otro acumulador o mediante un elemento externo como podría ser un intercambiador de calor. Este tipo de acumuladores son los más usados en instalaciones que requieran de un gran volumen de acumulación.

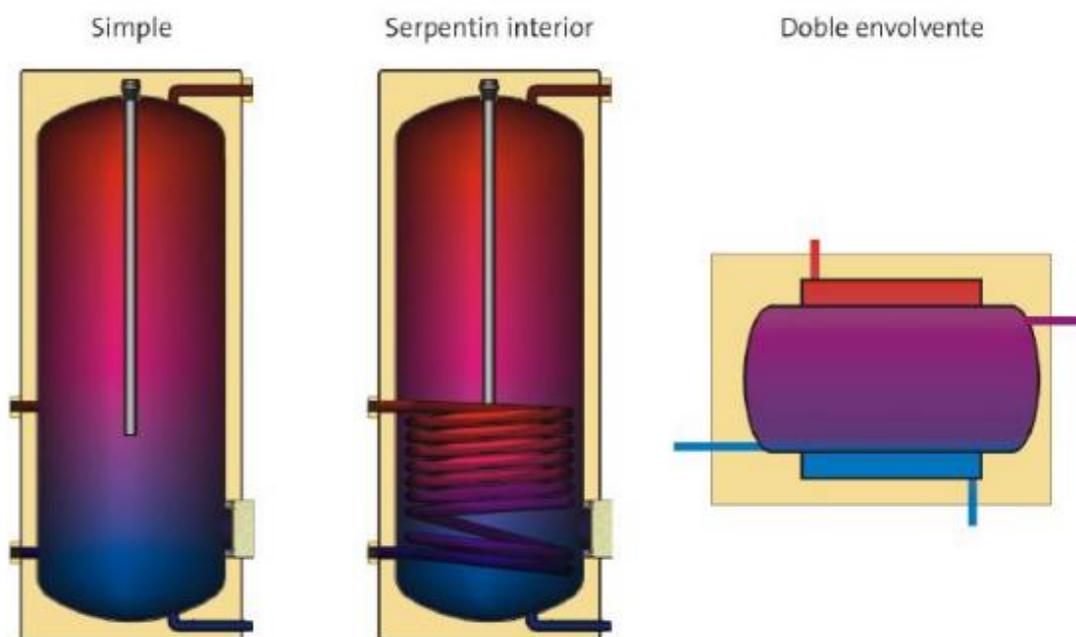
*Acumulador con intercambiador incorporado*

En el acumulador con intercambiador incorporado, también llamado interacumulador, el calentamiento y almacenamiento de agua se producen en el mismo depósito. Éste incorpora su propio intercambiador en su interior. Es



utilizado en instalaciones de menor volumen de acumulación como pueden ser viviendas unifamiliares o multifamiliares con acumulación distribuida y se pueden distinguir dos tipos:

- El interacumulador de doble pared, donde el intercambiador de calor está constituido por una doble envolvente que rodea el depósito, por cuyo interior circula el fluido caloportador del circuito primario.
- El interacumulador de serpentín dispone de un intercambiador de calor formado por un tubo curvado en espiral o serpentín situado en el interior del depósito. En algunos interacumuladores pueden existir más de un serpentín.



**Foto 9.9** Tipos de depósitos acumuladores

### *Intercambiador de calor*

Un intercambiador de calor es un dispositivo que tiene como finalidad transferir el calor del fluido caliente al fluido frío, separados éstos, en general, por tabiques metálicos. En el caso de las instalaciones solares térmicas el objetivo



es transmitir el calor desde el fluido primario calentado en los colectores al agua del circuito secundario.

Estos intercambiadores pueden ser de dos tipos, el intercambiador externo independiente y el intercambiador incorporado al acumulador (interacumulador).

El intercambiador independiente del acumulador se sitúa en posición exterior y puede ser de placas, el más habitual, o de haz de tubos. Para este tipo de intercambiador es necesario situar una bomba en el circuito secundario entre el intercambiador y el depósito. Sin embargo, la ventaja de estos sistemas es su alto rendimiento de intercambio, consiguiendo un sistema más eficiente y permitiendo el diseño a medida de las necesidades. Como contrapartida existe una mayor pérdida de carga e implican un mayor coste de la instalación.

El intercambiador incorporado al depósito de acumulación, interacumulador, es mejor en cuanto a pérdida de carga y coste se refiere, sobretodo el de doble pared. El problema reside en que su rendimiento de transferencia es más bajo y viene diseñado para cada depósito, por lo que se pierde el diseño a medida. Pero en las pequeñas instalaciones esta es la solución más adoptada puesto que la cantidad de calor transferido no es tan elevado y el coste global de la instalación es más reducido.

### *Bomba de impulsión*

La bomba de impulsión es el elemento encargado de compensar la pérdida de carga del fluido a lo largo del circuito hidráulico y además, de aportar la presión deseada en el circuito.

Salvo en aquellas instalaciones que funcionen por el efecto termosifón será necesaria como mínimo una bomba en el primario y una en el secundario para la circulación forzada tanto del fluido caloportador del primario como del ACS en el secundario.



Las bombas utilizadas en los sistemas de energía solar son de tipo centrífugo para vencer la resistencia del flujo en las tuberías y poder aportar la presión requerida en cualquier punto.

Las bombas siempre deben estar situadas, cuando es posible, en la zona más fría del circuito para tener en cuenta que no se produzca el fenómeno de cavitación que dañaría la bomba.

### *Tuberías*

Las tuberías son los elementos que componen el sistema de distribución hidráulico de la instalación.

En cualquier instalación solar térmica existen, como mínimo, dos circuitos hidráulicos, el circuito primario, del que forman parte los captadores y el intercambiador de calor, el fluido se encarga de recoger la energía solar y transferirla al depósito de acumulación y el circuito secundario, donde el fluido recoge la energía transmitida por el primario y va hasta el sistema de energía auxiliar de soporte.

Los circuitos primario y secundario tienen requerimientos muy distintos, principalmente térmicos, por lo que al diseñarlos se deberá tener en cuenta la posibilidad de utilizar materiales distintos.

Al diseñar el circuito hidráulico se tendrán que tener en cuenta varios factores para mejorar el rendimiento del circuito. En primer lugar, hay que intentar hacer el circuito lo más corto posible para, aparte de abaratar costes, disminuir las pérdidas. Igualmente este circuito deberá estar suficientemente aislado para disminuir las pérdidas al máximo.

Igualmente, es muy importante prever que el circuito debe estar equilibrado, principalmente en la zona de captadores, para evitar así caminos preferentes para el flujo y por lo tanto una disminución de rendimiento. Esto significa que el recorrido lineal que se haga por cada una de las baterías de captadores debe



ser el mismo para conseguir la misma pérdida de carga técnica llamada retorno invertido. Si el equilibrado por diseño no es factible se deberán instalar válvulas de equilibrado para controlar el caudal en cada punto de derivación.

### *Válvulas*

Las válvulas son mecanismos que se encargan de impedir o controlar un flujo a través de una tubería. En las instalaciones solares térmicas éstas se usan para distintas funciones tales como aislamiento, llenado, vaciado, equilibrado, purga o seguridad, existiendo, para cada una de las funciones, algunos tipos o modelos más adecuados. Los principales tipos de válvulas que se pueden encontrar son:

- Válvulas de esfera: El elemento de cierre es una bola con un orificio cilíndrico, cuando este orificio está orientado en la dirección del flujo permite el paso del fluido y obtura el paso cuando está en posición perpendicular. Resisten elevadas temperaturas y presiones.
- Válvulas de asiento: Habituales en pequeñas instalaciones, el cierre se realiza mediante un pistón llamado soleta que se apoya sobre el asiento o sección de paso. Son fáciles de manipular pero ocasionan una elevada pérdida de carga.
- Válvulas de macho cónico: Está constituido por un cuerpo en el que se ajusta una pieza cónica llamada macho que gira alrededor de su eje y tiene un orificio. Cuando el orificio está alineado con la entrada y la salida permite el paso del fluido.
- Válvulas de compuerta: El cierre se produce con una compuerta en forma de cuña que se ajusta a dos planos inclinados. Al no obligar a variar la dirección del flujo hay una menor pérdida de carga pero acusan problemas de estanqueidad.
- Válvulas de clapeta: Están constituidas por una compuerta articulada que deja pasar el agua en un sentido marcado por una flecha. Si se



invierte el sentido de la circulación la presión del agua empuja la compuerta contra el asiento impidiendo el retroceso del flujo.

### *Vaso de expansión*

Según el RITE, el vaso de expansión se debe diseñar de tal manera que pueda absorber la dilatación del fluido de la instalación.

El vaso de expansión cerrado es un depósito hermético formado por dos cámaras separadas interiormente por una membrana flexible. La flexibilidad de la membrana permite que el volumen disponible en el interior de cada cámara sea variable, siendo la suma de ambos volúmenes igual al volumen interior del vaso.

El vaso de expansión se suministra con una cámara llena de gas, generalmente nitrógeno, a una presión preestablecida por el fabricante de modo que la cámara que contiene el gas ocupa todo el volumen interior del vaso.

Dispone de una conexión en el lado de la cámara de fluido, a modo de derivación, que permite al fluido, una vez instalado, ocupar parte del volumen de la cámara de fluido.

Debido a la fría temperatura a la que está el fluido en el proceso de llenado y presurización, éste ocupa todo el volumen de la instalación. A medida que el fluido se va calentando en la circulación, el volumen ocupado por el mismo tiende a ser mayor que el volumen disponible en la instalación en una proporción igual al coeficiente de expansión volumétrica del fluido caloportador. Si el circuito no puede aumentar su capacidad interna, la presión del fluido aumentará provocando la actuación de la válvula de seguridad.

La solución ofrecida por el vaso de expansión se basa en una idea muy simple.



Cuando la sobrepresión en el circuito, debido al intento de expansión del fluido caloportador, supera la fuerza que ejerce el gas a presión del otro lado de la membrana, ésta se deforma permitiendo la entrada del fluido hacia el vaso.

Cuando el fluido se haya expandido completamente, tendrá una presión algo superior a la que tenía cuando ha empezado a expandirse. Sin embargo, si el vaso está correctamente diseñado ésta nunca llegara a ser lo suficientemente grande como para provocar la actuación de la válvula de seguridad.

Cuando el fluido se enfría, el volumen se contrae y su presión disminuye. La sobrepresión existente en la cámara del gas provoca la reformación de la membrana hacia la cámara de fluido, devolviendo la instalación al punto de funcionamiento inicial.

El dimensionado del vaso de expansión se realiza según la norma UNE 100-155-88 que establece el método de cálculo para encontrar el volumen mínimo necesario del vaso de expansión (Ver anexo 1 apartado 8 Vaso de expansión).

#### *Sistema de regulación y control*

Para un funcionamiento automático de la instalación, ésta se debe dotar con un sistema electrónico de control central y un conjunto de termostatos y sensores repartidos a lo largo del circuito. Este sistema se encarga de procesar los datos tomados por el conjunto de elementos de medida y tomar un conjunto de órdenes prefijadas en función de dichos parámetros.

La principal acción que realiza el sistema de control es la de poner en marcha la bomba de circulación del circuito primario cuando exista suficiente energía para ceder al sistema de acumulación y de pararlo en el momento que la aportación solar es insuficiente. Para este fin se prevé un termostato diferencial que mida la diferencia de temperaturas entre la temperatura del fluido caloportador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación. Para evitar continuas puestas en marcha y paradas, el termostato



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



diferencial funciona en régimen de histéresis de modo que las bombas se enciendan cuando la diferencia de temperaturas sea mayor que un cierto valor y se paren cuando la diferencia sea menor que otro valor menor.

Para realizar una correcta regulación diferencial habrá que realizar una lectura entre la zona más caliente del circuito primario y la zona más fría del acumulador. La parte más caliente del circuito primario es la parte superior de los colectores, y la zona más fría es la inferior del acumulador, por lo que los sensores deben estar instalados en dichos puntos en el caso de acumulación centralizada. Para sistemas de acumulación distribuida, los sensores se situarán en la tubería de derivación de entrada a cada piso y en la parte inferior del depósito.

La norma ITE 10.1.5 establece que se debe regular esta diferencia de temperaturas de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor que 2°C y no estén paradas cuando la diferencia de temperaturas sea mayor que 7°C.

Además, el termostato debe incorporar una función de temperatura máxima que cuando la temperatura del primario llegue a 60°C (máxima temperatura para uso doméstico) actúe una válvula de by-pass de tres vías para no calentar más el depósito pese a que el sistema todavía pueda elevar más la temperatura del depósito.

También se establece que este sistema tiene que actuar como prevención de heladas, de forma que cuando la temperatura del fluido esté 3°C por encima de la temperatura de congelación del fluido caloportador, las bombas hagan circular el fluido del circuito primario.

*Sistema auxiliar*



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



En las instalaciones solares térmicas se debe tener en cuenta la posible existencia de dos sistemas de soporte auxiliar: un sistema de aporte de energía auxiliar y un sistema de enfriamiento.

El primero, el sistema de aportación de energía auxiliar, es siempre necesario en una instalación solar térmica. Como ya se ha comentado, la energía solar presenta la característica de intermitencia, por lo que a menudo la generación y el consumo no coinciden. Este hecho provoca que la mayoría de veces el agua almacenada en el depósito no llegue a la temperatura requerida. En este caso será necesario proveer a la instalación de un sistema que aporte la energía necesaria para poder calentar el agua hasta la temperatura de utilización.

En el apartado 3.3.6 del DB HE4 del CTE se establecen las condiciones generales que debe cumplir el sistema de aporte de energía auxiliar:

Este sistema de energía auxiliar debe estar diseñado para poder trabajar aun cuando el circuito primario no esté en funcionamiento aunque sólo entrará en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación. El aporte de energía auxiliar en el circuito primario queda expresamente prohibido puesto que reduciría sensiblemente el rendimiento de la instalación.

El sistema de energía auxiliar puede ser de dos tipos según la naturaleza de la energía aportada. En el caso general se encuentran el gasóleo, gas natural, gas propano o gas butano y en el caso efecto Joule se utiliza una resistencia eléctrica. Según el caso que se utilice va a ser necesario diseñar la instalación para cubrir un cierto porcentaje de la demanda energética siendo el caso efecto Joule el que según el CTE y la mayoría de ordenanzas requiere de una mayor cobertura solar de la energía consumida.

La elección de un sistema u otro varía en función de la instalación preexistente en el edificio.



Si no se dispone de instalación de gas en el edificio será necesario utilizar el caso efecto Joule, teniendo en cuenta que el acumulador deberá llevar una resistencia incorporada. Si el edificio dispone de una instalación de gas natural se puede instalar el acumulador en línea con el sistema de energía auxiliar de modo que el agua que sale del acumulador pase por el sistema de aporte de energía auxiliar.

Se debe tener en cuenta, asimismo, que en algunos casos puede ser necesaria la instalación de un sistema disipador de energía. En el caso de utilizar colectores planos suele ser recomendable la instalación de este sistema puesto que, debido al efecto invernadero que se produce en el colector, si no se consume la energía primaria se puede llegar a temperaturas de estancamiento próximas a 200°C. Al aumentar tanto la temperatura también aumenta la presión en el circuito primario que da lugar a esfuerzos innecesarios en los elementos que reducen la vida útil de la instalación. Además, si se supera la presión a la que está tarada válvula de seguridad del primario, ésta actúa dejando escapar el fluido caloportador.

Este sistema disipador está compuesto por un aerotermo disipador, una válvula de tres vías y una sonda de temperatura y presión.

### *Configuración de las instalaciones solares térmicas*

Los sistemas de captación térmica pueden clasificarse atendiendo a diversos parámetros tales como:

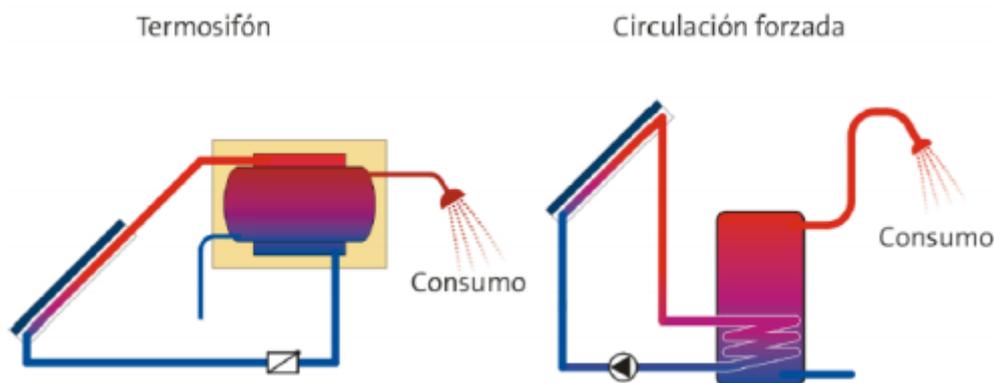
- Sistema de circulación del circuito primario
- Forma de intercambio de calor entre el circuito primario y secundario
- Localización del sistema de acumulación y de energía auxiliar

-Clasificación según el sistema de circulación del circuito primario



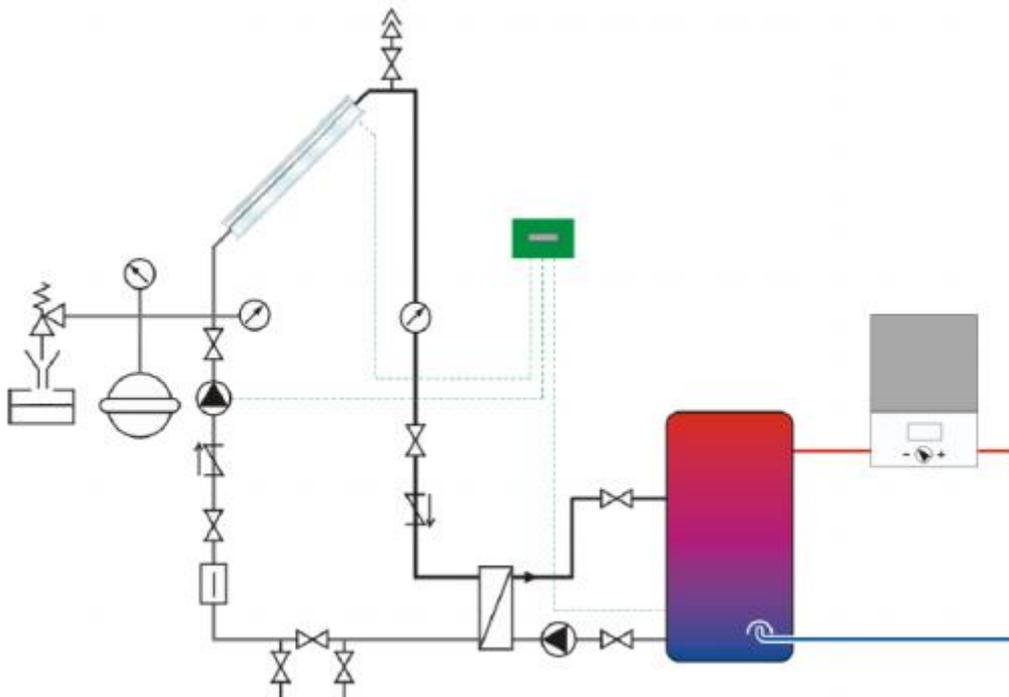
Según el modo de circulación del fluido caloportador del circuito primario, se pueden distinguir dos modos de funcionamiento:

- En el sistema natural por termosifón, se aprovechan los cambios de densidad del fluido para que el fluido llegue a la parte alta del circuito. Es un tipo de circulación muy usado en los pequeños equipos compactos, en los que se comercializa el equipo completo con el depósito interacumulador encima de los paneles. Sólo se utiliza en instalaciones de pequeñas dimensiones.
- En los sistemas de circulación forzada, además de la bomba del secundario se añade una bomba al circuito primario para hacer circular el fluido a través del sistema de captación e intercambio. Es el sistema utilizado en la mayoría de instalaciones.



**Foto 9.10** Sistema termofisión y circulación forzada

- *Clasificación según el modo de intercambio de calor entre el primario y el secundario*



**Foto 9.11** Instalación con sistema de intercambio de calor indirecto

Se pueden distinguir dos categorías:

En los sistemas de intercambio directo existe sólo un circuito entre los colectores y el punto de consumo. El agua que circula por los colectores se mezcla en el depósito con el agua de red y se utiliza para el consumo.

Este tipo de instalaciones se pueden utilizar en lugares donde no exista riesgo de congelación y no se deba añadir, por lo tanto, anticongelante.

Los sistemas de intercambio indirecto están caracterizados por la existencia de dos circuitos independientes, el circuito primario por el que circula un fluido no apto para el consumo y el circuito secundario, por el que circula el ACS. Entre ambos circuitos se realiza un intercambio de calor que podrá tener lugar en el depósito de interacumulación o mediante la utilización de un intercambiador externo.



*- Clasificación según la localización del sistema de acumulación y del sistema de energía auxiliar*

Los sistemas de intercambio indirecto se pueden clasificar en tres tipos, en función de la localización del sistema de acumulación y de energía auxiliar. Éstos dependen de la utilización que se haga de los sistemas en el edificio según si son de uso colectivo o de uso individual

a) Sistema centralizado

En este tipo de instalaciones se sitúan en la cubierta del edificio tanto los colectores solares como los sistemas de acumulación, energía auxiliar, regulación e intercambiadores. Este método permite tener unos costes bastante reducidos en comparación a los demás, puesto que la mayoría de elementos que componen la instalación son de uso común y se evita repetir elementos.

Además, presentan un buen rendimiento energético al estar todos los elementos del circuito primario muy cercanos.

El principal problema que presenta este sistema en edificios de viviendas es la gestión común de los gastos tanto de agua como de energía del sistema de soporte auxiliar y mantenimiento.

En una comunidad de vecinos con perfiles de consumo diferentes este hecho puede generar conflictos, por lo que en la mayoría de casos esta opción suele ser rechazada.

b) Sistema distribuido

En este sistema, el campo de captadores está situado en el tejado del edificio, así como la mayoría de accesorios del circuito primario tales como bomba, vaso de expansión y sistema de control. La principal diferencia en este caso es que la acumulación es individualizada.



Cada piso dispone de un acumulador de agua en donde el fluido caloportador realiza la aportación de calor. Este sistema permite que cada usuario obtenga una cantidad equitativa de energía, usando la aportación auxiliar para cubrir posibles aportes de energía que sean necesarios. La ventaja de este tipo de instalaciones es que permiten una gestión individualizada de los gastos de energía auxiliar y agua, así como parte del mantenimiento.

Al recibir cada equipo una cantidad más o menos parecida de energía solar, los gastos de mantenimiento comunes pueden ser compartidos sin problemas. Este es el sistema más utilizado en los edificios de viviendas.

- *Sistema mixto*

En la configuración mixta tanto los colectores solares como el acumulador están situados en la cubierta del edificio y son de uso colectivo. Este hecho permite un coste más reducido de la instalación y una mayor eficiencia. El sistema de soporte de energía, en cambio, es individual.

Este hecho permite que la facturación colectiva quede reducida tan sólo al agua que se utiliza.

En este caso se puede colocar un contador de agua en la entrada de cada piso para poder repartir la facturación. Actualmente, sin embargo, no se suele instalar para evitar posibles problemas en las comunidades de vecinos.

## **9.2 Calculo demanda**

Nuestro esquema de la instalación será el que refleja la siguiente imagen, un sistema de circulación forzada:

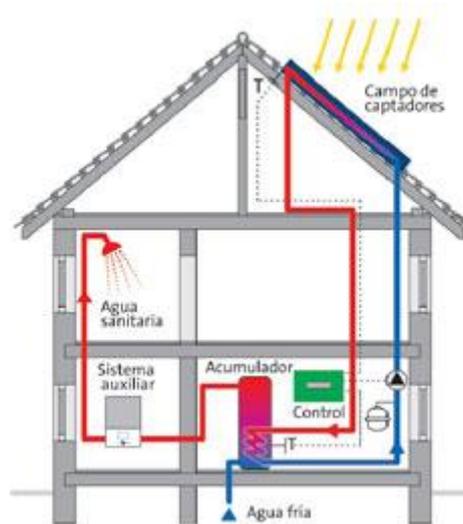


Foto 9.2 Esquema instalación

Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la siguiente tabla (Demanda de referencia a 60 °C).

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



(1) Los litros de ACS/día a 60°C de la tabla se han calculado a partir de la tabla 1 (Consumo unitario diario medio) de la norma UNE 94002:2005 “Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética”.

Para el cálculo se ha utilizado la ecuación con los valores de  $T_i = 12^\circ\text{C}$  (constante) y  $T = 45^\circ\text{C}$ .

En nuestro caso, al tratarse de viviendas multifamiliares, tomaremos como valor de referencia para la demanda 28 litros de agua caliente sanitaria el día a 60°C para cada usuario.

El número de usuario viene determinado por la siguiente tabla del Código Técnico, que lo calcula en función del número de dormitorios de cada vivienda:

<b>Número de dormitorios</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>&gt;6</b>
<b>Número de personas</b>	<b>1.5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

De este modo obtenemos la demanda de agua caliente sanitaria:

<b>Vivienda</b>	
<b>Nº de dormitorios</b>	3
<b>Nº de personas</b>	4
<b>Litros/día x unidad</b>	28
<b>Consumo (L/Día)</b>	112
<b>Temperatura de utilización [°C]:</b>	60°



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



A parte de los baños también tendremos que tener en cuenta la zona de cocina y limpieza, y un jacuzzi situado en la planta bajo cubierta.

Aparatos	Nº personas	Consumo	Dias	Total
Lavadora	4	30	15	450
Lavavajillas	4	30	15	450
Jacuzzi	4	120	10	4800
				5700l/mes

Se consume 5700 litro al mes siendo 187.39 litros diarios que sumados a los 112 L/DIA por persona suman un total de 299,39 litros diarios

Una vez calculado el consumo diario de la vivienda, calcularemos el consumo mensual y anual con el que valoraremos el proyecto de ACS con energía solar.

Mes	L/Dia	Dias	L/Mes
Enero	299,39	31	9281,09
Febrero	299,39	28	8382,92
Marzo	299,39	31	9281,09
Abril	299,39	30	8981,7
Mayo	299,39	31	9281,09
Junio	299,39	30	8981,7
Julio	299,39	31	9281,09
Agosto	299,39	31	9281,09
Septiembre	299,39	30	8981,7
Octubre	299,39	31	9281,09
Noviembre	299,39	30	8981,7
Diciembre	299,39	31	9281,09
<b>Total anual:</b>			<b>109277,35 L/Año</b>



### 9.3 Zona climática

En la tabla siguiente se marcan los límites de zonas homogéneas a efectos de la exigencia. Las zonas se han definido teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas, como se indica a continuación:

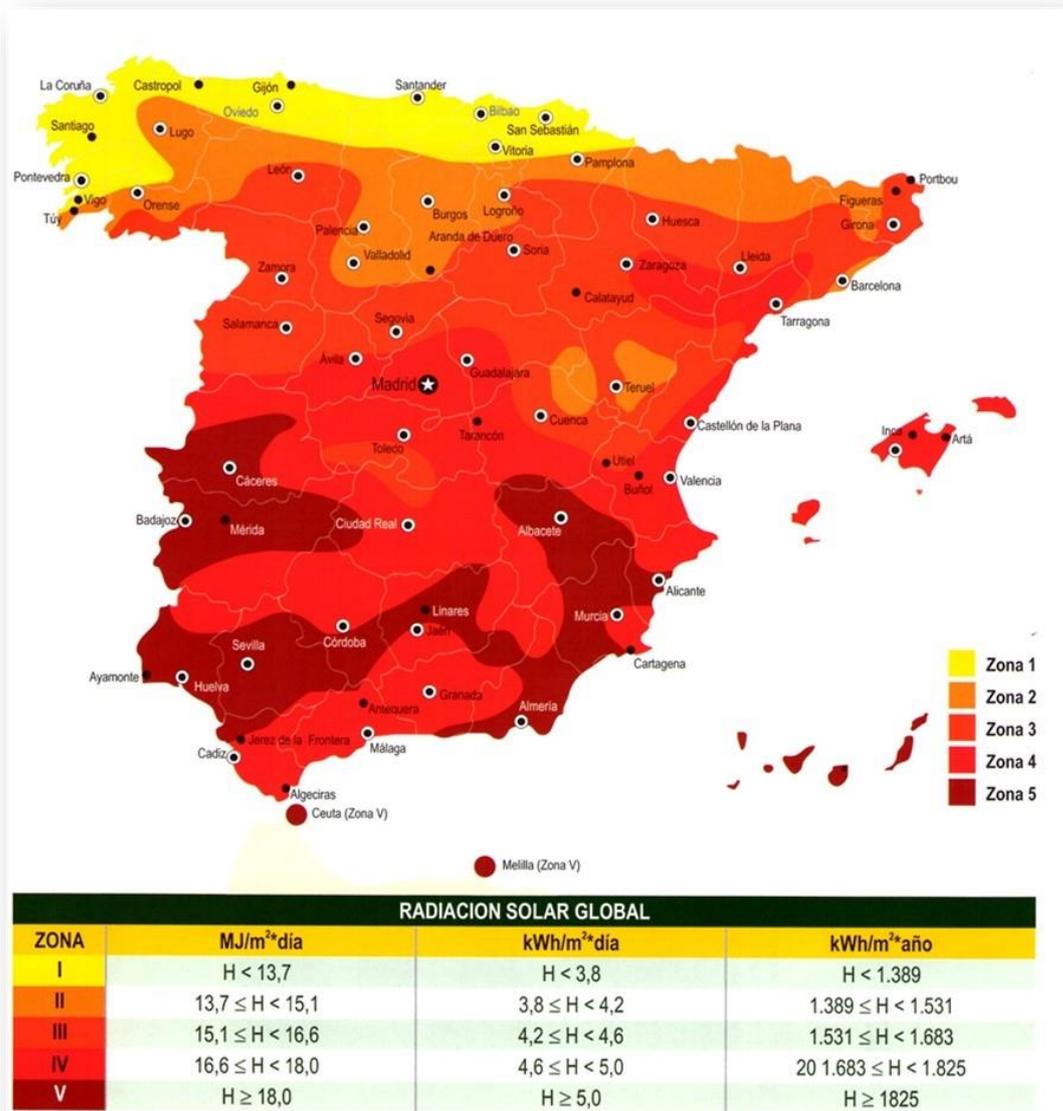
Zona climática	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Para la asignación de la zona climática de la tabla podrán emplearse los datos de Radiación Solar Global media diaria anual que para las capitales de provincia se recogen en el documento “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT”, publicado en el año 2012 por la Agencia Estatal de Meteorología. Para aquellas localidades distintas de las capitales de provincia, a efectos de aplicación de este Documento Básico podrá emplearse el dato correspondiente a la capital de provincia, o Documento Básico HE Ahorro de energía 56 bien otros datos oficiales de Radiación Solar Global media diaria anual aplicables a dicha localidad correspondientes al período 1983-2005.

Existen diferentes zonas climáticas en España, donde la fracción solar varía ostensiblemente. Conociendo nuestra zona y el número de litros diarios calcularemos que fracción solar tenemos que respetar.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
**Escuela Politécnica de Minas**  
**Proyecto de instalación de sistema ACS**



Como podemos observar en el mapa climático, Ganzo se sitúa en la ZONA 1, teniendo en cuenta que nuestra cantidad de litros diarios son 84 la fracción solar sería de un 30%, como podemos observar en la siguiente tabla.



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

#### 9.4 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 30% 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:





Carga calorífica mínima:

Carga Calorífica kJ	Carga calorífica 30%
2020716,039	606214,812
1790063,588	537019,076
1904136,268	571240,88
1767499,761	530249,928
1787556,496	536266,949
1692287,006	507686,102
1709836,649	512950,995
1748696,572	524608,972
1729893,383	518968,015
1826416,42	547924,926
1842712,517	552813,755
2020716,039	606214,812
<b>Total:</b>	<b>6552159,22 KJ/dia</b>

## 9.5 Sistema de captación

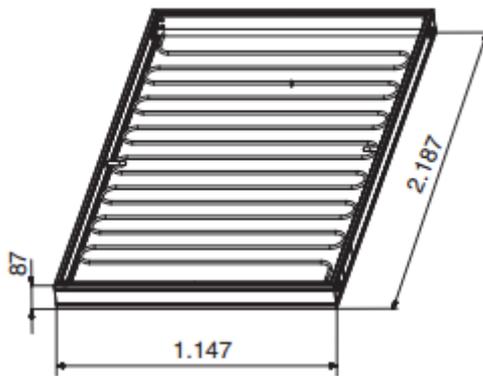
A la hora de seleccionar el tipo de captador solar, he realizado una búsqueda de los captadores con un rendimiento superior al 80% pero con pérdidas inferiores al 3,8W/m<sup>2</sup>.K.

Captador	Rendimiento	Perdidas W/m <sup>2</sup> .K	Area	Precio m <sup>2</sup>
Promasol Titanio V1-k	0.803	3.503	1,88	316,16
Chromagen CR12-S8	0.802	3,275	2,58	261,62
<b>Roca SOL250</b>	<b>0.814</b>	<b>3,639</b>	<b>2,37</b>	<b>306,7</b>
<b>VISSMANN</b>				
<b>VITOSOL 300F</b>	0,833	3,678	2,00	1.093,00



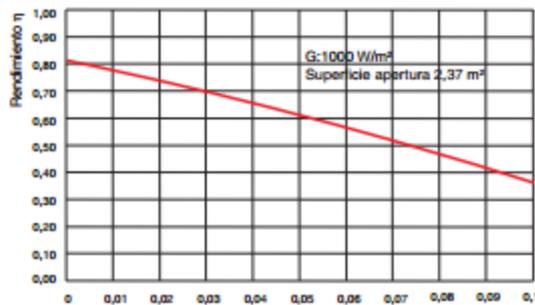
De los tres seleccionados el de mayor rendimiento es el ROCA SOL250, con unas pérdidas similares optamos por esta opción por ser la más económica, y disponer de una importante superficie de apertura que nos hará que tengamos que utilizar menor número de colectores.

### SOL 250



	SOL 250
Superficie total	2,51 m <sup>2</sup>
Superficie de apertura	2,37 m <sup>2</sup>
Capacidad	2,9 litros
Peso vacío	47 kg
Presión máxima de trabajo	10 bar
Temperatura de estancamiento	198,1 °C

### Curva de rendimiento SOL 250



$$T^* = \frac{T_m - T_a}{G} \left( \frac{^\circ\text{C m}^2}{\text{W}} \right)$$

Ecuación característica del colector  
 $\eta = 0,814 - 3,639 T^* - 0,0089 G T^*^2$   
 $T_m$  - Temperatura media del colector.  
 $T_a$  - Temperatura ambiente.  
 $G$  - Irradiación solar  
Ensayo realizado por FRAUNHOFER  
Contraseña de certificación GPS-8449

Para el cálculo del número de captadores tenemos en cuenta que irán apoyados directamente en el tejado. La cubierta tiene una inclinación de 30° por lo que este será el ángulo que tendrán los paneles.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



<b>MESES</b>	<b>Rad Horzm2/dia</b>	<b>Factor k para 30°</b>	<b>Energía incidente por m2 al mes</b>	<b>Energía inciden en 30° por m2/mes</b>	<b>MJ al mes 30%</b>
<b>Enero</b>	5.0	1,37	155	212,35	606,21
<b>Febrero</b>	7.4	1,29	207,2	267,288	537,02
<b>Marzo</b>	11.0	1,2	341	409,2	571,24
<b>Abril</b>	13.0	1,1	390	429	530,25
<b>Mayo</b>	16.1	1,03	499,1	514,073	536,27
<b>Junio</b>	17.0	1	510	510	507,69
<b>Julio</b>	18.4	1,03	570,4	587,512	512,95
<b>Agosto</b>	15.5	1,11	480,5	533,355	524,61
<b>Septiembre</b>	13.0	1,24	390	483,6	518,97
<b>Octubre</b>	9.5	1,38	294,5	406,41	547,92
<b>Noviembre</b>	5.8	1,48	174	257,52	552,81
<b>Diciembre</b>	4.5	1,45	139,5	202,275	606,21
				<b>4812,583 MJ</b>	<b>6552,16 MJ</b>

La superficie se calcula dividiendo 6552,16 MJ anuales entre los 4812,58 MJ anuales sobre superficie de 30°. Con 1,3614 m2 a pleno rendimiento se cubriría el 30% del poder calorífico.

Para el cálculo del rendimiento del colector vamos a necesitar el dato de la Intensidad útil a la hora por m2 de superficie (W/m2). Para hallar este dato mensual vamos a necesitar el número de horas útiles de sol al día en cada mes.

Comenzamos calculando las horas útiles de sol al día a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística de los últimos 15 años en la estación meteorológica de Aeropuerto de Parayas:



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



Meses	Dias	h/Mes	h/Día
Enero	31	81,47	2,63
Febrero	28	105,13	3,75
Marzo	31	143,4	4,63
Abril	30	162,2	5,41
Mayo	31	174,2	5,62
Junio	30	176,73	5,89
Julio	31	186,6	6,02
Agosto	31	179,33	5,78
Septiembre	30	171,73	5,72
Octubre	31	136,73	4,41
Noviembre	30	89,47	2,98
Diciembre	31	75,73	2,44

Con las horas útiles de sol al día, sabiendo la energía incidente por m<sup>2</sup>, podemos calcular la intensidad útil media por hora (W/m<sup>2</sup>). Este dato es necesario para conocer el rendimiento de los captadores, ya que dependiendo de la energía incidente trabajaremos en una zona u otra de la gráfica de rendimiento.

MESES	Rad Horzm <sup>2</sup> /dia	Rad. Kwh/m <sup>2</sup> .dia	Horas de sol útiles.	Intensidad útil por hora kW/m <sup>2</sup>
Enero	5	1,39	2,63	528,48
Febrero	7,4	2,06	3,75	547,47
Marzo	11	3,06	4,63	660,55
Abril	13	3,61	5,41	667,90
Mayo	16,1	4,47	5,62	795,86
Junio	17	4,72	5,89	801,60
Julio	18,4	5,11	6,02	849,11
Agosto	15,5	4,31	5,78	744,28



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



<b>Septiembre</b>	13	3,61	5,72	630,84
<b>Octubre</b>	9,5	2,64	4,41	598,30
<b>Noviembre</b>	5,8	1,61	2,98	540,22
<b>Diciembre</b>	4,5	1,25	2,44	511,69
<b>Promedio:</b>				656,36

Con los datos por mes de la intensidad útil y sabiendo la temperatura ambiente media por mes, que la tenemos en tablas, podemos calcular los rendimientos mensuales de los captadores en función de los datos aportados por el fabricante.

Rendimiento óptico: 81,4%

Coefficiente global de perdidas K1 = 3,639%

Coefficiente global de perdidas K2 = 0,0089

La columna K1 corresponde a la formula

$$K1*(T^a \text{ media} - T^a \text{ ambiente}) /$$

La columna K2 corresponde a la formula

$$K2*(T^a \text{ media} - T^a \text{ ambiente})^2 / G$$

El rendimiento de los captadores corresponde a:

$$Rto \text{ óptico} - (\text{valores } K1) - (\text{valores } K2)$$

<b>Meses</b>	<b>Intensidad Útil W/m2</b>	<b>T<sup>a</sup> Ambiente</b>	<b>T<sup>a</sup> Media</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>k1</b>	<b>k2</b>	<b>%</b>
<b>Enero</b>	528,48	11	70	81,40%	41%	6%	34,91%
<b>Febrero</b>	547,47	11	70	81,40%	39%	6%	36,52%
<b>Marzo</b>	660,55	14	70	81,40%	31%	4%	46,32%



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



<b>Abril</b>	667,90	14	70	81,40%	31%	4%	46,71%
<b>Mayo</b>	795,86	16	70	81,40%	25%	3%	53,45%
<b>Junio</b>	801,60	19	70	81,40%	23%	3%	55,36%
<b>Julio</b>	849,11	21	70	81,40%	21%	3%	57,88%
<b>Agosto</b>	744,28	21	70	81,40%	24%	3%	54,57%
<b>Septiembre</b>	630,84	20	70	81,40%	29%	4%	49,03%
<b>Octubre</b>	598,30	17	70	81,40%	32%	4%	44,99%
<b>Noviembre</b>	540,22	14	70	81,40%	38%	5%	38,51%
<b>Diciembre</b>	511,69	12	70	81,40%	41%	6%	34,30%
	656,36					Media	46,05%

Teniendo en cuenta estos rendimientos calculamos el número de captadores empezando por una unidad.

<b>Meses</b>	<b>Energía incidente k 30º</b>	<b>Rend. Cap.</b>	<b>1 placa</b>	<b>MJ aportados</b>	<b>MJ TOTALES</b>	<b>%</b>
<b>Enero</b>	606,21	35%	2,37	501,59	2020,72	25%
<b>Febrero</b>	537,02	37%	2,37	464,86	1790,06	26%
<b>Marzo</b>	571,24	46%	2,37	627,15	1904,14	33%
<b>Abril</b>	530,25	47%	2,37	587,00	1767,50	33%
<b>Mayo</b>	536,27	53%	2,37	679,30	1787,56	38%
<b>Junio</b>	507,69	55%	2,37	666,10	1692,29	39%
<b>Julio</b>	512,95	58%	2,37	703,69	1709,84	41%
<b>Agosto</b>	524,61	55%	2,37	678,50	1748,70	39%
<b>Septiembre</b>	518,97	49%	2,37	603,05	1729,89	35%
<b>Octubre</b>	547,92	45%	2,37	584,17	1826,42	32%
<b>Noviembre</b>	552,81	39%	2,37	504,56	1842,71	27%
<b>Diciembre</b>	606,21	34%	2,37	492,80	2020,72	24%
					<b>Media:</b>	<b>33%</b>



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



Con una placa el aporte anual sería del 33% por lo que cumpliría con los requisitos, pero como en la casa hay una idea de ampliación a corto plazo se colocarían 2 captadores.

Meses	Energía incidente k 30º	Rend. Cap.	2 placas	MJ aportados	MJ TOTALES	%
Enero	606,21	35%	4,74	1003,17	2020,72	50%
Febrero	537,02	37%	4,74	929,71	1790,06	52%
Marzo	571,24	46%	4,74	1254,30	1904,14	66%
Abril	530,25	47%	4,74	1174,00	1767,50	66%
Mayo	536,27	53%	4,74	1358,61	1787,56	76%
Junio	507,69	55%	4,74	1332,21	1692,29	79%
Julio	512,95	58%	4,74	1407,37	1709,84	82%
Agosto	524,61	55%	4,74	1357,00	1748,70	78%
Septiembre	518,97	49%	4,74	1206,10	1729,89	70%
Octubre	547,92	45%	4,74	1168,34	1826,42	64%
Noviembre	552,81	39%	4,74	1009,11	1842,71	55%
Diciembre	606,21	34%	4,74	985,60	2020,72	49%
						65%

En este caso el ahorro sería del 65%.

#### Agrupación de captadores

Existen dos tipologías básicas para agrupar dos o más captadores, en serie y en paralelo. Así como también se puede configurar un campo de captación combinando las dos agrupaciones, denominándose circuitos mixtos.

#### *Conexión en serie*

En la conexión en serie, la salida del primer colector se conecta directamente con la entrada del siguiente, y así sucesivamente. La temperatura del fluido de entrada en cada colector es superior a la del captador precedente, de forma que a la salida de la batería o grupo de captadores podemos obtener temperaturas más altas que si trabajamos con el salto térmico de un solo captador.



Este tipo de conexión la principal ventaja radica en que los caudales totales serán menores que en la conexión en paralelo, lo cual implica que los diámetros de tuberías serán menores, así como los recorridos y el tamaño de las bombas de circulación, por tanto el coste de la instalación y el mantenimiento se verán también reducidos. Pero por otra parte, esta conexión presenta también inconvenientes, como es un menor rendimiento térmico de los captadores y puesto que el trazado no es el más idóneo para facilitar la evacuación de aire, existe la posibilidad de la formación de bolsas de gas en el circuito, por ser las labores de purgado complejas.

#### *Conexión en paralelo*

En la conexión en paralelo, tanto la salida como la entrada de los captadores están conectadas a puntos de entrada y salida comunes al resto de captadores.

Con esta configuración, la temperatura del fluido de entrada y salida es la misma en todos los captadores, de forma que en la salida de la batería de captadores se obtiene la temperatura como si se trabajase con el salto térmico de un solo captador. Por tanto, todos los captadores trabajan en el mismo punto de curva de rendimiento.

La conexión en paralelo es la más habitual en las instalaciones solares térmicas, de hecho es la conexión recomendada según la ITE 10.1.3 del RITE.

También es importante mencionar que los captadores con cuatro vías laterales, dos en cada banda, permiten la conexión en paralelo aprovechando elementos internos del propio captador como tubería de distribución del fluido caloportador.

Esta opción ahorra materiales y tiempo de ejecución de la instalación, hecho que lleva a la mayoría de fabricantes a utilizar esta tipología de captadores.



Dicho esto se ha decidido que los captadores serán conectados en paralelo, sobre la cubierta de la vivienda, que como ya hemos dicho anteriormente se encuentra a 30° de inclinación. En los alrededores no encontramos nada que pueda causar problemas de sombras y al estar sobre plano en la cubierta no es necesario el estudio de dimensionamiento entre ellas para su distribución.

## **9.6 Sistema de acumulación**

El sistema de acumulación solar se debe dimensionar en función de la energía que aporta a lo largo del día, y no solo en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser esta simultánea con la generación.

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

$$50 < V/A < 180$$

Donde:

A suma de las áreas de los captadores [m<sup>2</sup>];

V volumen de la acumulación solar [litros].

A la hora de calcular el volumen del acumulador individual de cada vivienda tenemos que tener en cuenta el Ratio CTE donde el valor obtenido entre volumen y superficie este localizado entre 50 y 180, ese valor podemos conseguirle jugando con el número de captadores o bien con la capacidad del acumulador.



A la hora de escoger el acumulador tenemos que tener en cuenta el volumen total utilizada en un día, en nuestro caso 299 litros. El acumulador tendrá que ser igual o superior a este valor.

Vamos a tener en cuenta dos tipos de acumuladores, **SAUNIER DUVAL FE 400 S** y **BAXIROCA Depósito acumulador solar AS 400-2 E**, para ambos casos calcularemos y decidiremos en función de los resultados:

#### **SAUNIER DUVAL FE 400 S (400l)**

<b>VOLUMEN TOTAL ACUMULACION</b>	<b>400</b>
<b>NUM. CAPTADORES</b>	<b>1</b>
<b>SUPERFICIE TOTAL</b>	<b>4.74</b>
<b>RATIO CTE (50-180)</b>	<b>84.38</b>

#### **BAXIROCA AS 400-1 E (400L)**

<b>VOLUMEN TOTAL ACUMULACION</b>	<b>400</b>
<b>NUM. CAPTADORES</b>	<b>1</b>
<b>SUPERFICIE TOTAL</b>	<b>4.74</b>
<b>RATIO CTE (50-180)</b>	<b>84.38</b>



Como podemos observar en las anteriores tablas ambos acumuladores cumplirían las exigencias del CTE utilizando el mismo número de captadores. Por lo que a la hora de la elección solo nos queda comprobar cuál sería más económico de las dos opciones.

Acumuladores		PRECIO
<b>SAUNIER DUVAL FE 400 S(400L)</b>	1390.00 €	Con Resistencia electrica
<b>BAXIROCA AS 400-1 E (400L)</b>	2001.00€	Sin resistencia electrica
Diferencia	611.00€	-

Elegimos el acumulador **SAUNIER DUVAL FE 400 S (400L)**, prácticamente supone el mismo gasto pero dispone de un apoyo auxiliar eléctrico. Este aporte será importante en días nublados y de malas condiciones climatológicas.

### 9.7 Sistema hidráulico

Un sistema hidráulico es un método de aplicación de fuerzas a través de la presión que ejercen los fluidos. El sistema hidráulico está compuesto por las tuberías que transportan el fluido caloportador de los colectores al intercambiador de calor, es decir, el circuito primario del intercambiador que está situado entre los colectores y los depósitos acumuladores.



El material elegido para los conductos será el cobre, un material ampliamente utilizado en instalaciones de todo tipo, y el más aconsejable para instalaciones de energía solar, por ser técnicamente idóneo y económicamente competitivo.

Las ventajas y desventajas de este material en instalaciones térmicas son las siguientes:

El cobre es un material que encierra considerables ventajas para nuestro hogar. Este material pasa desapercibido y, a pesar de que no nos damos cuenta de su presencia, los beneficios que nos puede aportar son enormes.

El material rojo no es una herramienta que haya empezado a utilizarse en nuestros días, pues nuestros antepasados hace más de 10.000 años que ya se servían de sus propiedades para mejorar su estilo de vida. Posiblemente, si no contásemos con dicho material en nuestro hogar, no podríamos disfrutar de muchas de las comodidades actuales. Algunos de las ventajas del cobre son:

- 1) Las tuberías compuestas por este material rojo evitan la reproducción de bacterias nocivas que suelen quedar retenidas en esta clase de conductos. De esta forma, gracias a esta acción podemos asegurarnos de que nuestros grifos nos regalarán cada día agua sana, pura y potable que te ayudará a prevenir enfermedades de cualquier tipo.
- 2) Los tubos de cobre son también una buena opción para tus sistemas de calefacción por la sencilla razón de que te ayudan a reducir consumo energético y, al mismo tiempo, disminuyen el impacto negativo sobre el medio ambiente.

Varios estudios confirman que las bombas para los sistemas de calefacción central presentan en un 90% deficiencias en su diseño, además de que por su propios accesorios y sistema



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



de elaboración y fabricación pueden obstruir el flujo de agua, lo que supondrá que la bomba en cuestión se vea obligada a realizar un mayor esfuerzo y trabajar más de lo necesario. No obstante, los tubos de cobre permiten reducir la función de la bomba en un 50%, por ello podrás ahorrar energía y resultará más económico en tus facturas.

- 3) También habría que destacar la resistencia y durabilidad del cobre, razón por la cual es muy utilizado en canalones, bajantes, tejados o fachadas. Por muy duras que sean las inclemencias del tiempo, el cobre crea una capa que lo defiende de las influencias de la corrosión, adquiriendo ese característico color verde. Por todo ello, su duración se prolonga en el tiempo durante un espacio considerable y no requiere de mantenimiento alguno.
- 4) El material rojo te ayuda a eliminar la presencia de gérmenes, los cuales se transmiten por el contacto con superficies u objetos. Muchas investigaciones indican que los riesgos de infección son mucho más reducidos, en un 99%, en los objetos elaborados a base de cobre que en el resto de materiales, ya que los primeros presentan unos niveles de gérmenes inferiores.
- 5) El cobre es también un material muy versátil, lo que se demuestra en sus muchas aplicaciones y utilizaciones que se le pueden dar, así como en la facilidad y comodidad para trabajar con él. Por todo ello, el instalador que manipule este tipo de material desarrollará su actividad de una forma mucho más ligera y rápida, lo que a su vez te permitirá ahorrar más



dinero que podrás emplear para otras de las reformas que precise tu casa.

- 6) Por si esto fuera poco, el cobre también puede proteger tu vida en aquellos momentos en los que se pueda llegar a generar un incendio en tu hogar. Recuerda que los tubos de cobre no son inflamables y, además, no transmiten ninguna clase de gases tóxicos ni humos. Por lo tanto, gracias al material rojo nuestra casa estará en buenas manos.

El cobre tiene la desventaja de su alto coste y difícil instalación si no estas cualificado. Además su unión tiene que ser realizada por soldaduras mediante aleaciones.

#### 9.7.1 Caudal circuito primario

La instalación que se va a realizar se denomina circuito primario. Esta compuesta por la red de tuberías que unen los captadores solares con el acumulador formando un circuito cerrado, por el cual circulara un anticongelante especial para su buen funcionamiento.

El caudal del fluido caloportador, según el CTE viene dado por las especificaciones del captador instalado. En nuestro caso se trata del BAXIROCA SOL 250 cuyo caudal es de 55L/h\*m<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta que nuestro captador tiene 2,37m<sup>2</sup>:

$$Q = 55L/h.m^2 \times 4,74m^2 = 260,7 L/h = 0,2607 m^3/h = 7,24 \times 10^{-5} m^3/s$$

#### 9.7.2 Diámetro de tubería

La velocidad del fluido deberá estar comprendida entre unos intervalos recomendados para limitar el nivel de ruido provocado por el paso del



fluido a través de los conductos, a la vez garantiza la efectividad del intercambio energético entre el intercambiador y el colector. Es por eso que, el CTE establece que la velocidad de cálculo debe estar comprendida entre los siguientes intervalos:

- Para tuberías metálicas entre 0,5 y 2 m/s
- Para tuberías termoplásticas y multicapas entre 0,5 y 3,5 m/s

Teniendo en cuenta esta recomendación se establece como criterio de selección la velocidad mínima de 0,5 m/s para el dimensionado de los conductos. La velocidad real de los conductos se calculará en el siguiente apartado, una vez calculado el diámetro comercial de las tuberías de cobre.

Características principales de las tuberías de cobre							
Diámetro exterior (mm)	Espesor de pared (mm)	Diámetro interior (mm)	Peso lineal (kg/m)	Superficie pared ext (cm <sup>2</sup> /m)	Sección interior (mm <sup>2</sup> )	Capacidad (litros/m)	Presión trabajo (kp/cm <sup>2</sup> )
15	0,75	13,5	0,299	471	143	0,143	49
	1	13	0,391		133	0,133	68
18	0,75	16,5	0,362	565	214	0,214	40
	1	16	0,475		201	0,201	55
	1	20	0,587		314	0,314	44
22	1,2	19,6	0,698	691	302	0,302	54
	1,5	19	0,86		284	0,284	69
	1	26	0,753		531	0,531	34
28	1,2	25,6	0,899	880	515	0,515	41
	1,5	25	1,111		491	0,491	53
	1	33	0,951		855	0,855	27
35	1,2	32,6	1,134	1100	835	0,835	32
	1,5	32	1,405		804	0,804	41
	1	40	1,146		1257	1,257	22
42	1,2	39,6	1,369	1319	1232	1,232	27
	1,5	39	1,699		1195	1,195	34
54	1,2	51,6	1,172	1696	2091	2,091	20
	1,5	51	2,202		2043	2,043	26

**Foto 9.11** Características diámetros cobre

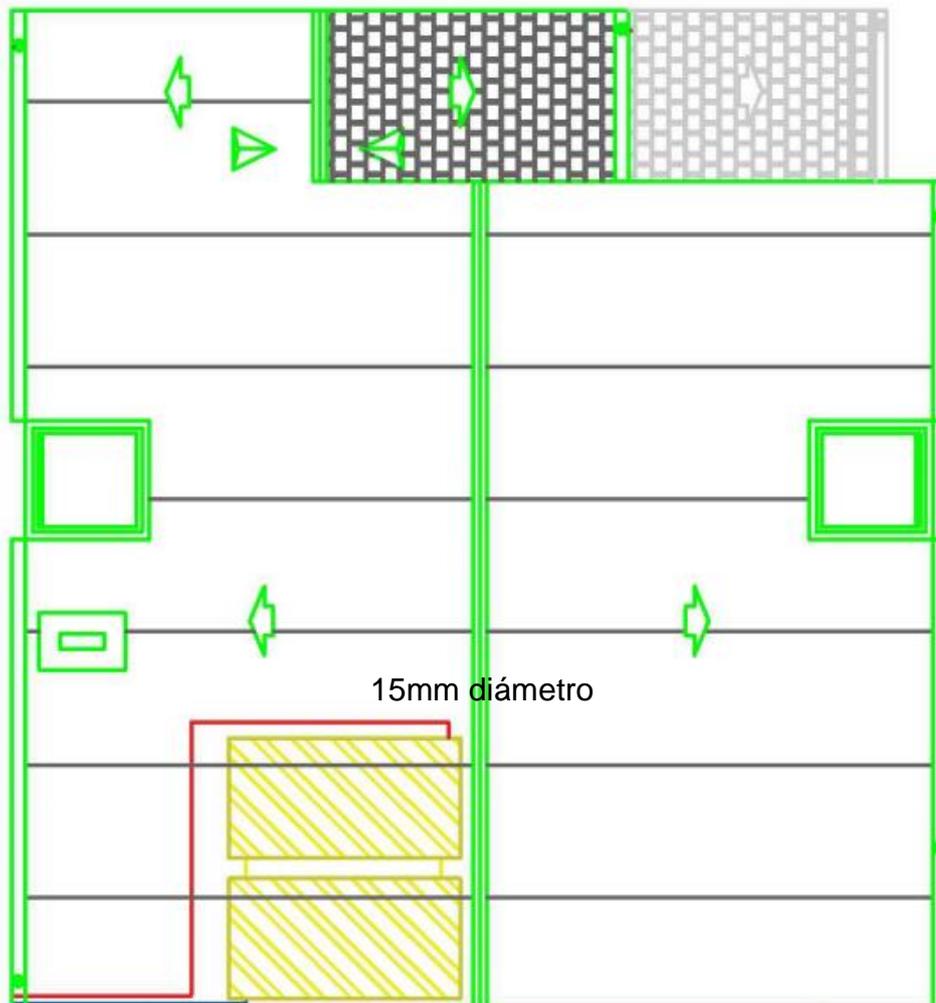


Calculamos la velocidad del fluido:

$$Q = A \cdot V$$

Q	Diametro mm	Diametro int. mm	Area m2	V m/s
7,24 x10-5	12	10	7,85x10-5	0,922
7,24 x10-5	15	13	1,32x10-4	0,548
7,24 x10-5	18	16	2,01x10-4	0,360
7,24 x10-5	22	20	3,14x10-4	0,230

Como se observa en la tabla con un diámetro de 15mm cumplimos los parámetros de velocidad mínimos para el buen funcionamiento de la instalación.





## 9.8 Sistema de impulsión circuito primario

### 9.8.1. Introducción

A medida que el fluido circula por los distintos elementos del circuito (tuberías, colectores, válvulas, etc.) sufre pérdidas de carga que deben ser compensadas por un sistema de impulsión (bomba) adecuado para cada circuito en particular.

Esta bomba debe ser seleccionada mediante la curva característica de funcionamiento de ésta que relaciona la pérdida de carga que puede vencer en función del caudal circulante o en función de la potencia eléctrica suministrada por la bomba.



### 9.8.2 Pérdidas de carga

Las pérdidas de carga totales que debe vencer el fluido a lo largo del circuito son la suma de las pérdidas de carga debido a fricción (pérdidas de carga lineales), las pérdidas de carga singulares, la pérdida de carga en los colectores y en el intercambiador de calor.

#### *Pérdidas de carga lineales*

Para calcular las pérdidas de carga que sufre el fluido debido a la fricción con las paredes de la tubería se utiliza la expresión de DarcyWeisbach, que tiene la siguiente expresión:

$$\Delta h_{\text{lineales}} = f \frac{L u^2}{D 2g} = \frac{8fLQ^3}{g\pi^2 D^5}$$

Donde:

$\Delta h$ : pérdida de carga lineal [m]

L: longitud de la tubería [m]

D: diámetro de la tubería [m]

f : coeficiente de fricción de Darcy

u: velocidad media del fluido [m/s] u

Q : caudal [m<sup>3</sup>/s] Q

Todos los parámetros son conocidos a excepción de “f”, el coeficiente de fricción.

Para el cálculo del coeficiente de fricción existen múltiples ecuaciones.

Una de las más aceptadas por su exactitud es la ecuación de Colebrook -White que sirve para todo tipo de flujos y rugosidades.



La expresión es la siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \left( \frac{\varepsilon}{3,71D} \right) + \left( \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \right]$$

El coeficiente de Reynolds tiene la siguiente expresión:

$$Re = \frac{\rho u L}{\mu}$$

Donde:

$\rho$ : densidad del fluido en kg/m<sup>3</sup>

u: velocidad del fluido en la tubería

L: longitud característica, en una tubería corresponde al diámetro interior de la tubería "D"

$\mu$ : viscosidad dinámica del fluido

El problema de esta expresión es su complejidad y que requiere de iteraciones para llegar al resultado final.

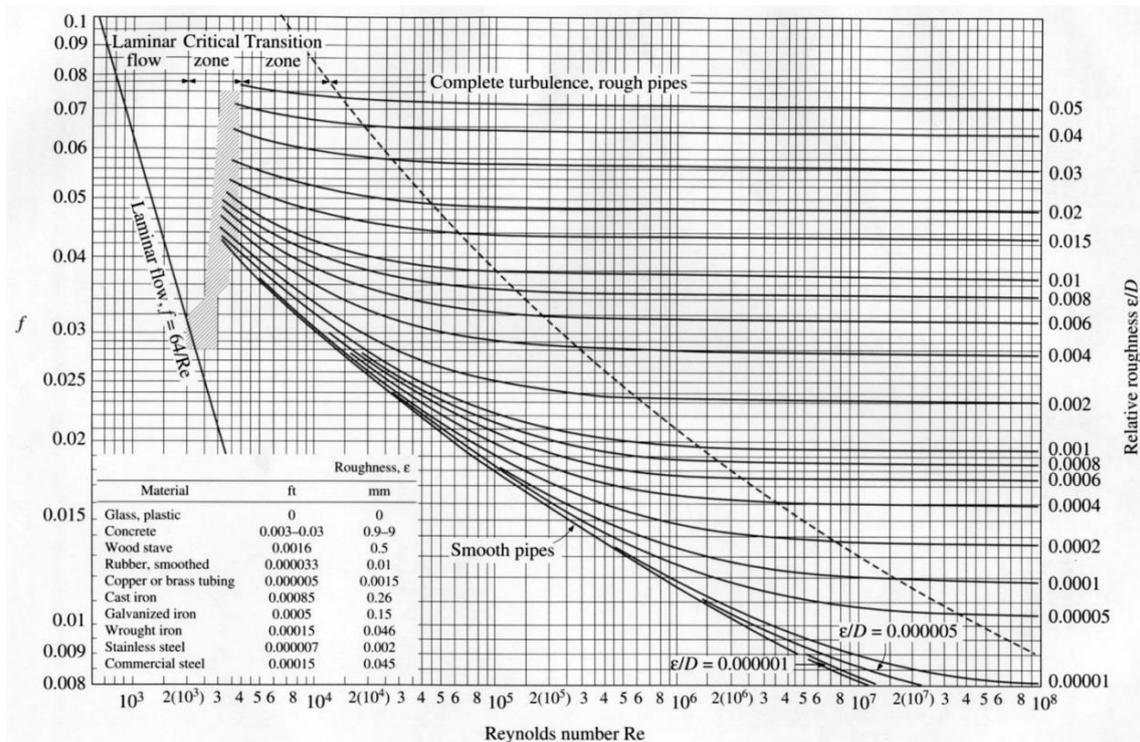
Para resolverlo de manera más sencilla se utiliza el diagrama de Moody, que modeliza la ecuación de Colebrook - White en un diagrama de fácil manejo de función del número de Reynolds y la rugosidad relativa ( $\varepsilon_r$ ), un parámetro adimensional que depende de la rugosidad absoluta del material ( $\varepsilon$ ).

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D}$$

La rugosidad absoluta depende del material y del método de fabricación.

Para tuberías de cobre lisas la rugosidad relativa es de 0,0015mm.

El diagrama de Moody se muestra en la siguiente figura:



### *Pérdidas de carga singulares*

Además de las pérdidas de carga por rozamiento, en las tuberías se producen un tipo de pérdidas que tienen lugar en puntos singulares de las tuberías (estrechamientos, ensanchamientos, codos, válvulas,...) y que se deben a fenómenos de turbulencia.

Excepto en casos excepcionales, estas pérdidas sólo se pueden calcular de forma empírica y al ser debidas a una disipación de energía motivada por las turbulencias se pueden expresar de función de la altura cinética, corregida mediante el coeficiente empírico K. Este coeficiente se encuentra tabulado en diversa bibliografía. La expresión que calcula la pérdida de carga en estos elementos es la siguiente:

$$\Delta h = K \left( \frac{u^2}{2g} \right)$$

También se encuentran tabuladas todas las pérdidas de carga en función del diámetro, que son los valores que usaremos en nuestro cálculo.



### *Perdidas de carga en los colectores e intercambiador*

En los colectores el fluido debe vencer, tanto pérdidas por rozamiento como pérdidas de carga singulares, debido a los múltiples cambios de dirección que sufre en la parrilla de tubos.

Como la geometría de las tuberías interiores de los colectores se especifica para cada modelo y fabricante, estos suelen indicar en la ficha técnica la expresión que relaciona la pérdida de carga con el caudal circulante por el interior de los colectores.

En el intercambiador de calor el fluido sufre una pérdida de carga debido a los cambios de dirección y a la fricción provocada por las placas del intercambiador, al igual que en el caso de los colectores el fabricante proporciona las curvas que relacionan el caudal con la pérdida de carga.

### 9.8.3 Cálculo de pérdida de carga

#### *Pérdidas de carga lineales*

Es necesario conocer las propiedades del fluido que circulara por el circuito para el cálculo de las pérdidas. En nuestro caso, como en la mayoría, se trata de agua con un 30% de glicol (anticongelante) el cual tiene estas características:

Fluido	Agua – Glicol 30%
$\rho$	1040 kg/m <sup>3</sup>
$\mu$	0,0014 N.s/m <sup>2</sup>



Con estas propiedades de fluido se calcula la pérdida de carga mediante el procedimiento mencionado en el apartado anterior (pérdida de carga).

Las pérdidas lineales debidas a la fricción del fluido con las tuberías se muestran en la siguiente tabla:

Longitud	Diametro int. Mm	Vel. m/s	Q (L/h)	Re	R= $\epsilon/D$	f	PDC m.c.a
26,96	13	0,548	260,7	10975,03	0,00274	0,03032	<b>0,9634</b>

#### *Pérdidas de carga singulares*

Para el cálculo de las pérdidas singulares se han tenido en cuenta los codos, bifurcaciones divergentes, bifurcaciones convergentes. Las válvulas de corte no se han tenido pues están en posición completamente abierta y las válvulas de equilibrado tampoco, pues aportan una pérdida de carga variable si se producen desajustes en el funcionamiento usual de la instalación.

Los coeficientes empíricos de singularidad se encontraron tabulados [Vademecum de mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas, CDPAETSEIB, 1997]

El cálculo de las pérdidas singulares para los distintos elementos se resume en la siguiente tabla:

Elemento	Nº elementos	K	$\Delta h$
Codo 90°	8	0,7	5,6
Entrada de	1	1,0	1



---

**tanque**

<b>Salida de tanque</b>	1	0,5	0,5
<b>Te divergente</b>	1	1,3	1,3
<b>Válvulas de bola</b>	3	0,3	0,9
		Total:	<b>9,3 m.c.a</b>

---

*Perdida de carga en los colectores*

Según el fabricante de los captadores nos suministra que para un caudal de 55L/h se tienen 1,27 m.c.a. por cada panel. Teniendo el proyecto dos paneles:

$$\Delta h = 2 \text{ paneles} \times 1.27 = \mathbf{2,54 \text{ m.c.a.}}$$

*Perdida de carga del intercambiador*

El fabricante del acumulador nos facilita la información que como máximo la pérdida de carga será de 10mbar.

$$\Delta h = 0.01\text{bar} \times 10,2 = \mathbf{0,102 \text{ m.c.a.}}$$

**PERDIDAS TOTALES: 12,9054 m.c.a**



#### 9.8.4 Elección de la bomba

Para la selección de la bomba tendremos que tener en cuenta tanto el caudal de circulación y las pérdidas de carga. En este caso recurriremos directamente a las curvas de funcionamiento Q-H que ofrecen los fabricantes y que muestran la relación máxima de caudal y altura que puede ofrecer la bomba funcionando a potencia máxima.

Sabiendo que nuestras características de circuito son:

$$Q = 0.2607 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 12,9054 \text{ mca}$$

Teniendo estas características la bomba que se va a instalar es una **PENTIR NOCCHI DHR 2-30 M**, cuyas especificaciones a pleno rendimiento son:

$$Q = 0,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H = 25 \text{ mca}$$

### 9.9 Sistema de regulación y control

En las instalaciones forzadas el elemento de transportar la energía térmica producida en los captadores hacia el acumulador es la bomba de circulación. Ahora bien, la bomba necesita de un elemento de control que le dé la orden de puesta en marcha cuando haya energía suficiente en los captadores para que se pueda acumular en el depósito y el orden de parada cuando el depósito llegue a la temperatura programada o no haya radiación solar suficiente para continuar calentando el sistema.

El principio de funcionamiento del sistema de regulación se basa en comparar dos medidas de temperatura, con la ayuda de dos sondas



situadas una a la salida de los captadores y otra en la parte baja del depósito, en el circuito de ACS o de la red. Estas medidas se compararan en el termostato y cuando su diferencia es igual o superior a un valor prefijado por el instalador el termostato da la orden de puesta en marcha a la bomba de circulación. La parada de la bomba se producirá cuando la diferencia de temperatura medidas se sitúe con un valor igual o menor que el prefijado en el termostato.

#### 9.9.1 Nuestra central de regulación

##### Central solar CS 10

Regula la producción de Agua Caliente Sanitaria de la instalación solar. Con una programación correcta, esta central garantiza el máximo aprovechamiento de la energía solar recibida, pudiendo además controlar la caldera de apoyo que se le asigne.



Central solar CS 10

##### *Características principales*

- Control de la temperatura del colector solar.
- Control y regulación de la temperatura del acumulador de A.C.S.
- Control y regulación del funcionamiento del circulador de la instalación solar en función de la temperatura del colector y la del acumulador.



- Función recirculación nocturna para evacuar excedentes energéticos.
- Protección antilegionela (con caldera de apoyo).
- Posibilidad de conectar un contador de impulsos.
- Posibilidad de conectarse vía Bus.
- Función control de unitermo.

#### *Forma de suministro*

En una caja incluyendo 4 sondas PT 1000 de 1 Kohmio

#### 9.10 Sistema auxiliar

El sistema auxiliar ya es existente, ya que se aprovechará la caldera de condensación, con suministro de gas natural.

#### Introducción

En las calderas de condensación la temperatura es todavía más baja y la formación de ácidos se evita con un combustible que no contenga azufre (generalmente funcionan con gas natural), lo que permite el aprovechamiento del calor de vaporización del agua formada en la combustión ( $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ). Su gran ventaja es que el rendimiento es mucho mayor que las normales, pero el problema que puede aparecer en ellas es que la temperatura máxima que puede alcanzar el caloportador es más baja que en las normales, para permitir la condensación, lo que exige emisores (radiadores) más grandes (con mayor superficie de emisión) o sistemas de emisión a baja temperatura (suelo radiante).

El modelo de caldera es BAXI NEODENS PLUS, una caldera mural de condensación de dimensiones compactas especialmente concebidas para ser integradas en espacios reducidos.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



Disponen de un display digital para un manejo fácil e intuitivo de las principales funciones. Son calderas de gran eficiencia compatibles para instalaciones de alta y baja temperatura, siendo en éstas últimas donde se optimiza más su funcionamiento.

Opcionalmente, disponen de una amplia gama de accesorios entre los que cabe destacar los reguladores climáticos (con cables o inalámbricos / sencillos o programables). Junto a estos reguladores climáticos, siempre es recomendable instalar una sonda exterior para maximizar el confort y la eficiencia. Las Neodens Plus son calderas compatibles con sistemas solares y disponen también de kits solares para garantizar su integración.

Características:

NEODENS PLUS	24/ 24F	28 / 28 F
Potencia máxima ACS	24 kW	28 kW
Potencia máxima calefacción (80/60°C)	20 kW	24 kW
Potencia máxima calefacción (50/30°C)	21,8 kW	26,1 kW
Potencia mínima calefacción (80/60°C)	3,4 kW	3,8 kW
Potencia mínima calefacción (50/30°C)	3,7 kW	4,1 kW
Rendimiento nominal 80/60°C	97,7%	97,7%
Rendimiento nominal 50/30°C	105,8 %	105,8 %
Rendimiento 30% a pot. nominal (50/30°)	107,6 %	107,6 %
Producción ACS $\Delta T= 25^{\circ}C$	13,8 l/min	16,1 l/min
Presión mínima agua circuito sanitario	0,15 bar	
Caudal mínimo agua caliente sanitaria	2 l/min	
Vaso de expansión / presión mínima	7 l/0,8 bar	
Presión máxima agua circuito calefacción	3 bar	
Peso neto	31,1 kg	31,8 kg
Tensión / frecuencia alimentación	230 V / 50 Hz	
Potencia eléctrica nominal	102 kW	114 kW
Grado potencia eléctrica	IPX 5 D	
Clase NOx	5	5
Longitud máxima conducto concéntrico 60/100 mm	10 m	10 m
Longitud máxima conducto concéntrico 80/125 mm	25 m	25 m
Longitud máxima conducto doble 80 mm	80 m(1)	80 m(1)



### 9.11 Vaso de expansión

Este es un elemento que asegura el correcto funcionamiento de la instalación, consiste en un depósito que contrarresta las variaciones de volumen y presión que se producen en un circuito cerrado cuando el fluido aumenta o disminuye la temperatura, cuando el fluido que circula por el circuito cerrado aumenta de temperatura se dilata, aumenta de volumen y llena el vaso de expansión y cuando la temperatura desciende el fluido se contrae saliendo del vaso de expansión para volver al circuito.

Para el dimensionado del vaso de expansión es necesario conocer la cantidad de fluido que se encuentra en todo el circuito de la instalación. Para ello calcularemos el volumen en el circuito primario, en los captadores y por último en el acumulador.

Captadores:

Captadores	Capacidad L	Volumen total L
2	1,9	<b>3,8 litros</b>

Circuito:

Longitud m	Diámetro Int. m	Sección int. m <sup>2</sup>	Volumen Total L
26,96 m	0,013 m	1,327x10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup>	<b>3,57 litros</b>

Acumulador:

Volumen total = **9,9 litros** (Dato del fabricante)

***Volumen total = 17,27 litros***



Entonces el volumen total con tenido en el circuito primario es de 17, 27 litros, pero el CTE en el DB HE4 apartado 3.4.7.2 Vasos de expansión cerrados, exige aumentar un 10% del volumen total calculado para encontrar el volumen total con el que se pueda dimensionar el vaso de expansión.

**Total (10%) = 17,4427 litros**

Una vez conocido el volumen total del circuito primario, para dimensionar el vaso de expansión utilizaremos la norma UNE 100-155-88 "Calculo de vasos de expansión".

Así pues, el tamaño del vaso de expansión cerrado se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$V_{vaso} = V \cdot \varepsilon \cdot \frac{P_f}{P_f - P_i}$$

Siendo:

Vvaso: volumen del vaso de expansión [litros].

V: cantidad de fluido caloportador en el circuito primario [litros].

$\varepsilon$ : incremento del volumen del fluido caloportador des de 40 °C hasta la temperatura máxima alcanzable por los captadores [adimensional]

Pf: presión absoluta final del vaso de expansión [kg/cm<sup>2</sup>]

Pi: presión absoluta inicial del vaso de expansión [kg/cm<sup>2</sup>]



Puesto que en la instalación se utiliza agua con anticongelante pero no se dispone de información detallada sobre la dilatación de la mezcla, el valor  $\epsilon$  admitido es de 0.08.

Como valor de  $P_f$  se toma la presión correspondiente al tarado de la válvula de seguridad 3 kg/cm<sup>2</sup>, que es la máxima a la que la instalación puede funcionar. Para obtener la presión absoluta, el valor de tarado de la válvula de seguridad debe incrementarse en 1 kg/cm<sup>2</sup>:

$$P_f = 4 \text{ Kg / cm}^2$$

Normalmente, la presión inicial de llenado del circuito será como mínimo de 0.5 kg/cm<sup>2</sup> al nivel de los captadores solares ( $P_i = 1.5$  kg/cm<sup>2</sup> de presión absoluta). A este valor deberá añadirse la presión correspondiente a la altura de la columna de agua situada sobre vaso. Si la diferencia de cota existente entre el punto más alto de la instalación y la posición del vaso es de 10 m, la presión estática a añadir será de 1 kg/cm<sup>2</sup> de presión relativa (2 kg/cm<sup>2</sup> de presión absoluta). En este caso, el valor de  $p_i$  sería de 2,5 kg/cm<sup>2</sup> de presión absoluta.

En el presente estudio, dado que el vaso de expansión y la bomba de circulación se encuentran situados con una diferencia de cota menor de 10 m, para el cálculo del vaso de expansión, la presión absoluta  $P_i$  es de:

$$P_i = 1,5 \text{ kg / cm}^2$$

Finalmente, el tamaño mínimo del vaso de expansión será:

$$V_{\text{vaso}} = V \cdot \epsilon \cdot \frac{P_f}{P_f - P_i} = 11,4427 \times 0,08 \times \frac{4}{4 - 1,5} = 1,46466 \text{ litros}$$



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



El vaso de expansión escogido es de la marca IBAIONDO, el modelo es **2-SMF** , cuya capacidad es de 2 litros suficientes pa cubrir nuestra instalación.

Tipo	2-SMF
Presión Max.Bar	10 BAR
Temperatura Mínima/Máxima	-10+130°C
Capacidad	2 L
Precarga	2,5 BAR
Dimensiones	110x245
Conexión Agua R	3/4
Peso Kg.	0.80
Codigo	02002070



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



ANEJO 10:

# ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



## **ANEJO 11: Estudio de seguridad y salud**

Según el Real Decreto 1627/1997, del 24 de Octubre, se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras, y se obliga a la realización de un estudio de seguridad y salud o un estudio básico de seguridad y salud, el cual tiene como objeto servir como base a para que las empresas contratistas y cualesquiera que participen en la ejecución de las obras las lleven a efecto para garantizar el mantenimiento de la salud y la integridad física de los trabajadores que participen en la misma.

### **IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA Y RIEGOS LABORALES**

La obra consiste en la instalación de calefacción por aire caliente en un polideportivo, se realiza la identificación de los riesgos laborales, indicando las medidas preventivas y protecciones.

### **IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS, PRINCIPIOS GENERALES DE SEGURIDAD Y SALUD**

En el cuadro siguiente se relacionan las situaciones tipificadas de riesgo potencial derivado de los trabajos de ejecución de las distintas unidades de obra del proyecto:

### **SITUACIONES POTENCIALES DE RIESGOS PROFESIONALES Y DE DAÑOS A TERCEROS**



<b>SITUACIONES POTENCIALES DE RIESGOS</b>	
<b>PROFESIONALES Y DE DAÑOS A TERCEROS</b>	
1	Accidentes “in itinere”.
2	Construcción de canalizaciones y arquetas.
3	Trabajos en arquetas y galerías de servicio.
4	Trabajos en azoteas, tejados y fachadas.
5	Trabajos en postes y en líneas aéreas.
6	Trabajos en instalaciones eléctricas.
7	Trabajos en el interior del edificio.
8	Daños a terceros.

#### *Accidentes “in itinere”*

- Prisas.
- Distracción.
- Caídas y tropiezos.
- Desconocimiento del código de circulación.
- Conducción temeraria.
- Ingestión de alcohol.
- Ingestión de medicamentos.
- Medios de locomoción en malas condiciones.
- Fumar durante la conducción.
- Utilizar el teléfono móvil durante la conducción.
- No utilización del cinturón de seguridad.
- No utilización del casco protector en motocicletas.



### *Construcción de canalizaciones y arquetas*

- Utilización de herramientas
- Utilización de maquinaria.
- Riesgo derivado del funcionamiento de las grúas.
- Caídas de escalera o plataformas.
- Atención a la extensión de escaleras.
- Peldaños de escalera defectuosos.
- Soportes de fijación deteriorados o poco sólidos.
- Caídas de puntos altos.
- Caída de la carga transportada.
- Caídas de material y rebotes.
- Proyección de partículas.
- Golpes, tropiezos.
- Atropellos, choques con otros vehículos.
- Quemaduras.
- Cortes, pinchazos.
- Picaduras de insectos, arácnidos, reptiles, etc.
- Sobreesfuerzos por posturas incorrectas.
- Malas condiciones meteorológicas.
- Ambiente excesivamente ruidoso.
- Generación excesiva de polvo.
- Incendios y explosiones.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



- Gases tóxicos.
- Líquidos inflamables.
- Aguas residuales.
- Proximidad con otros servicios (gas, agua, conducción electricidad, etc.).
- Tráfico.
- Cruces con arroyos, ríos y ferrocarriles. motocicletas.
- Paredes de fijación deterioradas o poco sólidas.
- Desplome y/o caída de maquinaria y/o arquetas herramientas.
- Apertura de hoyos.
- Caídas de personas al mismo ó distinto nivel.
- Desprendimiento y corrimiento de tierras.
- Desplome y/o caída de las paredes de contención en pozos y zanjas.
- Desplome y/o caída de edificaciones vecinas.
- Fallos de encofrados.
- Fallos de entibación o de apuntalamiento.
- Vuelco de pilas de material sólidos.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Sobretensiones de origen atmosférico en días de tormenta.
- Tensión de paso y tensión de contacto.



*Trabajos en arquetas y galerías de servicio*

- Utilización de herramientas.
- Utilización de maquinaria.
- Riesgo derivado del funcionamiento de las grúas.
- Caídas de escalera o plataformas.
- Atención a la extensión de escaleras.
- Peldaños de escalera defectuosos.
- Soportes de fijación deteriorados o poco sólidos.
- Caídas de puntos altos.
- Caída de la carga transportada.
- Proyección de partículas.
- Golpes, tropiezos.
- Atropellos, choques con otros vehículos.
- Quemaduras.
- Cortes, pinchazos.
- Picaduras de insectos, arácnidos, reptiles, etc.
- Sobre esfuerzos por posturas incorrectas.
- Malas condiciones meteorológicas.
- Incendios y explosiones.
- Gases tóxicos.
- Líquidos inflamables.
- Aguas residuales.
- Proximidad con otros servicios (gas, agua, electricidad, etc.).



- Tráfico.
- Paredes de fijación deterioradas o poco sólidas.
- Tensiones de tendido.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Sobretensiones de origen atmosférico en días de tormenta.
- Tensión de paso y tensión de contacto.

#### *Trabajos en azoteas, tejados y fachadas*

- Utilización de herramientas.
- Caídas de escalera o plataformas.
- Atención a la extensión de escaleras.
- Peldaños de escalera defectuosos.
- Soportes de fijación deteriorados o poco sólidos.
- Altura de la instalación.
- Altura de la instalación en los cruces con vías de servicio (calles, caminos, carreteras, etc.).
- Caídas de puntos altos.
- Caída de la carga transportada.
- Caídas de material y rebotes.
- Caídas de herramientas.
- Proyección de partículas.
- Golpes, tropiezos.
- Atropellos, choques con otros vehículos.
- Quemaduras.



- Cortes, pinchazos.
- Picaduras de insectos, arácnidos, reptiles, etc.
- Sobre esfuerzos por posturas incorrectas.
- Malas condiciones meteorológicas.
- Proximidad con otros servicios (gas, agua, electricidad, etc.).
- Tráfico.
- Paredes de fijación deterioradas o poco sólidas.
- Empalmes en pasos aéreos.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Sobretensiones de origen atmosférico. Días de tormenta.
- Tensión de paso y tensión de contacto.

#### *Trabajos en postes y líneas aéreas*

- Utilización de herramientas.
- Utilización de maquinaria.
- Riesgo derivado del funcionamiento de las grúas.
- Caídas de escalera o plataformas.
- Atención a la extensión de escaleras.
- Peldaños de escalera defectuosos.
- Estribos de poste en mal estado.
- Soportes de fijación deteriorados o poco sólidos.
- Altura de la instalación en los cruces con vías de servicio (calles, caminos, carreteras, etc.).



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



- Caídas de puntos altos.
- Caída de la carga transportada.
- Caída de herramientas.
- Proyección de partículas.
- Golpes, tropiezos.
- Atropellos, choques.
- Quemaduras.
- Cortes, pinchazos.
- Picaduras de insectos, arácnidos, reptiles, etc.
- Sobre esfuerzos por posturas incorrectas.
- Malas condiciones meteorológicas.
- Incendios y explosiones.
- Proximidad con otros servicios (gas, agua, electricidad, etc.).
- Tráfico.
- Cruces con arroyos, ríos y ferrocarriles.
- Desplome y/o caída de maquinaria y/o herramientas.
- Estructura no revisada de una línea de postes.
- Tensiones de tendido.
- Apertura de hoyos.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Sobretensiones de origen atmosférico en días de tormenta.
- Tensión de paso y tensión de contacto.



### *Trabajos en instalaciones eléctricas*

- Utilización de herramientas.
- Caídas de escaleras o plataformas.
- Peldaños de escaleras defectuosos.
- Caídas de puntos altos.
- Caídas de material y rebotes.
- Golpes y tropiezos.
- Quemaduras.
- Cortes y pinchazos.
- Sobreesfuerzos por posturas incorrectas.
- Incendios y explosiones.
- Proximidad con otros servicios (electricidad, gas, agua, etc.).
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Sobretensiones de origen atmosférico en días de tormenta.
- Tensión de paso y tensión de contacto.

### *Trabajos en interior de edificios*

- Utilización de herramientas.
- Caídas de escalera o plataformas.
- Atención a la extensión de escaleras.
- Peldaños de escalera defectuosos.
- Soportes de fijación deteriorados o poco sólidas.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



- Caídas de puntos altos.
- Caída de la carga transportada.
- Caídas de material y rebotes.
- Proyección de partículas.
- Golpes, tropiezos.
- Cortes, pinchazos.
- Picaduras de insectos, arácnidos, reptiles, etc.
- Sobre esfuerzos por posturas incorrectas.
- Ambiente excesivamente ruidoso.
- Generación excesiva de polvo.
- Incendios y explosiones.
- Gases tóxicos.
- Líquidos inflamables.
- Proximidad con otros servicios (gas, agua, electricidad, etc.).
- Paredes de fijación deterioradas o poco sólidas.
- Fallos de entibación o de apuntalamiento.
- Contacto eléctricos directos e indirectos.
- Sobretensiones de origen atmosférico. Días de tormenta.
- Tensión de paso y tensión de contacto.

*Daños a terceros*

- Caídas al mismo nivel.
- Atropellos.



- Golpes producidos por caídas de herramientas.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

Según el Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá usarse señalización a fin de:

- a) Llamar la atención sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- b) Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas de protección o evacuación.
- c) Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de los medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- d) Orientar a los trabajadores que realicen maniobras peligrosas.

### *Medidas de protección colectiva*

- Organización de los trabajos para evitar interferencias entre los distintos trabajos y circulaciones dentro de la obra.
- Señalización de zanjas de peligro.
- Prever el sistema de circulación de vehículos y su señalización, tanto en el interior de obra como con relación a los niveles exteriores.
- Dejar una zona libre alrededor de la zona excavada para el paso de maquinaria.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



- Inmovilización de camiones mediante cuñas y/o topes durante las tareas de carga y descarga.
- Respetar las distancias de seguridad con las instalaciones existentes.
- Los elementos de las instalaciones eléctricas deberán tener protecciones aislantes.
- Revisión periódica y mantenimiento de herramientas, maquinaria y equipos de obra.
- Comprobación de la adecuación de las soluciones de ejecución al estado real de los elementos (subsuelo, edificaciones vecinas).
- Comparación de apuntalamiento, condiciones de entibado y pantallas de protección de zanjas.
- Utilización de pavimentos antideslizantes.
- Colocación de barandillas de protección en lugares con peligro de caída.
- Colocación de mallazos en agujeros horizontales.
- Protectores de goma.
- Baranda de protección en pozos y registros subterráneos.
- Explosímetros.
- Extintores.
- Ventiladores eléctricos.
- Motobombas y electrobombas.
- Grupos electrógenos.
- Gancho para levantar tapas de cámaras de registro y arquetas.
- Vallas y banderolas de señalización.

**Medidas/equipos de protección individual (EPIS)**

- Afecciones en la piel por dermatitis de contacto, cortes y pinchazos:
- Guantes de protección frente a abrasión, cortes y pinchazos.
- Guantes de protección frente a agentes químicos.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



- Mono de faena.
- Quemaduras físicas y químicas.
- Guantes de protección frente a abrasión.
- Guantes de protección frente a agentes químicos.
- Guantes de protección frente a calor.
- Sombreros de paja (aconsejables contra riesgo de insolación).
- Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
- Calzado de protección contra golpes mecánicos.
- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas).
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.
- Ambiente pulvígeno.
- Mascarillas y/o equipos de protección de las vías respiratorias con filtro mecánico.
- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas).
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.
- Aplastamientos.
- Calzado de protección contra golpes mecánicos.
- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- Atmósferas tóxicas, irritantes.
- Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado.
- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas).
- Impermeables, trajes de agua.
- Mascarilla respiratoria con filtro para humos de soldadura.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.
- Atrapamientos.
- Calzado de protección contra golpes mecánicos.
- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- Guantes de protección frente a abrasión.
- Caída de objetos y/o de maquinas.
- Bolsa portaherramientas
- Calzado de protección contra golpes mecánicos.
- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- Caída ó colapso de andamios y postes.
- Cinturón de seguridad anticaídas.
- Cinturón de seguridad clase para trabajos de poda y postes.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Cinturón de seguridad anticaídas.
- Cinturón de seguridad clase para trabajos de poda y postes.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Bolsa portaherramientas.
- Calzado de protección sin suela antiperforante.
- Caídas de escalera.
- Uso de zapatillas antideslizantes en escaleras.
- Contactos eléctricos directos.
- Calzado de protección contra descargas eléctricas.
- Casco protector de la cabeza contra descargas eléctricas.
- Gafas de seguridad contra arco eléctrico.
- Guantes dieléctricos homologados para evitar el riesgo eléctrico.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Botas de agua.
- Cuerpos extraños en el ojo.
- Gafas de seguridad contra proyección de líquidos.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al
- casco.
- Deflagraciones.
- Derrumbamientos.
- Desprendimientos.
- Presencia de gases en registro subterráneo.
- Explosímetros.
- Medidores de oxígeno.
- Ventiladores eléctricos.
- Golpe por rotura de cable.
- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
- Bolsa portaherramientas.
- Calzado de protección contra descargas eléctricas.
- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos.
- Chaleco reflectante para señalistas y estrobadores.
- Guantes de protección con suela antiperforante.
- Pisada sobre objetos punzantes.
- Bolsa portaherramientas
- Calzado de protección con suela antiperforante
- Hundimientos.
- Incendios.
- Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



- Inhalación de sustancias tóxicas.
- Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado
- Inundaciones.
- Botas de agua
- Impermeables, trajes de agua
- Vibraciones.
- Cinturón de protección lumbar
- Sobreesfuerzos.
- Cinturón de protección lumbar
- Ruido.
- Protectores auditivos
- Vuelco de máquinas y/o camiones.
- Caída de personas de altura.
- Cinturón de seguridad anticaídas.

## **PRIMEROS AUXILIOS**

Se dispondrá de un botiquín cuyo contenido será el necesario para la cura de pequeñas heridas y primeros auxilios de acuerdo con la normativa en vigor.

Al inicio de la obra se deberá informar de la situación de los distintos centros médicos a los que se deba trasladar a los posibles accidentados. Es conveniente disponer en la obra, y en un lugar bien visible, de la lista de teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc, para garantizar el rápido traslado de los posibles accidentados.

## **Medidas de protección a terceros**



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



Vallado, señalización y alumbrado de la obra. En el caso de que el vallado invada la calzada debe preverse un paso protegido para la circulación de peatones.

Prever el sistema de circulación de vehículos tanto en el interior de la obra como en relación con los viales exteriores.

Inmovilización de camiones mediante cuñas y/o topes durante las tareas de carga y descarga.

Comprobación de la adecuación de las soluciones de ejecución al estado real de los elementos/subsuelo, edificaciones vecinas).

Protección de los huecos para evitar la caída de objetos (redes, lonas).

#### LEGISLACIÓN Y NORMATIVA

Directiva 92/67 CEE de 24 de Julio (DO: 26/8/92): Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud que deben aplicarse en las obras de construcción.

R.D. 1627/1977 de 24 de Octubre (B.O.E. 25/10/97): Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

Ley 31/1995 de 8 de Noviembre (B.O.E. 10/11/95): Ley de Prevención de Riesgos Laborales y Disposiciones para su desarrollo.

R.D. 39/1997 de 17 de Enero (B.O.E. 31/01/97): Reglamento de los servicios de prevención.

R.D. 485/1997 de 14 de Abril (B.O.E. 23/04/97): Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud laboral.

R.D. 486/1997 de 14 de Abril (B.O.E. 23/04/97): Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



R.D. 487/1997 de 14 de Abril (B.O.E. 23/04/97): Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.

R.D. 686/1997 de 12 de Mayo (B.O.E. 24/05/97): Protección de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

R.D. 773/1997 de 30 de Mayo (B.O.E. 12/08/97): Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

O.M. De 20 de Mayo de 1952 (B.O.E. 15/06/52): Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo en la Industria y la Construcción.

Modificaciones:

- O. de 10 de Diciembre de 1953 (B.O.E. 22/12/53)
- O. de 23 de Septiembre de 1966 (B.O.E. 01/10/66)
- O. de 20 de Enero de 1956 Reglamento Electrotécnico para baja tensión.(R.D. 2413 de 20/09/71)

Reglamento de líneas aéreas de alta tensión. (O.M. 28/11/68)

Reglamento de aparatos a presión. (R.D. 12/44/97) R.D.1316/89 Sobre el Ruido.

## INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

*Identificación de riesgos*



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos sobre personas.
- Golpes y cortes por herramientas manuales.
- Cortes por manejo de materiales.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Quemaduras por llama de soplete o por contacto con materiales calientes.
- Sobreesfuerzos producidos por posturas forzadas.

*Medidas preventivas*

- Se dispondrá de un almacén para el acopio de material necesario en las instalaciones de calefacción y a.c.s., y se ubicará en un lugar apropiado.
- En la fase de obra, apertura y cierre de rozas, se esmerará el orden y la limpieza para evitar riegos de malas pisadas o tropezones.
- La instalación será siempre realizada por personal especializado, para evitar los riegos producidos por malas instalaciones.
- La iluminación no será inferior a 100 lux, medidos a 2 metros del suelo.
- Si se utilizan aparatos portátiles de iluminación serán estancos, con rejilla protectora, mango aislante y alimentados a 24 voltios.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



- Se prohíbe el conexionado a los cuadros eléctricos de obra sin la utilización de las clavijas adecuadas.
- Las escaleras de mano serán del tipo “tijera”, con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, de este modo evitaremos los riesgos derivados de su uso en superficies deslizantes o inseguras.
- Queda prohibido el uso de andamios formados por escaleras de mano o borriquetas para evitar los riesgos en trabajos realizados en superficies estrechas e inseguras.
- Se pondrá especial cuidado en el buen estado de mangueras, válvulas y sopletes con el fin de evitar fugas de gases.

*Protección personal*

Para evitar riesgos es necesario el uso de:

- Casco de polietileno para cualquier desplazamiento por la obra.
- Botas de trabajo con puntera reforzada.
- Guantes.
- Cinturón de seguridad, clase A, B o C.
- Ropa de trabajo.
- Faja elástica para la sujeción de la cintura.



## OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO EN MATERIA FORMATIVA ANTES DE INICIAR LOS TRABAJOS

El artículo 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/95 de 8 de Noviembre) exige que el empresario, en cumplimiento del deber de protección, deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórico y práctica, suficiente en materia preventiva.

Dicha formación estará centrada en el puesto y función que desempeñe. Deberá adaptarse a la evolución de los riesgos o a la aparición de otros nuevos.

En aplicación al Estudio Básico de Seguridad y salud, cada contratista elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el trabajo en el que se estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio básico.

El plan de seguridad y salud, deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra.

Asimismo, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de la dirección facultativa.

En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado al efecto.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



ANEJO 11:

# ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL



## **ANEJO 11: Estudio impacto ambiental**

Las instalaciones de energías renovables aportan un valor añadido distinto y muy difícil de cuantificar como es el respeto del medio ambiente.

La energía solar térmica se puede considerar una de las más respetuosas con el medio ambiente y se pueden destacar como efectos positivos los siguientes aspectos: Las instalaciones solares térmicas son sistemas limpios y silenciosos que tienen una vida útil cercana a los 25 años con unas necesidades de mantenimiento reducidas. La generación, el almacenamiento y consumo se producen en el mismo punto por lo que no es necesaria ninguna estructura de transporte aparte del propio sistema de distribución. La energía captada es transformada y utilizada directamente en forma de energía térmica por lo que no son necesarias transformaciones intermedias.

El principal aspecto positivo, compartido con el resto de energías renovables, es la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera, si la energía sustituida tiene como fuente de energía primaria un combustible fósil.

### *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*

En el caso de este estudio, la energía sustituida es la producida mediante la utilización del gas natural, que presenta unas emisiones de GEI de 286,5 g CO<sub>2</sub> equivalentes por kWh generado.

Por otra parte, teniendo en cuenta que la demanda energética anual se encuentra por los 21840,53074 MJ que equivalen a 6067,30 kWh y que de esta, 14084,78 MJ (3943,74 kWh) son cubiertos por la instalación solar térmica y el resto, 7755,74 MJ (2171,60 kWh) son cubiertos por la caldera.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



A continuación se realizará una comparativa sobre la cantidad de GEI generados antes y después de la implantación de la instalación solar térmica.

*Sin la instalación:*

$$\text{GEI} = 6067,30 \text{ kWh} \times 286,5 \text{ g CO}_2 \text{ eq./ kWh}$$

$$\text{GEI} = 1738281,45 \text{ g CO}_2 \text{ eq.} = 1,738 \text{ t CO}_2 \text{ eq.}$$

*Con la instalación:*

$$\text{GEI} = 2171,60 \text{ kWh} \times 286,5 \text{ g CO}_2 \text{ eq./ kWh}$$

$$\text{GEI} = 622163,4 \text{ g CO}_2 \text{ eq.} = 0,622 \text{ t CO}_2 \text{ eq.}$$

Existe una disminución del **35,7%** de emisiones de Gases de Efecto Invernadero respecto a las emisiones sin la instalación solar.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



ANEJO 12:

# ESTUDIO ECONOMICO



## **ANEJO 12: Estudio economico**

### **Introducción**

En este proyecto la rentabilidad económica no es un punto realmente importante o excluyente para el mismo, pero si es recomendable para estimar el ahorro que nos dara dicho proyecto.

En general, 2/3 del gasto de energía de una vivienda provienen del agua caliente y calefacción, y afortunadamente las soluciones solares térmicas para agua caliente y calefacción son las más eficientes, ofreciendo un alto potencial de ahorro.

La principal contradicción ante la que se encuentra el consumidor a la hora de ejecutar este tipo de instalaciones es el alto valor de la inversión inicial, muy superior a la necesaria para instalar un sistema tradicional como una caldera individual o colectiva. Por tanto es necesario demostrar que la implantación de colectores es una buena opción, el periodo de amortización y el ahorro en consumo de gas natural. Además, que este tipo de instalaciones requieren de un mantenimiento rutinario, llegando a funcionar sin problemas a lo largo de 25 años.

En lo que respecta a los factores como el interés del dinero, la inflación o el aumento anual del coste de los combustibles sustituidos, éstos no pueden conocerse de antemano, por tanto se estimaran valores de acuerdo con las previsiones económicas. Para todos esos factores se supondrán válidos unos valores medios, constantes a lo largo de los años, aunque en la realidad se producirán fluctuaciones en uno y otro sentido.



## Desarrollo del estudio económico

### Mantenimiento

El presupuesto que vamos a destinar para el mantenimiento de la instalación será de 80€ anuales en el gasto energético que lleva consigo la propia instalación y 20 euros por la compensación de las pérdidas de la instalación. Esto hace un total de **100 €/año**.

### Datos:

Tendremos en cuenta:

- Tarifa = 0,013864 €/MJ
- Inflación anual del gas natural = 3,5%
- Rendimiento caldera = 97,7%

### Calculo

Año	Energía demandada (MJ)	Energía necesaria (MJ)	Tarifa €/MJ	€/Año
1	21840,53	21338,19	0,013864	295,83
2	21840,53	21338,19	0,014349	306,19
3	21840,53	21338,19	0,014851	316,90
4	21840,53	21338,19	0,015371	328,00
5	21840,53	21338,19	0,015909	339,47



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



6	21840,53	21338,19	0,016466	351,36
7	21840,53	21338,19	0,017042	363,65
8	21840,53	21338,19	0,017639	376,38
9	21840,53	21338,19	0,018256	389,56
10	21840,53	21338,19	0,018895	403,19
11	21840,53	21338,19	0,019557	417,30
12	21840,53	21338,19	0,020241	431,91
13	21840,53	21338,19	0,020949	447,02
14	21840,53	21338,19	0,021683	462,67
15	21840,53	21338,19	0,022442	478,86
16	21840,53	21338,19	0,023227	495,62
17	21840,53	21338,19	0,024040	512,97
18	21840,53	21338,19	0,024881	530,92
19	21840,53	21338,19	0,025752	549,51
20	21840,53	21338,19	0,026654	568,74
21	21840,53	21338,19	0,027586	588,64
22	21840,53	21338,19	0,028552	609,25



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



23	21840,53	21338,19	0,029551	630,57
24	21840,53	21338,19	0,030586	652,64
25	21840,53	21338,19	0,031656	675,48

**Total sin  
instalación: 11522,64 €**

45% de la  
demanda : 5185,18 €

Mantenimiento: 2500,00 €

Presupuesto: 4824,04 €

Subvención: -1929,61 €

**Total con  
instalación: 9614.79 €**

Los beneficios que obtenemos son de 1907.84 euros, no es una cantidad significativa ni pronunciada, pero si positiva. Juntado esto con la mejora medio ambiental y mejora de calidad de la vivienda hacen que el proyecto sea viable.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



# ANEJO 13: NORMATIVA



### **ANEJO 13: Normativa vigente**

Esta memoria ha sido redactada en estricto cumplimiento de la normativa vigente en la fecha en que se produce la redacción, pasando a continuación a citar todas aquellas a que nos referimos:

#### Instalaciones de Salubridad: Suministro de agua.

- HS4: Documento de Aplicación del Código Técnico de la Edificación. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- HE4: Documento de Aplicación del Código Técnico de la Edificación. Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo. BOE de 28 de marzo de 2006.

#### Sujeción a normas técnicas de las griferías sanitarias para realizar en locales de higiene corporal, cocinas y lavaderos y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.

- Real Decreto 358/1985 de 23 de enero.
- BOE de 22 de marzo de 1985.

#### Sobre normas técnicas de las griferías sanitarias para utilizar en locales de higiene corporal, cocinas y lavaderos y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.

- Orden de 15 de abril de 1985.
- BOE de 20 de abril de 1985.
- Corrección de errores de la orden de 15 de abril de 1985.
- BOE de 27 de abril de 1985.

#### Criterios Sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.



- Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero.
- BOE de 21 de febrero de 2003.
- Criterios Higiénico-Sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Real Decreto 865/2003 de 4 de julio.
- BOE de 18 de julio de 2003.

*Disposiciones para la libre circulación de productos de la construcción, en aplicación de la Directiva 89/106 CEE.*

- Real Decreto 1.630/1992 de 29 de diciembre.
- BOE de 9 de febrero de 1993.
- Modificación en aplicación de la Directiva 93/68/CEE, de las disposiciones para la libre circulación de productos de construcción.
- Real Decreto 1.328/1995 de 28 de julio.
- BOE de 19 de agosto de 1995.
- Procedimiento de certificación de la conformidad de Productos de la Construcción en contacto con el agua destinada a consumo humano, de conformidad con el apartado del artículo 20 de la Directiva 89/106 CEE.
- Decisión de la Comisión de 13 de mayo de 2002.
- DOCE de 14 de mayo de 2002.

*Establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía.*

- Real decreto 1.369/2007 de 19 de octubre.
- BOE de 23 de octubre de 2007.

*Control metrológico de los Contadores de Agua Caliente.*

- Orden de 30 de diciembre de 1988.
- BOE de 30 de enero de 1989.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



Guía para prevención y control de la proliferación de Legionela en instalaciones.

- UNE 100.030 2005

Especificaciones para instalaciones de conducción de agua destinada al consumo humano en el interior de los edificios.

- UNE-EN 806 2001.

– Parte 1: Generalidades.

– Parte 2: Diseño.

Prevención de la corrosión en circuitos de agua.

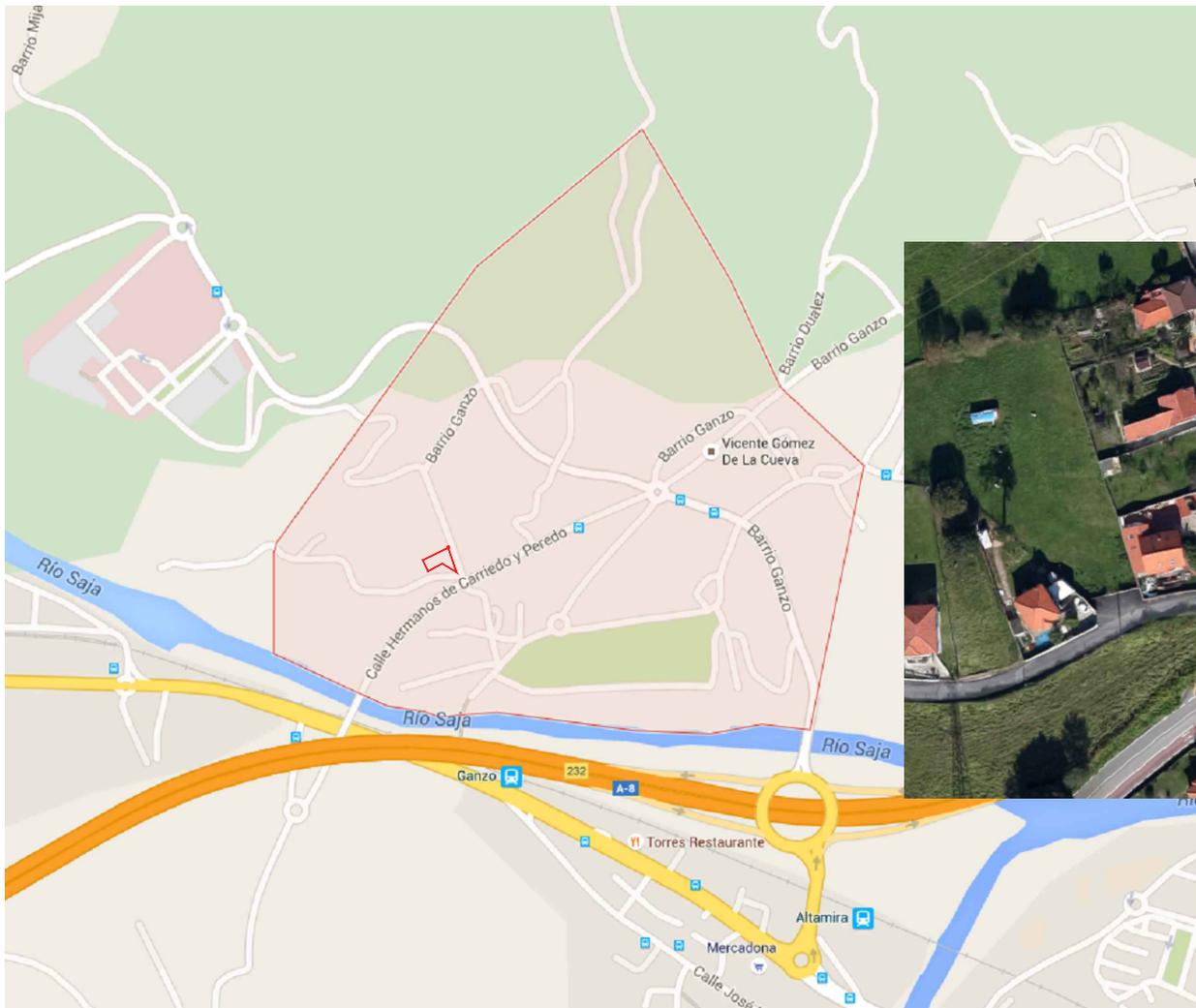
- UNE 112.076 IN.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



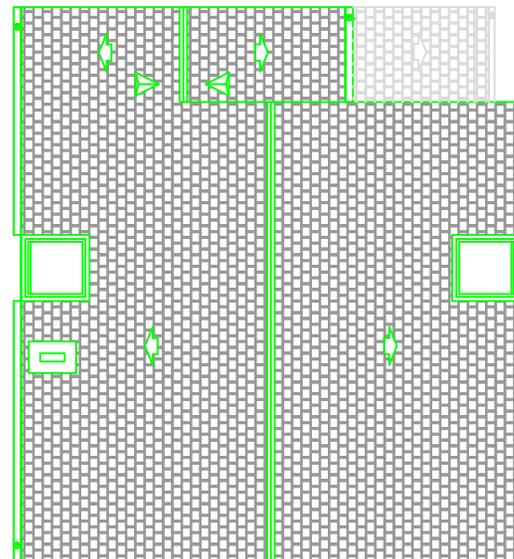
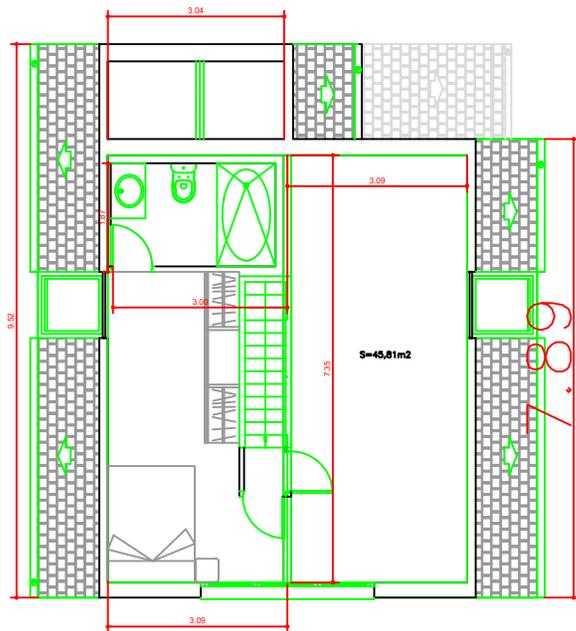
# DOCUMENTO 2: PLANOS



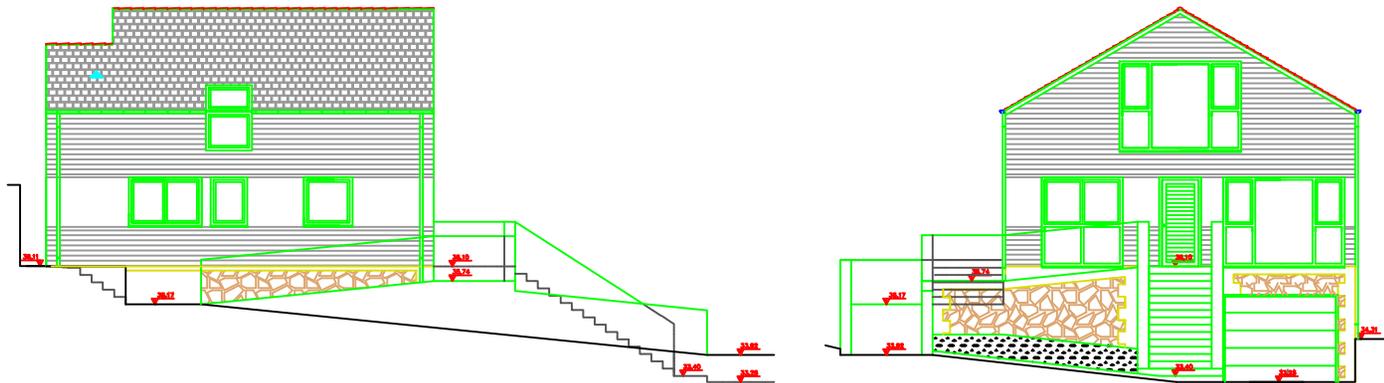
Proyecto de instalación de ACS	
Autor:	<b>ALBERTO BARCENA RUIZ</b>
Situación:	GANZO (TORRELAVEGA)
Fecha:	10-06-15

Plano nº1:	Localizacion
Grado en ingeniería de Recursos Energéticos	

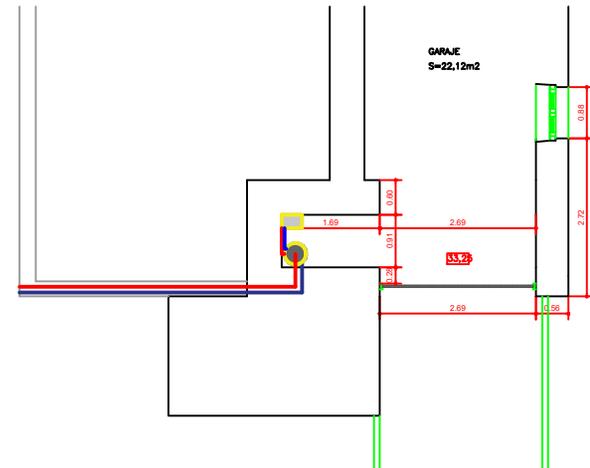
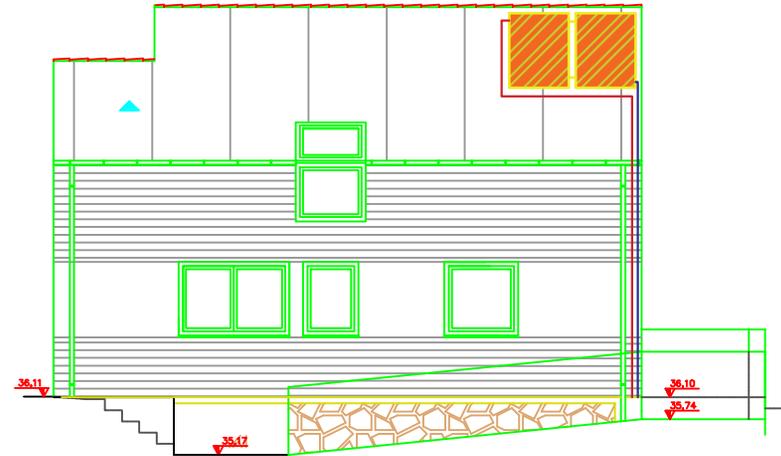
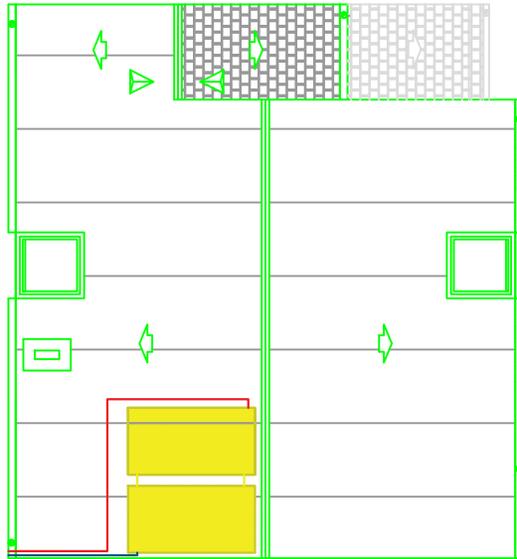




Proyecto de instalación de ACS		Plano nº3: Vistas de plantas (2)
Autor: <b>ALBERTO BARCENA RUIZ</b>	Fecha: 10-06-15	Grado en ingeniería de Recursos Energéticos
Situación: GANZO (TORRELAVEGA)		

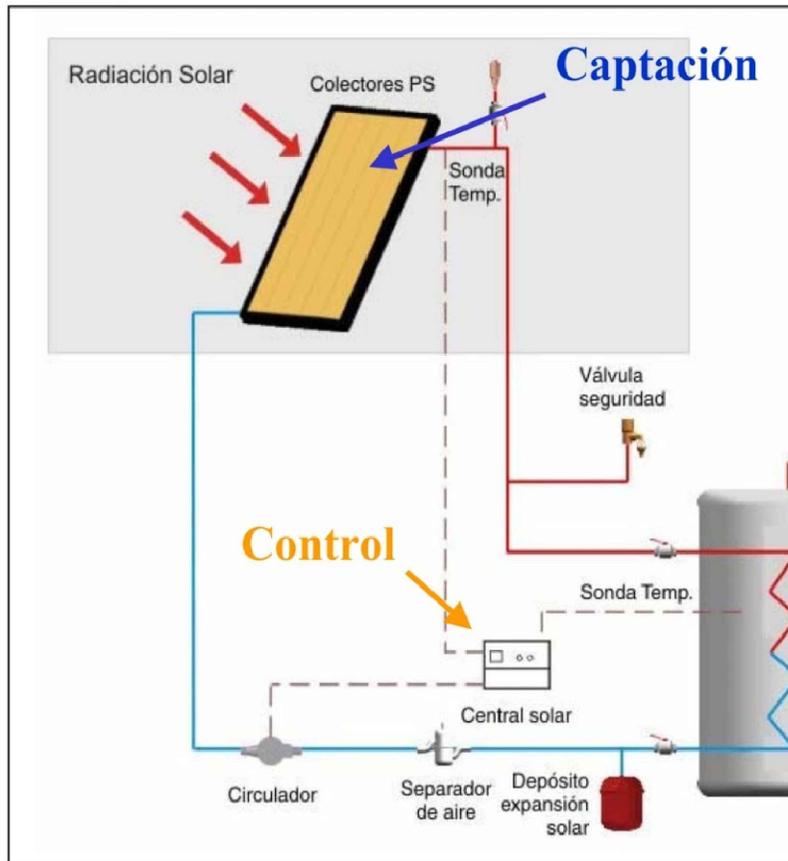


Proyecto de instalación de ACS		Plano nº4:
Autor:	<b>ALBERTO BARCENA RUIZ</b>	Vistas alzado
Situación:	GANZO (TORRELAVEGA)	Grado en ingeniería de Recursos Energéticos
	Fecha: 10-06-15	

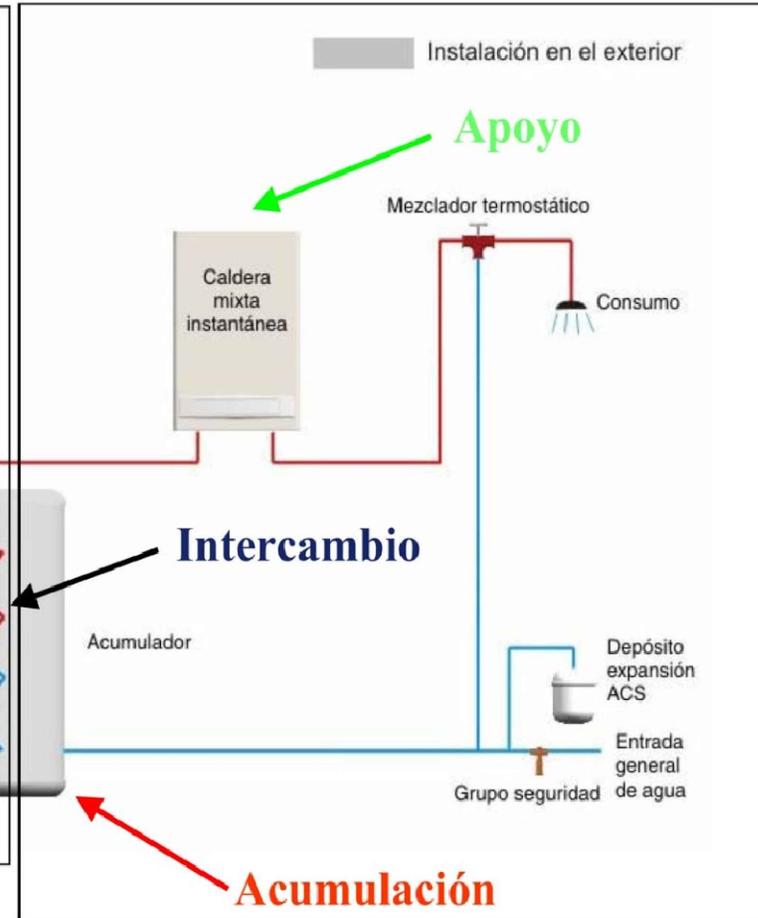


Proyecto de instalación de ACS		Plano nº5:
Autor:	<b>ALBERTO BARCENA RUIZ</b>	Captadores
	Fecha: 10-06-15	
Situación:	GANZO (TORRELAVEGA)	Grado en ingeniería de Recursos Energéticos

## Primario



## Secundario



Proyecto de instalación de ACS		Plano nº6:
Autor:	ALBERTO BARCENA RUIZ	Esquema unifilar instalación
Situación:	GANZO (TORRELAVEGA)	Grado en ingeniería de Recursos Energéticos
	Fecha: 10-06-15	



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



DOCUMENTO 3:

# PLIEGO DE CONDICIONES



## **PLIEGO DE CONDICIONES**

### 1 Requisitos generales

#### 1.1 Objeto y campo de aplicación

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares térmicas para calentamiento de líquido, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

En determinados supuestos para los proyectos se podrán adoptar, por la propia naturaleza del mismo o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este documento, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

Este documento no es de aplicación a instalaciones solares con almacenamientos estacionales.

#### 1.2 Generalidades

En general, a las instalaciones recogidas bajo este documento le son de aplicación el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas (IT), junto con la serie de normas UNE sobre energía solar térmica listadas en el Anexo I, así como lo dispuesto en el Código Técnico de la Edificación (CTE) sobre energía solar térmica.

En cualquier caso, si se aprecian posibles discrepancias entre este PCT y lo dispuesto en el RITE o CTE, o bien estos resultaran más restrictivos que aquél



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



en cualquier punto específico, siempre prevalecerán sobre las condiciones técnicas expuestas en el PCT.

Este Pliego de Condiciones Técnicas (PCT) es de aplicación para instalaciones con captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior o igual a  $9 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ A}^\circ\text{C})$ . A efectos de requisitos mínimos, se consideran las siguientes clases de instalaciones:

- Sistemas solares de calentamiento prefabricados son lotes de productos con una marca registrada, que son vendidos como equipos completos y listos para instalar, con configuraciones fijas. Los sistemas de esta categoría se consideran como un solo producto y se evalúan en un laboratorio de ensayo como un todo.

Si un sistema es modificado cambiando su configuración o cambiando uno o más de sus componentes, el sistema modificado se considera como un nuevo sistema, para el cual es necesario una nueva evaluación en el laboratorio de ensayo.

- Sistemas solares de calentamiento a medida o por elementos son aquellos sistemas construidos de forma única o montados eligiéndolos de una lista de componentes. Los sistemas de esta categoría son considerados como un conjunto de componentes. Los componentes se ensayan de forma separada y los resultados de los ensayos se integran en una evaluación del sistema completo. Los sistemas solares de calentamiento a medida se subdividen en dos categorías:

- Sistemas grandes a medida, que son diseñados únicamente para una situación específica. En general son diseñados por ingenieros, fabricantes y otros expertos.

- Sistemas pequeños a medida, que son ofrecidos por una Compañía y descritos en el así llamado archivo de clasificación, en el



cual se especifican todos los componentes y posibles configuraciones de los sistemas fabricados por la

Compañía. Cada posible combinación de una configuración del sistema con componentes de la clasificación se considera un solo sistema a medida.

Tabla 1. División de sistemas solares de calentamiento prefabricados y a medida.

<i>Sistemas solares prefabricados (*)</i>	<i>Sistemas solares a medida (**)</i>
Sistemas por termosifón para agua caliente sanitaria.	Sistemas de circulación forzada (o de termosifón) para agua caliente y/o calefacción y/o refrigeración y/o calentamiento de piscinas, montados usando componentes y configuraciones descritos en un archivo de documentación (principalmente sistemas pequeños).
Sistemas de circulación forzada como lote de productos con configuración fija para agua caliente sanitaria.	
Sistemas con captador-depósito integrados (es decir, en un mismo volumen) para agua caliente sanitaria.	Sistemas únicos en el diseño y montaje, utilizados para calentamiento de agua, calefacción y/o refrigeración y/o calentamiento de piscinas o usos industriales (principalmente sistemas grandes).

Según el coeficiente global de pérdidas de los captadores, se considerarán, a efectos de permitir o limitar, dos grupos dependiendo del rango de temperatura de trabajo:

- Las instalaciones destinadas exclusivamente a producir agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas, precalentamiento de agua de aporte de procesos industriales, calefacción por suelo radiante o “fan-coil” u otros usos a menos de 60 °C, podrán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior a 9 W/(m<sup>2</sup> A°C).
- Las instalaciones destinadas a climatización, calefacción por sistemas diferentes a suelo radiante o “fan-coil”, u otros usos en los cuales la temperatura del agua de aporte a la instalación solar y la de referencia de



producción se sitúen en niveles semejantes, deberán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior a  $4,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ A}^\circ\text{C})$ .

El coeficiente global de pérdidas es la pendiente de la curva que representa la ecuación del rendimiento o eficiencia del captador. Si se utiliza una ecuación de segundo grado, el coeficiente global de pérdidas se tomará igual a  $a_1 + 30a_2$ , siendo  $a_1$  y  $a_2$  los coeficientes de la ecuación de eficiencia del captador, de acuerdo con la norma UNE-EN 12975-2.

En ambos grupos el rendimiento medio anual de la instalación deberá ser mayor del 30 %, calculándose de acuerdo a lo especificado en el capítulo 3 (“Criterios generales de diseño”).

### 1.3 Requisitos generales

#### 1.3.1 Fluido de trabajo

Como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará agua de la red, o agua desmineralizada, o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar y del agua utilizada. Los aditivos más usuales son los anticongelantes, aunque en ocasiones se puedan utilizar aditivos anticorrosivos.

La utilización de otros fluidos térmicos requerirá incluir su composición y calor específico en la documentación del sistema y la certificación favorable de un laboratorio acreditado.

En cualquier caso el pH a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  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  $500 \text{ mg/l}$  totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los  $650 \text{ } \mu\text{S/cm}$ .



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.

El diseño de los circuitos evitará cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación. En particular, se prestará especial atención a una eventual contaminación del agua potable por el fluido del circuito primario.

Para aplicaciones en procesos industriales, refrigeración o calefacción, las características del agua exigidas por dicho proceso no sufrirán ningún tipo de modificación que pueda afectar al mismo.

### 1.3.2 Protección contra heladas

#### 1.3.2.1 Generalidades

El fabricante, suministrador final, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deberán ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.

Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 °C, deberá estar protegido contra heladas.

El fabricante deberá describir el método de protección anti-heladas usado por el sistema. A los efectos de este documento, como sistemas de protección anti-heladas podrán utilizarse:

1. Mezclas anticongelantes.



2. Recirculación de agua de los circuitos.
3. Drenaje automático con recuperación de fluido.
4. Drenaje al exterior (sólo para sistemas solares prefabricados).

#### 1.3.2.2 Mezclas anticongelantes

Como anticongelantes podrán utilizarse los productos, solos o mezclados con agua, que cumplan la reglamentación vigente y cuyo punto de congelación sea inferior a 0 °C (\*). En todo caso, su calor específico no será inferior a 3 kJ/(kgA<sup>K</sup>), equivalentes a 0,7 kcal/(kgA<sup>°C</sup>), medido a una temperatura 5 °C menor que la mínima histórica registrada.

Se deberán tomar precauciones para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante como resultado de condiciones altas de temperatura. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.

La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la misma y para asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado.

Es conveniente que se disponga de un deposito auxiliar para reponer las pérdidas que se puedan dar del fluido en el circuito, de forma que nunca se utilice un fluido para la reposición cuyas características incumplan el Pliego. Será obligatorio en los casos de riesgos de heladas y cuando el agua deba tratarse.

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.

#### 1.3.2.3 Recirculación del agua del circuito

Este método de protección anti-heladas asegurará que el fluido de trabajo está en



movimiento cuando exista riesgo de helarse.

El sistema de control actuará, activando la circulación del circuito primario, cuando la

temperatura detectada preferentemente en la entrada de captadores o salida o aire ambiente

circundante alcance un valor superior al de congelación del agua (como mínimo 3 °C).

Este sistema es adecuado para zonas climáticas en las que los períodos de baja temperatura

sean de corta duración.

Se evitará, siempre que sea posible, la circulación de agua en el circuito secundario.

#### 1.3.2.4 Drenaje automático con recuperación del fluido

El fluido en los componentes del sistema que están expuestos a baja temperatura ambiente

es drenado a un depósito, para su posterior uso, cuando hay riesgo de heladas.

La inclinación de las tuberías horizontales debe estar en concordancia con las recomendaciones

del fabricante en el manual de instalador al menos en 20 mm/m.

El sistema de control actuará sobre la electroválvula de drenaje cuando la temperatura detectada



en captadores alcance un valor superior al de congelación del agua (como mínimo 3 °C).

El vaciado del circuito se realizará a un tanque auxiliar de almacenamiento, debiéndose

prever un sistema de llenado de captadores para recuperar el fluido.

El sistema requiere utilizar un intercambiador de calor entre los captadores y el acumulador

para mantener en éste la presión de suministro de agua caliente.

1.3.2.5 Sistemas de drenaje al exterior (sólo para sistemas solares prefabricados)

El fluido en los componentes del sistema que están expuestos a baja temperatura ambiente

es drenado al exterior cuando hay riesgo de heladas.

La inclinación de las tuberías horizontales debe estar en concordancia con las recomendaciones

del fabricante en el manual de instalador al menos en 20 mm/m.

Este sistema no está permitido en los sistemas solares a medida.

1.3.3 Sobrecalentamientos

1.3.3.1 Protección contra sobrecalentamientos

El sistema deberá estar diseñado de tal forma que con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente, no se produzcan



situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar al sistema a su forma normal de operación.

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

Cuando las aguas sean duras (\*) se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60 °C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios contra la legionella. En cualquier caso, se dispondrán los medios necesarios para facilitar la limpieza de los circuitos.

#### 1.3.3.2 Protección contra quemaduras

En sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C deberá ser instalado un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60°C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

#### 1.3.3.3 Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas

El sistema deberá ser diseñado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por todos los materiales y componentes.

#### 1.3.4 Resistencia a presión

Se deberán cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 12976-1.



En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

#### 1.3.5 Prevención de flujo inverso

La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema.

La circulación natural que produce el flujo inverso se puede favorecer cuando el acumulador se encuentra por debajo del captador, por lo que habrá que tomar, en esos casos, las precauciones oportunas para evitarlo.

En sistemas con circulación forzada se aconseja utilizar una válvula anti-retorno para evitar flujos inversos.

#### 1.3.6 Prevención de la legionelosis

Se deberá cumplir, cuando sea de aplicación, el Real Decreto 865/2003, por lo que la temperatura del agua en el circuito de distribución de agua caliente no deberá ser inferior a 50 °C en el punto más alejado y previo a la mezcla necesaria para la protección contra quemaduras o en la tubería de retorno al acumulador. La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70°C.

En consecuencia, no se admite la presencia de componentes de acero galvanizado.

## 2 Configuraciones básicas

### 2.1 Clasificación de las instalaciones

En consideración con los diferentes objetivos atendidos por este PCT, se aplicarán los siguientes criterios de clasificación:



- El principio de circulación.
- El sistema de transferencia de calor.
- El sistema de expansión.
- El sistema de energía auxiliar.
- La aplicación.

Por el principio de circulación se clasificarán en:

- Instalaciones por termosifón o circulación natural
- Instalaciones por circulación forzada

Por el sistema de transferencia de calor:

- Instalaciones de transferencia directa sin intercambiador de calor
- Instalación con intercambiador de calor en el acumulador solar
- Sumergido
- De doble envolvente
- Instalaciones con intercambiador de calor independiente

Por el sistema de expansión:

- Sistema abierto
- Sistema cerrado

Por el sistema de aporte de energía auxiliar:

- Sistema de energía auxiliar en el acumulador solar



- Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario individual
- Sistema de energía auxiliar en acumulador secundario centralizado
- Sistema de energía auxiliar en acumuladores secundarios distribuidos
- Sistema de energía auxiliar en línea centralizado
- Sistema de energía auxiliar en línea distribuido
- Sistema de energía auxiliar en paralelo

Por su aplicación:

- Instalaciones para calentamiento de agua sanitaria
- Instalaciones para usos industriales
- Instalaciones para calefacción
- Instalaciones para refrigeración
- Instalaciones para climatización de piscinas
- Instalaciones de uso combinado
- Instalaciones de precalentamiento

Esta clasificación se hace con referencia a las definiciones dadas en el Anexo II de este PCT.

En la figura 1 aparecen diferentes configuraciones de instalaciones recomendadas según el tipo de aplicación, recogándose las más usuales. Siempre pueden existir otras y combinaciones de las anteriores.



El empleo de otras configuraciones diferentes a las que aquí se recomiendan debe dar lugar a prestaciones o ganancias solares similares a las obtenidas con éstas.

### 3 Criterios generales de diseño

#### 3.1 Dimensionado y cálculo

##### 3.1.1 Datos de partida

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.

##### Condiciones de uso

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

- Para aplicaciones de A.C.S., la demanda energética se determina en función del consumo de agua caliente, siguiendo lo especificado en el Anexo IV.
- Para aplicaciones de calentamiento de piscinas, la demanda energética se calcula en función de las pérdidas de la misma, siguiendo lo recogido en el Anexo IV.
- Para aplicaciones de climatización (calefacción y refrigeración), la demanda energética viene dada por la carga térmica del habitáculo a climatizar, calculándose según lo especificado en el RITE.
- Para aplicaciones de uso industrial se tendrá en cuenta la demanda energética y potencia necesaria, realizándose un estudio específico y pormenorizado de las necesidades, definiendo claramente si es un proceso discreto o continuo y el tiempo de duración del mismo.



- Para instalaciones combinadas se realizará la suma de las demandas energéticas sobre base diaria o mensual, aplicando si es necesario factores de simultaneidad.

#### Condiciones climáticas

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.

Al objeto de este PCT podrán utilizarse datos de radiación publicados por entidades de reconocido prestigio y los datos de temperatura publicados por el Instituto Nacional de Meteorología.

A falta de otros datos, se recomienda usar las tablas de radiación y temperatura ambiente por provincias publicadas por Censolar, recogidas en los Anexos IV y X.

Para piscinas cubiertas, los valores ambientales de temperatura y humedad deberán ser fijados en el proyecto, la temperatura seca del aire del local será entre 2 °C y 3 °C mayor que la del agua, con un mínimo de 26 °C y un máximo de 28 °C, y la humedad relativa del ambiente se mantendrá entre el 55 % y el 70 %, siendo recomendable escoger el valor de diseño 60 %.

#### 3.1.2 Dimensionado básico

A los efectos de este PCT, 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 los sistemas solares prefabricados se refiere a la selección del sistema solar prefabricado para la aplicación de A.C.S. a la que está destinado.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



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 períodos de tiempo en los cuales la demanda se sitúe un 50 % debajo de la media correspondiente al resto del año.

En el caso de que se dé la situación de estacionalidad en los consumos indicados anteriormente, deberán tomarse las medidas de protección de la instalación correspondiente, indicadas en el Anexo IX (“Requisitos técnicos del contrato de mantenimiento”).

El rendimiento de la instalación se refiere sólo a la parte solar de la misma. En caso de sistemas de refrigeración por absorción se refiere a la producción de la energía solar térmica necesaria para el sistema de refrigeración.

A estos efectos, se definen los conceptos de fracción solar y rendimiento medio estacional o anual de la siguiente forma:

Fracción solar mes “x” = (Energía solar aportada el mes “x”/ Demanda energética durante el mes “x”) ×100

Fracción solar año “y” = (Energía solar aportada el año “y” / Demanda energética durante el año “y”) ×100

Rendimiento medio año “y” = (Energía solar aportada el año “y” / Irradiación incidente año “y”) × 100

Irradiación incidente año “y” = Suma de las irradiaciones incidentes de los meses del año “y”

Irradiaciones incidentes en el mes “x” = Irradiación en el mes “x” × Superficie captadora



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



El concepto de energía solar aportada el año “y” se refiere a la energía demandada realmente satisfecha por la instalación de energía solar. Esto significa que para su cálculo nunca podrá considerarse más de un 100 % de aporte solar en un determinado mes.

Para el cálculo del dimensionado básico de instalaciones a medida podrá utilizarse cualquiera de los métodos de cálculo comerciales de uso aceptado por proyectistas, fabricantes e instaladores. El método de cálculo especificará, al menos 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.
- Las fracciones solares medias mensuales y anual.
- El rendimiento medio anual.

La selección del sistema solar prefabricado se realizará a partir de los resultados de ensayo del sistema, teniendo en cuenta que tendrá también que cumplir lo especificado en el RITE.

Independientemente de lo especificado en los párrafos anteriores, en el 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:



$50 < V/A < 180$  donde A será el área total de los captadores, expresada en m<sup>2</sup>, y V es el volumen del depósito de acumulación solar, expresado en litros, cuyo valor recomendado es aproximadamente la carga de consumo diaria M:  $V = M$ .

Además, para instalaciones con fracciones solares bajas, se deberá considerar el uso de relaciones V/A pequeñas y para instalaciones con fracciones solares elevadas se deberá aumentar dicha relación.

Para instalaciones de climatización de piscinas exclusivamente, no se podrá usar ningún volumen de acumulación, aunque se podrá utilizar un pequeño almacenamiento de inercia en el primario.

Para instalaciones de climatización se dimensionará el volumen de acumulación para que se cubran las necesidades de energía demandada durante, al menos, una hora. De cualquier forma se recomienda usar una relación de V/A entre 25 l/m<sup>2</sup> y 50 l/m<sup>2</sup>

### 3.2 Diseño del sistema de captación

#### 3.2.1 Generalidades

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia, según la legislación vigente.

A efectos de este PCT, será necesaria la presentación de la certificación de los ensayos del captador realizados por laboratorio acreditado, así como las curvas de rendimiento obtenidas por el citado laboratorio.

Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

#### 3.2.2 Orientación, inclinación, sombras e integración arquitectónica

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas respecto al óptimo, sean inferiores



a los límites de la tabla 2. Se considerarán tres casos: general, superposición de captadores e integración arquitectónica según se define más adelante. En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

Tabla 2

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI+S)</i>
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Se considera la dirección Sur como orientación óptima y la mejor inclinación,  $B_{opt}$ , dependiendo del período de utilización, uno de los valores siguientes:

- Consumo constante anual: la latitud geográfica
- Consumo preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°
- Consumo preferente en verano: la latitud geográfica - 10°

Se debe evaluar la disminución de prestaciones que se origina al modificar la orientación e inclinación de la superficie de captación, siguiendo el procedimiento especificado en el Anexo V.

Se considera que existe integración arquitectónica cuando los captadores cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales.



Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal del absorbedor, con el fin de favorecer la autolimpieza de los captadores. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.

### 3.2.3 Conexionado

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serieparalelo, 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 serie o en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante.

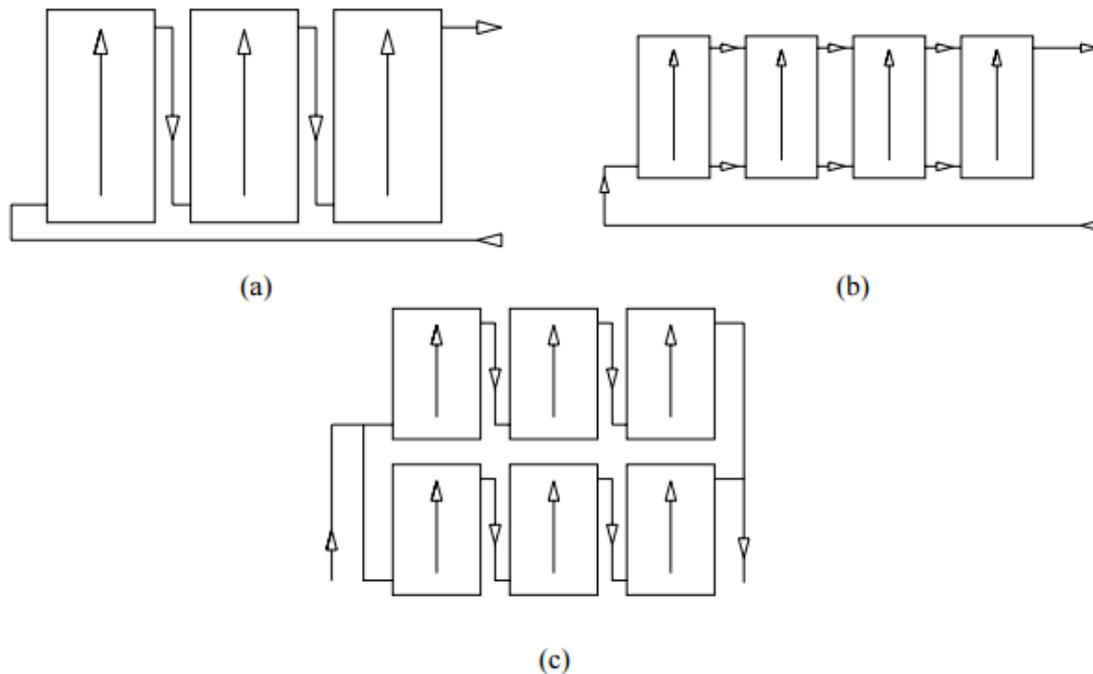
La superficie de una fila de captadores conexionados en serie no será superior a 10 m<sup>2</sup>. En caso de algunos usos industriales y refrigeración por absorción, si estuviese justificado, podrá elevarse a lo máximo permitido por el fabricante. En el caso de A.C.S., el número de captadores conexionados en serie no será superior a lo fijado en la sección H4 (“Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”) del Código Técnico de la Edificación.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.



Se deberá prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

En la figura 2 se pueden observar de forma esquemática las conexiones mencionadas en este apartado.



*Fig. 2. Conexión de captadores: a) En serie. b) En paralelo. c) En serie-paralelo.*

### 3.2.4 Estructura soporte

Si el sistema posee una estructura soporte que es montada normalmente en el exterior, el fabricante deberá especificar los valores máximos de  $s_k$  (carga de nieve) y  $v_m$  (velocidad media de viento) de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4.

Esto deberá verificarse durante el diseño calculando los esfuerzos de la estructura soporte de acuerdo con estas normas.



El sistema sólo podrá ser instalado en localizaciones donde los valores de  $s_k$  y  $v_m$  determinados de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4 sean menores que los valores máximos especificados por el fabricante.

El diseño y la 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 al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo 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.

Los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre estos últimos.

### 3.3 Diseño del sistema de acumulación solar

#### 3.3.1 Generalidades

Los acumuladores para A.C.S. y las partes de acumuladores combinados que estén en contacto con agua potable, deberán cumplir los requisitos de UNE EN 12897.

Preferentemente, los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en zonas interiores.

Para aplicaciones combinadas con acumulación centralizada es obligatoria la configuración vertical del depósito, debiéndose además cumplir que la relación altura/diámetro del mismo sea mayor de dos.

En caso de que el acumulador esté directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria, deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario.



El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60°C y hasta 70°C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como dispone el RD 865/2003, de 4 de julio.

En caso de aplicaciones para A.C.S. es necesario prever un conexionado puntual entre el sistema auxiliar y el solar de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar, para poder cumplir con las medidas de prevención de legionella. Se podrán proponer otros métodos de tratamiento anti-legionella.

Aun cuando los acumuladores solares tengan el intercambiador de calor incorporado, se cumplirán los requisitos establecidos para el diseño del sistema de intercambio en el apartado

3.4 de este documento.

Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 2 m<sup>3</sup>. Deberán llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

### 3.3.2 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) En caso de una sola aplicación, la alimentación de agua de retorno de consumo al depósito se realizará por la parte inferior. En caso de sistemas



abiertos en el consumo, como por ejemplo A.C.S., esto se refiere al agua fría de red. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.

d) En caso de varias aplicaciones dentro del mismo depósito habrá que tener en cuenta los niveles térmicos de éstas, de forma que tanto las salidas como los retornos para aplicaciones que requieran un mayor nivel térmico en temperaturas estén por encima de las que requieran un nivel menor.

Se recomienda que la/s entrada/s de agua de retorno de consumo esté equipada con una placa deflectora en la parte interior, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador o el empleo de otros métodos contrastados que minimicen la mezcla.

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

### 3.3.3 Varios acumuladores

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, tal como se puede ver en la figura 3.

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

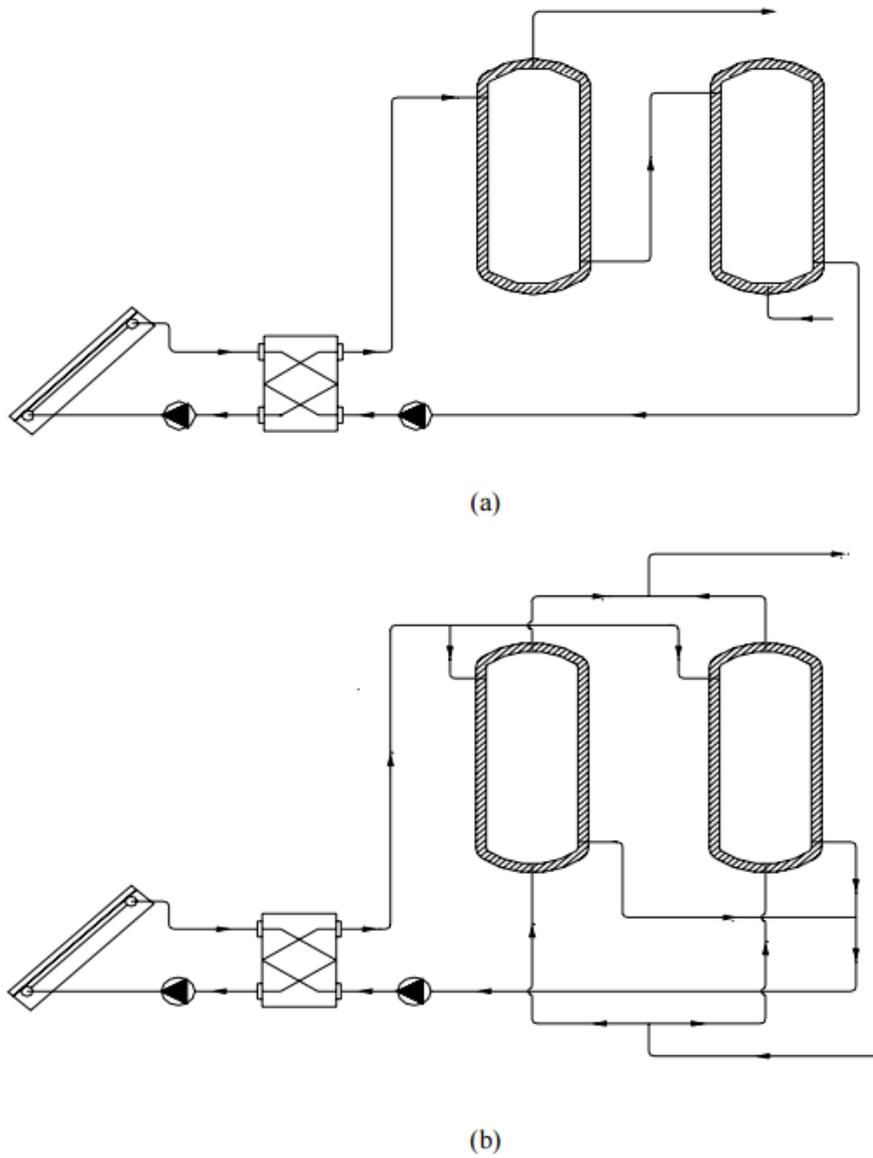


Fig. 3. a) Conexión en serie invertida con el circuito de consumo. b) Conexión en paralelo con el circuito secundario equilibrado.

### 3.3.4 Sistema auxiliar en el acumulador solar

No se permite la conexión de un sistema auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones.

No obstante, y cuando existan circunstancias específicas en la instalación que lo demanden (excepto en los casos de producción de A.C.S. y climatización de piscinas), se podrá considerar la incorporación de energía convencional en el acumulador solar, para lo cual será necesaria la presentación de una descripción detallada de todos los sistemas y equipos empleados, que justifique suficientemente que se produce el proceso de estratificación y que además permita la verificación del cumplimiento, como mínimo, de todas y cada una de las siguientes condiciones en el acumulador solar:

1. Deberá tratarse de un sistema indirecto: acumulación solar en el secundario.
2. Volumen total máximo de 2000 litros.
3. Configuración vertical con relación entre la altura y el diámetro del acumulador no inferior a 2.
4. Calentamiento solar en la parte inferior y calentamiento convencional en la parte superior considerándose el acumulador dividido en dos partes separadas por una de transición de, al menos, 10 centímetros de altura. La parte solar inferior deberá cumplir con los criterios de dimensionado de estas prescripciones y la parte convencional superior deberá cumplir con los criterios y normativas habituales de aplicación.
5. La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador solar al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50% y el 75 % de la altura total del mismo, y siempre por debajo de la zona de transición. La conexión de salida de agua fría hacia el intercambiador se realizará por la parte inferior del acumulador.



6. Las entradas de agua estarán equipadas con una placa deflectora o equivalente, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador.

7. No existirá recirculación del circuito de distribución de consumo de A.C.S.

En su caso y adicionalmente, se tendrá en cuenta lo indicado en el punto 2 del párrafo cuarto del apartado 3.8.

En cualquier caso, queda a criterio del IDAE el dar por válido el sistema propuesto.

Para los equipos prefabricados que no cumpliendo lo indicado anteriormente en este apartado, vengán preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellada irreversible u otro medio.

#### 3.4 Diseño del sistema de intercambio

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente, P, en vatios, en función del área de captadores A, en metros cuadrados, cumplirá la condición:

$$P > 500 A$$

El intercambiador independiente será de placas de acero inoxidable o cobre y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

El intercambiador del circuito de captadores incorporado al acumulador solar estará situado en la parte inferior de este último y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El intercambiador sumergido podrá ser de serpentín o de haz tubular. La relación entre la superficie útil de intercambio del



intercambiador incorporado y la superficie total de captación no será inferior a 0,15.

En caso de aplicación para A.C.S. se puede utilizar el circuito de consumo con un intercambiador, teniendo en cuenta que con el sistema de energía auxiliar de producción instantánea en línea o en acumulador secundario hay que elevar la temperatura hasta 60°C y siempre en el punto más alejado de consumo hay que asegurar 50 °C.

### 3.5 Diseño del circuito hidráulico

#### 3.5.1 Generalidades

Debe concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado.

En caso de aplicación para A.C.S., el circuito hidráulico del sistema de consumo deberá cumplir los requisitos especificados en UNE-EN 806-1.

En cualquier caso los materiales del circuito deberán cumplir lo especificado en ISO/TR 10217.

#### 3.5.2 Tuberías

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general.

El diseño y los materiales deberán ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos que influyan drásticamente en el rendimiento del sistema.

#### 3.5.3 Bombas



Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

En instalaciones con superficies de captación superiores a 50 m<sup>2</sup> se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Las tuberías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de éstas, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos de torsión o flexión. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

En instalaciones de piscinas la disposición de los elementos será la siguiente: el filtro ha de colocarse siempre entre la bomba y los captadores y el sentido de la corriente ha de ser bombafiltro-captadores, para evitar que la resistencia del filtro provoque una sobrepresión perjudicial para los captadores, prestando especial atención a su mantenimiento. La impulsión de agua caliente deberá hacerse por la parte inferior de la piscina, quedando la impulsión de agua filtrada en superficie.

#### 3.5.4 Vasos de expansión

Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba.

Cuando no se cumpla el punto anterior, la altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.



### 3.5.5 Purga de aire

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos

por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm<sup>3</sup>. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.

### 3.5.6 Drenaje

Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que

no puedan congelarse.

## 3.6 Recomendaciones específicas adicionales para sistemas por circulación natural

Es muy importante, en instalaciones que funcionen por circulación natural, el correcto diseño de los distintos componentes y circuitos que integran el sistema, de forma que no se introduzcan grandes pérdidas de carga y se desfavorezca la circulación del fluido por termosifón. Para esto se recomienda prestar atención a:

- El diseño del captador y su conexionado. Preferentemente se instalarán captadores con conductos distribuidores horizontales y sin cambios complejos de dirección de los conductos internos.
- El trazado de tuberías. Deberá ser de la menor longitud posible, situando el acumulador cercano a los captadores. En ningún caso el diámetro de las tuberías será inferior a



DN15. En general, dicho diámetro se calculará de forma que corresponda al diámetro normalizado inmediatamente superior al necesario en una instalación equivalente con circulación forzada.

– El sistema de acumulación. Depósitos situados por encima de la batería de captadores favorecen la circulación natural. En caso de que la acumulación esté situada por debajo de la batería de captadores, es muy importante utilizar algún tipo de dispositivo que, sin introducir pérdidas de carga adicionales de consideración, evite el flujo inverso no intencionado.

### 3.7 Requisitos específicos adicionales para sistemas directos

No están permitidos los sistemas directos para las aplicaciones de A.C.S.

Para otras aplicaciones tampoco podrán instalarse sistemas directos en zonas con riesgo de heladas.

Siempre que se opte por un sistema directo se aportará documentación, obtenida en el Instituto

Nacional de Meteorología u otra entidad similar, en la que se demuestre que la zona donde se va a realizar la instalación no tiene riesgo de heladas.

### 3.8 Diseño del sistema de energía auxiliar

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de

energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar.

Por razones de eficiencia energética, entre otras, se desaconseja la utilización de energía eléctrica

obtenida por efecto Joule como fuente auxiliar, especialmente en los casos de altos consumos



y fracciones solares anuales bajas.

Queda prohibido el uso de sistemas de energía auxiliar en el circuito primario de captadores.

El diseño del sistema de energía auxiliar se realizará en función de la aplicación (o aplicaciones) de la instalación, de forma que sólo entre en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación solar. Para ello se seguirán los siguientes criterios:

1. Para pequeñas cargas de consumo se recomienda usar un sistema de energía auxiliar en línea, siendo para estos casos los sistemas de gas modulantes en temperatura los más idóneos.
2. En caso de aceptarse, de acuerdo con el punto 3.3.4, la instalación de una resistencia eléctrica como sistema de energía auxiliar dentro del acumulador solar, su conexión, salvo que se apruebe expresamente otro procedimiento, sólo se podrá hacer mediante un pulsador manual y la desconexión será automática a la temperatura de referencia.

Adicionalmente, se instalará un termómetro en la parte baja de la zona de calentamiento con energía convencional (ver 3.3.4) cuya lectura sea fácilmente visible para el usuario.

La documentación a entregar al usuario deberá contener instrucciones claras de operación del sistema auxiliar y deberá ser previamente aprobada por el IDAE.

3. No se recomienda la conexión de un retorno desde el acumulador de energía auxiliar al acumulador solar, salvo que existan períodos de bajo consumo estacionales, en los que se prevea elevadas temperaturas en el acumulador solar. La instalación térmica deberá efectuarse de manera que en ningún caso se introduzca en el acumulador solar energía procedente de la fuente auxiliar.



4. Para la preparación de agua caliente sanitaria, se permitirá la conexión del sistema de energía auxiliar en paralelo con la instalación solar cuando se cumplan los siguientes requisitos:

- Exista previamente un sistema de energía auxiliar constituido por uno o varios calentadores instantáneos no modulantes y sin que sea posible regular la temperatura de salida del agua.
- Exista una preinstalación solar que impida o dificulte el conexionado en serie.

5. Para sistemas con energía auxiliar en paralelo y especialmente en aplicaciones de climatización, usos industriales y otras aplicaciones en ese rango de temperaturas, es necesario un sistema de regulación del agua calentada por el sistema solar y auxiliar de forma que se aproveche al máximo la energía solar.

En los puntos 4 y 5, la conmutación de sistemas será fácilmente accesible.

Para A.C.S., el sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con el RD 865/2003. Este punto no será de aplicación en los calentadores instantáneos de gas no modulantes.

En caso de climatización, el termostato de control estará ajustado en función de la aplicación de frío o calor de forma automática o manual.

Cuando el sistema de energía auxiliar sea eléctrico, la potencia correspondiente será inferior a

300 W por cada metro cuadrado de superficie captadora. Para instalaciones de tamaño inferior a 5 m<sup>2</sup> la potencia podrá ser de 1500 W. En el caso de



resistencias sumergidas, los valores de potencia disminuirán hasta 150 W por metro cuadrado y hasta 750 W para instalaciones de tamaño inferior a 5 m<sup>2</sup>.

### 3.9 Diseño del sistema eléctrico y de control

El diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas:

- Control de funcionamiento del circuito primario y secundario (si existe).
- Sistemas de protección y seguridad de las instalaciones contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

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.

Con independencia de que realice otras funciones, el sistema de control se realizará por control diferencial de temperaturas, mediante un dispositivo electrónico (módulo de control diferencial, en los esquemas representado por MCD) que compare la temperatura de captadores con la temperatura de acumulación o retorno, como por ejemplo ocurre en la acumulación distribuida.

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 de 2°C. De esta forma el funcionamiento de la parte solar de una instalación se optimiza. Para optimizar el aprovechamiento solar de la instalación y, cuando exista intercambiador exterior, se podrán instalar también dos controles diferenciales.



El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro que regule la aportación de energía a la misma. Esto se puede realizar por control de temperatura o caudal actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías todo o nada, bombas de circulación... o por combinación de varios mecanismos.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores, de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación.

Cuando exista, 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.

### 3.10 Diseño del sistema de monitorización

Para el caso de instalaciones mayores de 20 m<sup>2</sup> se deberá disponer al menos de un sistema analógico de medida local que indique como mínimo las siguientes variables:

Opción 1:

- Temperatura de entrada de agua fría de red
- Temperatura de salida del acumulador solar
- Caudal de agua fría de red

Opción 2:



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



- Temperatura inferior del acumulador solar
- Temperatura de captadores
- Caudal por el circuito primario

El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo.



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



# DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO



## PRESUPUESTO

### Mediciones

Partida	Descripción	Unidades o longitud
<b>1</b>	<b>SISTEMA DE CAPTACION</b>	
1.1	Captador ROCA SOL250 727 euros	2
1.2	Soporte tejado para dos colectores planos ST2-SOL 200/250 210 euros	1
1.3	Juego acoplamiento CH-SOL para colectores solares SOL 200/250 110,00	1
<b>2</b>	<b>CIRCUITO PRIMARIO</b>	
2.1	Tubería de cobre de $\Phi 13 \times 15$ mm para conexión del sistema de acumulación.	26,96
2.2	Aislamiento de EPDM $\Phi 15$ mm para tuberías. Conductividad térmica de 0,037 W/m K a 20°C, muy buena resistencia a los rayos UV. Autoextingible y no conduce el fuego.	26,96
2.3	Bomba centrífuga modelo <b>PENTIR NOCCHI DHR 2-30 M. 224</b>	1
2.4	Vaso de expansión escogido es de la marca IBAIONDO, el modelo es 2-SMF de 2 litros de capacidad de Salvador Escoda.	1
2.5	Válvulas de esfera	2
2.6	Manómetro radial de esfera seca	2



2.7	Fluido caloportador envase de 10 litros de CROMAGEN.	1
2.8	Válvulas de retención	1
<b>3</b>	<b>SISTEMA ACUMULACION</b>	
3.1	Depósito de acumulación modelo SAUNIER DUVAL FE 400 S (400L) 1390 euros	1
3.2	Válvulas de esfera	2
3.3	Válvula de seguridad	1
3.4	Tubería pex de 25mm de diametro	4
<b>4</b>	<b>SISTEMA DE REGULACION Y CONTROL</b>	
4.1	Central solar CS 10	1



**Cuadro de precios**

Partida	Descripción	Precio €
<b>1</b>	<b>SISTEMA DE CAPTACION</b>	
1.1	Captador ROCA SOL250 727 euros	727,00
1.2	Soporte tejado para dos colectores planos ST2-SOL 200/250 210 euros	210,00
1.3	Juego acoplamiento CH-SOL para colectores solares SOL 200/250 110,00	110,00
<b>2</b>	<b>CIRCUITO PRIMARIO</b>	
2.1	Tubería de cobre de $\Phi 13 \times 15$ mm para conexión del sistema de acumulación.	3,65
2.2	Aislamiento de EPDM $\Phi 15$ mm para tuberías. Conductividad térmica de 0,037 W/m K a 20°C, muy buena resistencia a los rayos UV. Autoextingible y no conduce el fuego.	4,86
2.3	Bomba centrífuga modelo <b>PENTIR NOCCHI DHR 2-30 M.</b>	223,55
2.4	Vaso de expansión escogido es de la marca IBAIONDO, el modelo es 2-SMF de 2 litros de capacidad de Salvador Escoda.	93,50
2.5	Válvulas de esfera	9,97
2.6	Manómetro radial de esfera seca	3,75
2.7	Fluido caloportador envase de 10 litros de	39,32



	CROMAGEN.	
2.8	Válvulas de retención	14,20
<b>3</b>	<b>SISTEMA ACUMULACION</b>	
3.1	Depósito de acumulación modelo SAUNIER DUVAL FE 400 S (400L) 1390 euros	1390,00
3.2	Válvulas de esfera	9,97
3.3	Válvula de seguridad	12,75
3.4	Tubería pex de 25mm de diametro	3,80
<b>4</b>	<b>SISTEMA DE REGULACION Y CONTROL</b>	
4.1	Central solar CS 10	228,00



### Presupuesto

Partida	Descripción	Unidades	Precio unitario	Precio €
<b>1</b>	<b>SISTEMA DE CAPTACION</b>			
1.1	Captador ROCA SOL250 727 euros	1	727,00	727,00
1.2	Soporte tejado para dos colectores planos ST2-SOL 200/250 210 euros	1	210,00	210,00
1.3	Juego acoplamiento CH-SOL para colectores solares SOL 200/250 110,00	1	110,00	110,00
Total partida 1:				1047,00

Partida	Descripción	Unidades	Precio unitario	Precio €
<b>2</b>	<b>CIRCUITO PRIMARIO</b>			
2.1	Tubería de cobre de $\Phi 13 \times 15$ mm para conexión del sistema de acumulación.	26,96	3,65	98,40
2.2	Aislamiento de EPDM $\Phi 15$ mm para tuberías. Conductividad térmica de 0,037 W/m K a 20°C, muy buena resistencia a los rayos	26,96	4,86	131,02



	UV. Autoextingible y no conduce el fuego.			
2.3	Bomba centrífuga modelo <b>PENTIR NOCCHI DHR 2-30 M.</b>	1	223,55	223,55
2.4	Vaso de expansión escogido es de la marca IBAIONDO, el modelo es 2-SMF de 2 litros de capacidad de Salvador Escoda.	1	93,50	93,50
2.5	Válvulas de esfera	2	9,97	19,94
2.6	Manómetro radial de esfera seca	2	3,75	7,50
2.7	Fluido caloportador envase de 10 litros de CROMAGEN.	1	39,32	39,32
2.8	Válvulas de retención	1	14,20	14,20
Total partida 2:				637,38

Partida	Descripción	Unidades	Precio unitario	Precio €
<b>3</b>	<b>SISTEMA ACUMULACION</b>			
3.1	Depósito de acumulación modelo SAUNIER DUVAL FE 400 S (400L) 1390 euros	1	1390,00	1390,00



3.2	Válvulas de esfera	2	9,97	19,94
3.3	Válvula de seguridad	1	12,75	12,75
3.4	Tubería pex de 25mm de diámetro	4	3,80	15,20
Total partida 3:				1437,89

Partida	Descripción	Unidades	Precio unitario	Precio €
<b>4</b>	<b>SISTEMA DE REGULACION Y CONTROL</b>			
4.1	Central solar CS 10	1	228,00	228,00
Total partida 4:				228,00

PRESUPUESTO TOTAL 3350,27€

Gastos generales 13% 435,53€

Beneficio industrial 6% 201,01€

**Total sin IVA 3986,81 euros**

**Total con IVA (21%)**

**4824,04 euros**



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



# ANEXOS



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



ANEXO 1:

# FICHAS TECNICAS



## ANEXO 1: Fichas técnicas

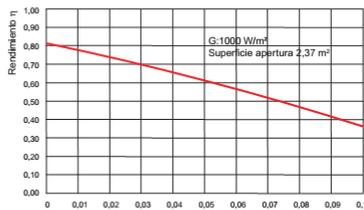
### Captador:

	Sol 250	Sol 250 H
Superficie total	2,51 m <sup>2</sup>	2,51 m <sup>2</sup>
Superficie de apertura	2,37 m <sup>2</sup>	2,38 m <sup>2</sup>
Capacidad	2,9 litros	2,7 litros
Peso vacío	47 kg	47,3 kg
Presión máxima de trabajo	10 bar	10 bar
Temperatura de estancamiento	198,1°C	221°C

1. Cristal templado.
2. Carcasa de aluminio pintado.
3. Placa absorbente recubrimiento selectivo.
4. Aislamiento de 40 mm de fibra de vidrio en parte posterior y 50 mm en laterales.
5. Circuito hidráulico tipo serpentin.

#### Curva de rendimiento

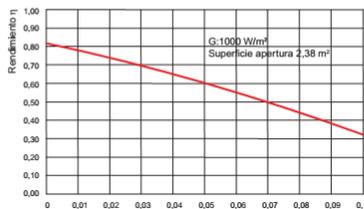
##### Sol 250



$$T^* = \frac{T_m - T_a}{G} \left( \frac{^\circ\text{C m}^2}{\text{W}} \right)$$

Ecuación característica del colector  
 $\eta = 0,814 - 3,639 T^* - 0,0089 G T^{*2}$   
 $T_m$  - Temperatura media del colector.  
 $T_a$  - Temperatura ambiente.  
 $G$  - Irradiación Solar  
 Ensayo realizado por FRAUNHOFER  
 Contraseña de certificación GPS-8449

##### Sol 250 H



$$T^* = \frac{T_m - T_a}{G} \left( \frac{^\circ\text{C m}^2}{\text{W}} \right)$$

Ecuación característica del colector  
 $\eta = 0,812 - 3,641 T^* - 0,01286 G T^{*2}$   
 $T_m$  - Temperatura media del colector.  
 $T_a$  - Temperatura ambiente.  
 $G$  - Irradiación Solar  
 Ensayo realizado por FRAUNHOFER  
 Contraseña de certificación GPS-8450

## Energía solar Colectores solares planos

### Sol 250 y Sol 250 H

Colectores solares planos para instalaciones de captación solar térmica. Sol 250 montaje vertical, Sol 250 H montaje horizontal.

#### Características principales

- Placa absorbente de aluminio con tratamiento superficial altamente selectivo, unida al circuito hidráulico tipo serpentin de tubos de cobre mediante Soldadura laser.
- Cubierta de vidrio texturizado de 3,2 mm, templado y de bajo contenido en hierro.
- Aislamiento de 40 mm de fibra de vidrio en parte posterior y 50 mm en laterales.
- Placa posterior en aluminio de 1 mm.
- Carcasa de aluminio pintado color gris RAL 7016.
- Cuatro conexiones para la unión entre colectores por medio de accesorios de fácil montaje.
- GARANTÍA 10 AÑOS.

#### Forma de suministro

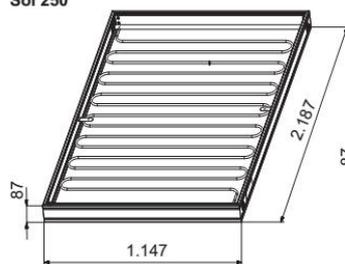
En un bulto:

- Colector Solar Sol 250  
**Código: 720364401**
- Colector Solar Sol 250 H  
**Código: 720364501**

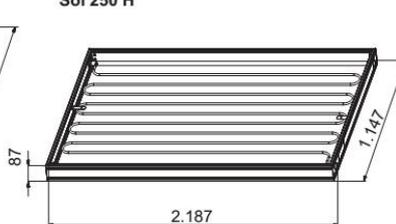


#### Dimensiones y Características Técnicas

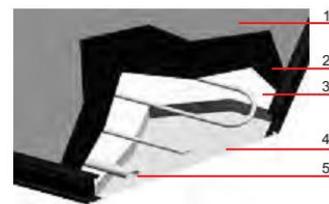
##### Sol 250



##### Sol 250 H



#### Detalle sección Colector





Acumulador:

## Depósitos Individuales FE...S/SC

### Características y accesorios

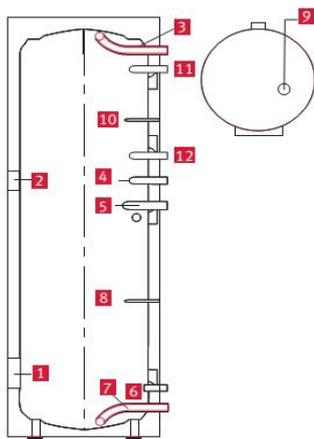


- Cuerpo vitrificado
- Instalación sobre suelo
- Ánodo de magnesio
- Material aislante Neopor® extraíble
- Presión máx. ACS: 10 bar
- Presión máx. Serpentin: 10 bar
- Trampilla de limpieza, soportes ajustables
- Conexión recirculación y entrada para sonda
- Resistencia eléctrica de inmersión 3 kW opcional

Modelo	Capacidad (L)	Superficie intercambiador (m <sup>2</sup> )
FE 300 S	300	1,6
FE 300 SC	300	1,6 / 0,7*
FE 400 S	400	1,5
FE 500 S	500	2,1

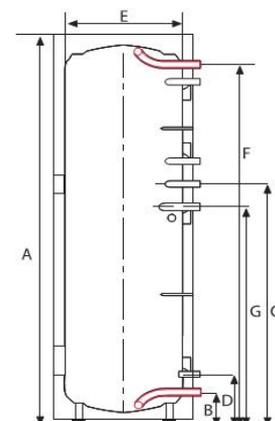
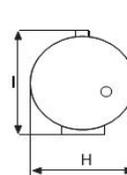
(\*) Modelo 300 litros con doble serpentín. Superficie 2. Serpentin: 0,7 m<sup>2</sup>

### Descripción y dimensiones



1. Trampilla de limpieza
2. Conexión para resistencia eléctrica 1-1/2"
3. Salida agua caliente 1"
4. Toma para recirculación 3/4"
5. Entrada primario solar 1"
6. Salida primario solar 1"
7. Entrada agua fría 1"

8. Vaina para sonda de temperatura inferior
9. Ánodo de protección de magnesio SÓLO MODELO FE 300 SC:
10. Vaina para sonda de temperatura superior
11. Entrada de calefacción auxiliar 1"
12. Salida de calefacción auxiliar 1"



Modelo	A	B	C	D	E	F	G	H	I
FE 300 S	1.775	130	1.086	216	500	1.632	981	660	725
FE 400 S	1.475	159	862	245	650	1.301	760	810	875
FE 500 S	1.775	159	1.062	245	650	1.601	960	810	875
FE 300 SC	1.475	159	862	245	650	1.301	760	810	875



Centro de regulación:

## Energía solar Complementos para instalaciones solares Regulación electrónica

Centrales para instalaciones de agua caliente con colectores solares.

### Central solar CS 10

Regula la producción de Agua Caliente Sanitaria de la instalación solar.

Con una programación correcta, esta central garantiza el máximo aprovechamiento de la energía solar recibida, pudiendo además controlar la caldera de apoyo que se le asigne.

#### Características principales

- Control de la temperatura del colector solar.
- Control y regulación de la temperatura del acumulador de A.C.S.
- Control y regulación del funcionamiento del circulador de la instalación solar en función de la temperatura del colector y la del acumulador.
- Función recirculación nocturna para evacuar excedentes energéticos.
- Protección antilegionela (con caldera de apoyo).
- Posibilidad de conectar un contador de impulsos.
- Posibilidad de conectarse vía Bus.
- Función control de unitemo.

#### Forma de suministro

En una caja incluyendo 4 sondas PT 1000 de 1 Kohmio

### Central solar CS 1

Permite la regulación de un circuito solar con una o más filas de captadores.

#### Características principales

- Control de la válvula de zona en edificios con acumuladores individuales, en función de la temperatura del acumulador de ACS y del circuito solar.

#### Forma de suministro

En una caja incluyendo 2 sondas PT 1000 de 1 Kohmio



Central solar CS 10



Central solar CS 1

### Características técnicas

- Tensión de alimentación
- Potencia absorbida
- Potencia de ruptura de los relés
- Intensidad máx. borne L1 de alimentación L'
- Tipo de protección según DIN EN 60529
- Clase de protección según DIN 60730
- Reserva cuerda del reloj (sólo CS 10)
- Temperatura ambiente admisible
- Resistencias de las sondas:
- Zócalo de sujeción mural a través de tacos y tirafondos o aprovechando las guías que están solidarias a la tapa para la sujeción vertical
- Dimensiones de encubramiento

230V AC  $\pm$  10%. 50Hz  
5VA  
250 V, 2 (2) A  
6,3 A  
IP 40  
II  
10 horas  
0° hasta 50°C  
PT 1000, 1Kohmio + / - 0,2% a 0°C

143 mm largo; 96 mm alto y 59 mm profundidad



Bomba:



## NOCCHI DHR

### ELECTROBOMBAS CENTRÍFUGAS MULTICELULARES

BAJO CONSUMO ENERGÉTICO, EXTREMADAMENTE SILENCIOSAS, RODETES Y DIFUSORES COMPLETAMENTE DE ACERO INOXIDABLE AISI 304, TOMAS ROSCADAS PREDISPUESAS TAMBIÉN PARA CONEXIONES OVALADAS (GAMA DHR 9)

Las bombas de la serie DHR son bombas centrífugas horizontales no autocebantes. Todas las partes giratorias en contacto con el líquido bombeado son de acero inoxidable AISI 304.

#### DATOS DE USO

- Tipo de líquido: agua limpia sin cuerpos sólidos en suspensión o material abrasivo.
- Temperatura máxima del líquido 90°C.
- Temperatura ambiente máxima 50° C.
- Altura máxima de aspiración recomendada: 6 m con válvula de fondo (con temp. del líquido a 50° C).
- Presión máxima de servicio: 10 bar (con temp. líquido 50°C) 6 bar (con temp. líquido 90°C).

#### APLICACIONES

- Elevación y distribución de agua en las instalaciones domésticas en servicio continuo o intermitente.
- Instalaciones de presurización.
- Equipos de lavado, riego, jardines, fuentes.

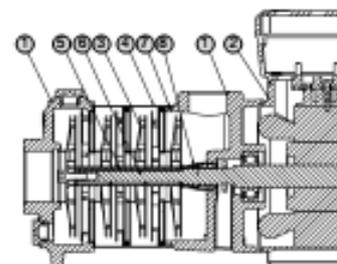
#### MOTORES

- Cerrado, ventilación desde el exterior.
- Grado de protección IP 54.
- Clase de aislamiento F.
- Alimentación monofásica con condensador insertado permanentemente y protección térmica incorporada en el devanado del motor.
- Alimentación trifásica con protección externa a cargo del usuario.
- Velocidad de rotación 2850 rpm.
- Servicio continuo.
- Máxima temperatura ambiente 50°C.



#### TABLA MATERIALES

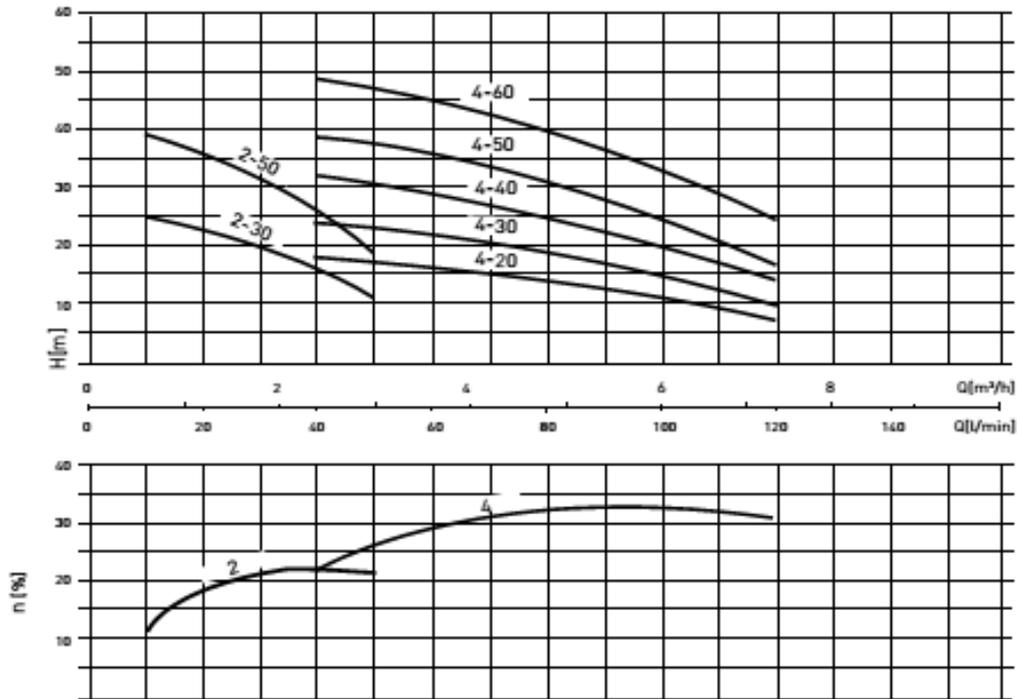
Componente	Material
1 Bric de aspiración	Aluminio presfundido
2 Soporte	Hierro fundido GIL-280 (RSTM Clase 35)
3 Rodetes	Acero inoxidable YSC/Ni8-10 (AISI 304)
4 Difusores	Acero inoxidable YSC/Ni8-10 (AISI 304)
5 Carisa	Acero inoxidable YSC/Ni8-10 (AISI 304)
6 Árbol	Acero inoxidable YSC/Ni8-10 (AISI 304)
7 Guarniciones	NBR
8 Sello mecánico	Cerámica / gaito / NBR





## NOCCHI DHR 2 - DHR 4 ELECTROBOMBAS CENTRÍFUGAS MULTICELULARES

### PRESTACIONES HIDRÁULICAS



### TABLA DE PRESTACIONES

MODELO	Potencia motor		Consumo de potencia		Volt	In (A)	$\mu$ F.	Q	L/1'	10	20	30	40	50
	HP	kW	HP	kW					m³/h	0,6	1,2	1,8	2,4	3
DHR 2-30 M	0,48	0,30	0,7	0,52	1 - 230 V	2,4	12,5	n.c./n.c.x	25	23	19	16	12	
DHR 2-30 T	0,48	0,30	0,67	0,50	3 - 230/400 V	1,9-1,1	-		25	23	19	16	12	
DHR 2-50 M	0,67	0,50	1	0,75	1 - 230 V	3,5	12,5		39	35	30	24	17	
DHR 2-50 T	0,67	0,50	1	0,75	3 - 230/400 V	2,5-1,8	-		39	35	30	24	17	

MODELO	Potencia motor		Consumo de potencia		Volt	In (A)	$\mu$ F.	Q	L/1'	40	50	60	80	100	120
	HP	kW	HP	kW					m³/h	2,4	3	3,6	4,8	6	7,2
DHR 4-20 M	0,50	0,37	0,75	0,55	1 - 230 V	2,7	12,5	n.c./n.c.x	17	16	15	13	11	7	
DHR 4-20 T	0,50	0,37	0,78	0,53	3 - 230/400 V	2,1-1,2	-		17	16	15	13	11	7	
DHR 4-30 M	0,67	0,50	1,10	0,80	1 - 230 V	3,7	12,5		34	29	21	18	14	10	
DHR 4-30 T	0,67	0,50	1	0,75	3 - 230/400 V	2,5-1,4	-		34	29	21	18	14	10	
DHR 4-40 M	0,94	0,70	1,34	1	1 - 230 V	4,5	16		33	31	29	26	21	15	
DHR 4-40 T	0,94	0,70	1,34	1	3 - 230/400 V	3,2-1,9	-		33	31	29	26	21	15	
DHR 4-50 M	1,20	0,90	1,68	1,25	1 - 230 V	5,8	20		41	39	37	33	27	19	
DHR 4-50 T	1,20	0,90	1,55	1,15	3 - 230/400 V	3,4-2	-		41	39	37	33	27	19	
DHR 4-60 M	1,6	1,2	2	1,5	1 - 230 V	7	31,5		52	49	47	43	36	26	
DHR 4-60 T	1,6	1,2	2	1,5	3 - 230/400 V	5,4-3,1	-		52	49	47	43	36	26	



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



ANEXO 2:

# USO Y MANTENIMIENTO



## **ANEXO 2: Uso y mantenimiento de la instalación**

### *SISTEMA SOLAR*

#### *PRECAUCIONES*

- Se evitarán las agresiones contra los captadores.

#### *PRESCRIPCIONES*

- El usuario deberá mantener las condiciones de seguridad especificadas en el proyecto del mismo y se pondrá en contacto con el Servicio de Mantenimiento ante la aparición de cualquier anomalía.
- La propiedad deberá poseer un contrato de mantenimiento con una empresa autorizada que se ocupe del mantenimiento periódico de la instalación, de manera que el usuario únicamente realizará la inspección visual de los parámetros funcionales principales de la instalación.
- El plan de mantenimiento deberá realizarse por personal técnico competente que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas así como el mantenimiento correctivo.
- El sostenimiento deberá incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.



- Durante las operaciones de mantenimiento deberán eliminarse las hojas y otros elementos depositados en el cerco de estanqueidad del captador, para permitir al agua de lluvia discurrir libremente.

### *PROHIBICIONES*

- No se manipulará ningún elemento de la instalación.
- No se limpiarán los cristales del captador con productos agresivos.

### MANTENIMIENTO

#### *POR EL PROFESIONAL CUALIFICADO*

- Cada 6 meses:
  - Revisión para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m<sup>2</sup>.
  - Inspección visual de los siguientes elementos:
    - Captadores.
    - Condensaciones y suciedad en los cristales.
    - Agrietamientos y deformaciones en juntas.
    - Corrosión y deformaciones en el absorbedor.
    - Deformación, oscilaciones y ventanas de respiración en la carcasa.
    - Aparición de fugas en las conexiones.
    - Degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos en la estructura.
- Cada año:



**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
Escuela Politécnica de Minas  
Proyecto de instalación de sistema ACS



- Revisión de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m<sup>2</sup>.
- Comprobación de la presencia de lodos en el fondo del depósito del sistema de acumulación.
- Comprobación del nivel de desgaste y del buen funcionamiento de los ánodos del sistema de acumulación.
- Comprobación de la presencia de humedad en el aislamiento.
- Control de funcionamiento y limpieza del intercambiador de placas y del serpentín.
- Inspección visual y control de funcionamiento en el fluido refrigerante, aislamiento, purgador, bomba, vaso de expansión, sistema de llenado y válvulas.
- Control de funcionamiento del cuadro eléctrico, del control diferencial, del termostato y del sistema de medida.
- Control de funcionamiento del sistema auxiliar y de las sondas de temperatura.