

# ÍNDICE GENERAL.



## Índice General

### MARCO TEÓRICO.

Índice.	3
1. Introducción.	5
1.1 Problemática.	5
1.2. Justificación.	6
1.3. Objetivo del proyecto.	6
1.4. Alcance del proyecto.	6
1.5. Hipótesis.	7
1.6. Metodología	7

### MEMORIA.

Índice.	3
2. Antecedentes.	7
2.1. Energía solar y su historia.	7
2.2. El Sol. Datos técnicos.	8
2.2.1. Composición y Estructura.	9
2.3. Radiación Solar.	9
2.4. Energía Solar Térmica.	10
2.4.1. Definición.	10
2.4.2. EST y desarrollo sostenible.	12
2.4.3. Efecto invernadero y energías renovables.	12
2.5. Desarrollo de EST en España.	13
2.5.1. Inversión inicial, Tecnología y E.auxiliares en la EST.	14
2.5.2. Mercado Solar Térmico en España. Previsiones.	15
2.5.3. Frenos y apoyos al desarrollo de la EST en España.	15
3. Objeto del proyecto.	16
4. Condiciones de partida.	17
4.1. Situación y emplazamiento.	17
4.2. Principios básicos del proyecto de EST.	18
4.3. Variables climatológicas.	18
4.3.1. Cálculo de la radiación solar	20
5. Instalaciones de energía solar.	21
5.1 Tipos de instalaciones. Análisis de alternativas.	21
5.1.1. Subconjunto de captación.	21
5.1.1.1. Sistemas de captación activos.	21
5.1.1.2. Otros tipos de captadores.	24



5.1.1.3. Funcionamiento.	24
5.1.1.4. Tipos de conexiones de los colectores.	27
5.1.1.5. Circulación forzada.	29
5.1.2. Subconjunto de acumulación.	31
5.1.3. Subconjunto de termotransferencia.	32
5.1.3.1. Intercambiador.	33
5.1.3.2. Conducciones.	33
5.1.3.3. Fluido caloportador.	33
5.1.3.4. Otros elementos.	34
5.1.4. Subconjunto de energía principal.	36
5.1.5. Subconjunto de regulación y control.	36
5.1.6. Aislamiento.	37
5.1.7. Otros elementos.	37
5.1.8. Tratamiento antilegionela.	39
5.2. Descripción de la solución adoptada.	41
5.2.1. Subconjunto de captación.	41
5.2.2. Subconjunto de acumulación.	44
5.2.3. Subconjunto de termotransferencia.	46
5.2.3.1. Intercambiador.	46
5.2.3.2. Conducciones.	46
5.2.3.3. Fluido caloportador.	48
5.2.3.4. Otros elementos.	48
5.2.4. Subconjunto de regulación y control.	50
5.2.5. Aislamiento.	51
5.2.6. Estructura soporte.	51
5.2.7. Otros elementos.	53
6. Uso eficiente de la energía.	55
6.1 Introducción.	55
6.2. Acondicionamiento de una vivienda.	55
6.2.1. Sistema de refrigeración.	55
6.2.1.1. Ventiladores.	55
6.2.1.2. Aparatos de aire refrigerado.	58
6.2.1.3. Climatizadores.	59
6.2.2. Sistema de calefacción.	61
6.2.2.1. Caldera a gas.	61
6.2.2.2. Calefacción eléctrica.	62
6.2.2.3. Acumuladores de calor.	63
6.2.1.4. Otros sistemas eléctricos.	63
6.2.1.5. Equipos NO eléctricos.	65
6.2.1.6. Calefacción radial.	65
6.2.3. Conclusión y elección del sistema de climatización.	65
6.2.3.1. Refrigeración.	65
6.2.3.2. Calefacción.	65



6.2.4. Consejos para un uso eficiente de la energía disponible.	66
6.2.4.1. Ahorro de combustible.	66
6.2.4.2. Mantenimiento de los sistemas de calefacción.	66
6.2.4.3. Consejos para ahorrar energía en verano.	67
6.2.4.4. Ausencia de pérdidas de energía.	67
6.3. Otras sugerencias de usos eficientes de energía.	67
6.3.1. Iluminación interior.	67
6.3.2. Lavaplatos.	68
6.3.3. Refrigeradores y Congeladores.	68
6.3.4. Cocina.	68
7. Análisis de viabilidad económico-financiera.	69
7.1. Procedimiento.	69
7.2. Cálculos.	70
7.2.1. Sin subvenciones.	70
7.2.2. Con subvenciones.	71
7.2. Conclusiones.	72
8. Análisis medioambiental.	73
8.1. Concienciación.	73
8.2. Reducción de emisiones.	73

**ANEXOS.**

Índice	3
A. ANEXO DE CÁLCULOS	5
A.1 Cálculo de la inclinación de los colectores	5
A.1.1. Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación	5
A.2. Criterios de diseño.	8
A.2.1. Elección de $S_1$ o $S_2$ para colocar los paneles solares.	8
A.3. Pérdidas por sombras.	9
A.4. Carga de consumo.	10
A.5. Contribución solar mínima.	12
A.6. Número de paneles solares.	19
A.7. Cobertura de los paneles solares	21
A.8. Ahorro energético	23
A.9. Subconjunto de almacenamiento. Dimensionamiento.	24
A.10. Subconjunto de termotransferencia. Dimensionamiento.	26
A.10.1. Intercambiador	26
A.10.2. Fluido caloportador	26
A.10.3. Conducciones	28
A.10.4. Pérdida total del circuito primario	31
A.10.5. Bomba de circulación	33
A.10.6. Vaso de expansión	34



A.10.7. Purgadores y desaireadores	36
A.11. Aislamiento	36
<b>B. ANEXO DE ESPECIFICACIONES DE LOS FABRICANTES.</b>	<b>37</b>
B.1. Recomendaciones del distribuidor de colectores solares	37
<b>C. ANEXO DE TABLAS</b>	<b>38</b>
C.1. Tablas	38
<b>PRESUPUESTO.</b>	
Índice.	3
1. Mediciones – Unidades de obra.	5
2. Precios unitarios descompuestos.	6
3. Presupuesto general	10
<b>PLIEGO DE CONDICIONES.</b>	
Índice.	3
1. Legislación vigente.	5
1.1. Normas UNE (AENOR).	6
1.2. Normas Internacionales (CEN e ISO).	7
2. Descripción de la obra.	8
2.1 Colectores.	8
2.2. Interacumulador.	8
2.3. Tuberías de circuitos y otros elementos.	8
2.4. Hormigón	8
2.5. Materiales de acero.	8
3. Materiales y equipos. Condiciones.	9
3.1. Materiales.	9
3.2. Reconocimiento de materiales.	9
4. Ejecución de la obra.	9
4.1. Generalidades.	9
4.2. Montaje.	10
4.2.1. Captadores y estructura soporte.	10
4.2.2. Interacumulador.	10
4.2.3. Bombas.	11
4.2.4. Tuberías y accesorios.	11
4.2.5. Aislamiento.	11



## ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Índice.	3
1. Estudio de Seguridad y Salud.	5
1.1. Introducción.	5
1.2. Objeto del Estudio de Seguridad y Salud.	6
1.3. Análisis y prevención de riesgos en las fases de obra.	6
1.3.1. Tipos de riesgos.	6
1.3.2. Medidas preventivas en la organización del trabajo.	16
1.3.3. Protecciones colectivas.	16
1.3.4. Protecciones personales.	16
1.4. Análisis y prevención de los riesgos en los medios y en la maquinaria.	17
1.4.1. Medios auxiliares.	17
1.4.2. Maquinaria y herramientas.	17
1.5. Análisis y prevención de los riesgos catastróficos.	18
1.6. Medicina preventiva y primeros auxilios.	18
1.6.1. Medicina preventiva.	18
1.6.2. Primeros auxilios.	18

## BIBLIOGRAFÍA.

Índice	3
1. Bibliografía.	5

# MARCO TEÓRICO.



## Índice.

ÍNDICE	3
1. Introducción.	5
1.1 Problemática.	5
1.2. Justificación.	6
1.3. Objetivo del proyecto.	6
1.4. Alcance del proyecto.	6
1.5. Hipótesis.	7
1.6. Metodología	7





## 1. Introducción.

### 1.1. Problemática.

A causa del incremento en el consumo de energías en el mundo, propiciado por el aumento de la población, la búsqueda de energías alternativas de bajo coste se ha convertido en una obligación para todas las naciones, con el fin de conseguir un desarrollo sostenible que no siga degradando el medio ambiente.

La utilización de estas fuentes de energía alternativas es cada vez mayor y está en una fase inicial, puesto que aun dependemos en gran medida de energías no renovables, que además son agresivas con el medio ambiente. De hecho la mayor parte de la energía se obtiene de los combustibles fósiles, principalmente de petróleo y sus derivados (gasolinas, gasoil, queroseno, fuel-oil, etc.), gas natural y carbón.

Este tipo de combustibles no son ilimitados y la gran demanda actualmente existente hace que la búsqueda de los mismos y su explotación sea cada vez más difícil y costosa. Además, y como ya hemos comentado, debemos tener en cuenta el aspecto medioambiental. De su uso y consumo resultan graves alteraciones, como la lluvia ácida, causante de la desaparición de fauna y deterioro de terrenos; o concentraciones excesivas de partículas en la atmósfera, también conocida coloquialmente como contaminación o smog.

El desarrollo sostenible, anteriormente mencionado, de cada nación, se basa en la posibilidad de disponer de recursos energéticos, puesto que sin éstos, dichas naciones estarán a merced de otras que sí los posean. De esta forma, las naciones "afortunadas" con energéticos de carácter no renovables los podrán explotar y, las que no posean éstos se verán en la necesidad de buscar nuevas alternativas para disponer de fuentes de energías. En este punto las energías renovables naturales juegan un gran papel, puesto que gran cantidad de países que no disponen de energías convencionales, pueden explotar sus homólogas alternativas, y así ser autosuficientes energéticamente hablando.

La energía conseguida de dichos recursos se utilizará posteriormente para generar trabajos y sus correspondientes pérdidas como calor. Realmente, el calor no se desaprovecha puesto que lo podemos utilizar para gran infinidad de aplicaciones, tales como producción de materiales o transformación de los mismos, cocción de los alimentos, climatización de viviendas, etc. Por su parte, el trabajo se utiliza para realizar tareas como movimiento de cargas, deformación o, tal y como veremos en este proyecto, hacer fluir un líquido o gas a través de conductos.

De hecho, podemos considerar el calor y trabajo como dos necesidades básicas en el día a día de la sociedad y el ser humano. Dado de ésta imposibilidad de desarrollo sin ellos, deberemos buscar nuevas tecnologías para desarrollar fuentes energéticas alternativas que sean más permisivas (o menos agresivas) con el ambiente.

A través de este proyecto nos centraremos en la energía obtenida del Sol como fuente alternativa.



## **1.2. Justificación.**

El motivo por el que realizo este proyecto es por el excesivo uso de energías convencionales en los quehaceres de nuestra vida diaria que podríamos sustituir por otras de alternativas. En este punto tenemos la energía solar térmica como una técnica madura y eficiente, de relativo bajo coste que nos puede ayudar a todos, tanto individualmente en el seno de las familias como socialmente, al ahorro de energéticos que producen contaminación en nuestro cada vez más deteriorado planeta.

Otra motivación personal para realizarlo es la intención de implantar el sistema solar térmico que describiremos en la vivienda de unos familiares en España, para ayudarles a ahorrar energía en su vivienda, a la vez que les daremos unas recomendaciones para usar de una forma más correcta las energías convencionales.

Por último y creo que es el motivo más importante para el desarrollo del mismo, está la reciente modificación de la ley española de edificación. Mediante la cual se obliga a toda vivienda nueva o rehabilitada a realizar una instalación de Energía Solar Térmica en la cantidad suficiente para poder satisfacer las necesidades energéticas para dicha vivienda. Como es obvio, dichas instalaciones deberán estar verificadas, validadas y firmadas por ingenieros, siendo este nuevo campo un sector con mucho futuro.

## **1.3. Objetivo del proyecto.**

Para la realización de nuestro proyecto nos obligaremos a realizar los siguientes objetivos:

**Objeto principal del proyecto:** Estudiar y realizar la remodelación de la instalación de calefacción individual, dotándola de un sistema de apoyo de calentamiento de agua por energía solar, en la vivienda en cuestión. Dicha vivienda está situada en España, en el municipio llamado Aranda de Duero situado en la provincia de Burgos (Castilla y León).

**Objeto secundario del proyecto:** Estudiar y determinar las mejores propuestas y medidas de ahorro energético y uso eficiente de la energía para su puesta en práctica en la vivienda en cuestión.

## **1.4. Alcance del proyecto.**

Al realizar el proyecto de energía solar térmica (EST) quiero analizar las propuestas existentes en el mercado para la instalación de dicha tecnología, escogiendo la que mejor se adapte en nuestra vivienda caso de estudio.

Se pretende instalar el mejor sistema para conseguir el máximo ahorro de energía convencional, pero no queremos diseñar un nuevo sistema puesto que existen suficientes variantes que pueden cumplir perfectamente con este objetivo.

Por tanto se desea la búsqueda del mejor sistema basándonos en los cálculos oportunos dependiendo de la climatología, ubicación y características de la vivienda.



### **1.5. Hipótesis.**

El uso de la energía solar térmica por medio de la producción de ACS en una vivienda reduce los efectos ambientales negativos, por medio de la reducción de la utilización de energía convencional

### **1.6. Metodología.**

Para dar una solución a la problemática anteriormente descrita, nos esforzaremos en estudiar los diferentes tipos de instalaciones solares térmicas existentes en la actualidad, despreciando los que sean incompatibles por razones climáticas o legislativas con nuestra propuesta. Para conseguirlo nos centraremos en los siguientes puntos:

- Estudio de los antecedentes existentes y datos técnicos necesarios.
- Estudio de la legislación local, autonómica, estatal y comunitaria vigente.
- Estudio de la situación actual de la tecnología a usar.
- Estudio de las alternativas existentes.
- Formulación de la propuesta elegida según los estudios previos.
- Estudio de costes para la realización de nuestra propuesta.
- Estudio de Seguridad y Salud en la instalación y mantenimiento de la obra.

# MEMORIA.

## ÍNDICE.

Índice.	3
2. Antecedentes.	7
2.1. Energía solar y su historia.	7
2.2. El Sol. Datos técnicos.	8
2.2.1. Composición y Estructura.	9
2.3. Radiación Solar.	9
2.4. Energía Solar Térmica.	10
2.4.1. Definición.	10
2.4.2. EST y desarrollo sostenible.	12
2.4.3. Efecto invernadero y energías renovables.	12
2.5. Desarrollo de EST en España.	13
2.5.1. Inversión inicial, Tecnología y E.auxiliares en la EST.	14
2.5.2. Mercado Solar Térmico en España. Previsiones.	15
2.5.3. Frenos y apoyos al desarrollo de la EST en España.	15
3. Objeto del proyecto.	16
4. Condiciones de partida.	17
4.1. Situación y emplazamiento.	17
4.2. Principios básicos del proyecto de EST.	18
4.3. Variables climatológicas.	18
4.3.1. Cálculo de la radiación solar	20
5. Instalaciones de energía solar.	21
5.1 Tipos de instalaciones. Análisis de alternativas.	21
5.1.1. Subconjunto de captación.	21
5.1.1.1. Sistemas de captación activos.	21
5.1.1.2. Otros tipos de captadores.	24
5.1.1.3. Funcionamiento.	24
5.1.1.4. Tipos de conexiones de los colectores.	27
5.1.1.5. Circulación forzada.	29
5.1.2. Subconjunto de acumulación.	31
5.1.3. Subconjunto de termotransferencia.	32
5.1.3.1. Intercambiador.	33
5.1.3.2. Conducciones.	33
5.1.3.3. Fluido caloportador.	33
5.1.3.4. Otros elementos.	34
5.1.4. Subconjunto de energía principal.	36
5.1.5. Subconjunto de regulación y control.	36
5.1.6. Aislamiento.	37
5.1.7. Otros elementos.	37
5.1.8. Tratamiento antilegionela.	39

5.2. Descripción de la solución adoptada.	41
5.2.1. Subconjunto de captación.	41
5.2.2. Subconjunto de acumulación.	44
5.2.3. Subconjunto de termotransferencia.	46
5.2.3.1. Intercambiador.	46
5.2.3.2. Conducciones.	46
5.2.3.3. Fluido caloportador.	48
5.2.3.4. Otros elementos.	48
5.2.4. Subconjunto de regulación y control.	50
5.2.5. Aislamiento.	51
5.2.6. Estructura soporte.	51
5.2.7. Otros elementos.	53
6. Uso eficiente de la energía.	55
6.1 Introducción.	55
6.2. Acondicionamiento de una vivienda.	55
6.2.1. Sistema de refrigeración.	55
6.2.1.1. Ventiladores.	55
6.2.1.2. Aparatos de aire refrigerado.	58
6.2.1.3. Climatizadores.	59
6.2.2. Sistema de calefacción.	61
6.2.2.1. Caldera a gas.	61
6.2.2.2. Calefacción eléctrica.	62
6.2.2.3. Acumuladores de calor.	63
6.2.2.4. Otros sistemas eléctricos.	63
6.2.2.5. Equipos NO eléctricos.	65
6.2.2.6. Calefacción radial.	65
6.2.3. Conclusión y elección del sistema de climatización.	65
6.2.3.1. Refrigeración.	65
6.2.3.2. Calefacción.	65
6.2.4. Consejos para un uso eficiente de la energía disponible.	66
6.2.4.1. Ahorro de combustible.	66
6.2.4.2. Mantenimiento de los sistemas de calefacción.	66
6.2.4.3. Consejos para ahorrar energía en verano.	67
6.2.4.4. Ausencia de pérdidas de energía.	67
6.3. Otras sugerencias de usos eficientes de energía.	67
6.3.1. Iluminación interior.	67
6.3.2. Lavaplatos.	68
6.3.3. Refrigeradores y Congeladores.	68
6.3.4. Cocina.	68



Sergio Jiménez Delgado

A01212207

Memoria.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

<b>7. Análisis de viabilidad económico-financiera.</b>	<b>69</b>
7.1. Procedimiento.	69
7.2. Cálculos.	70
7.2.1. Sin subvenciones.	70
7.2.2. Con subvenciones.	71
7.2. Conclusiones.	72
<b>8. Análisis medioambiental.</b>	<b>73</b>
8.1. Concienciación.	73
8.2. Reducción de emisiones.	73

## 2. Antecedentes.

### 2.1. Energía solar y su historia.

La energía solar ha sido utilizada desde épocas insospechadas. En este apartado daremos un vistazo a alguna de las aplicaciones y los grandes hallazgos.

**2000aC:** En la antigua Mesopotamia se utilizaban espejos curvados de oro pulido para encender el fuego de los altares.

**212aC:** Arquímedes utilizó espejos cóncavos, con los cuales incendió las naves romanas durante el sitio de Siracusa.

**Siglo XVII:** Kicher encendió una pila de leña a distancia utilizando espejos por un procedimiento similar al utilizado por Arquímedes.

**Siglo XVIII:** George Louis Leclerc fabricó un horno solar compuesto por 360 espejos con un foco común e hizo una demostración en los jardines del Palacio de Versalles, encendiendo una pila de leña de 60 m.

El primer colector solar plano fue fabricado por el suizo Nicholas de Saussure, y estaba compuesto por una cubierta de vidrio y una placa metálica negra encerrada en una caja con su correspondiente aislamiento térmico. Este colector solar se utilizó para cocinar alimentos que se introducían en su interior.

Antoine Lavoisier experimentó con lentes de 130 cm. de diámetro, y fundió el platino, cuyo punto de fusión es de 1760 °C.

**Siglo XIX:** En 1875, el francés Mouchont realizó un colector cónico de 18.6 m<sup>2</sup> de área de abertura, destinado a la producción de vapor y que fue presentado en Paris. Ocho años después, Jhon Ericsson idea el primer colector cilíndrico-parabólico.



Ilustración 1. Versión actual del colector cilíndrico-parabólico de Ericsson de 1883.

**Siglo XX:** A principios de siglo la utilización de la energía solar tuvo especial interés en California (EEUU), llegándose a desarrollar en 1904 un colector de factor 2000. Su creador, el portugués Himilaya, lo destinó a fundir metales. Al estallar la I Guerra Mundial, los combustibles sufrieron una gran devaluación y, este hecho hizo que se dejase de investigar en este campo.





En la siguiente década Suman y Boys (USA) instalaron, en Filadelfia y Egipto, colectores cilíndricos que producían vapor para el accionamiento mecánico de bombas hidráulicas destinadas a irrigación. El de Egipto de hasta 45Kw en periodos de cinco horas.

En la década de los 30, en Japón se hicieron populares los equipos de circulación natural para obtener agua caliente sanitaria (ACS) con capacidades de almacenamiento de 100 a 200 l.

Al finalizar la II Guerra Mundial, y tal y como ocurrió en la I Gran Guerra, los combustibles sufrieron una depreciación y la energía solar, que por aquel entonces estaba despuntando en Israel, volvió a quedar en segundo plano.

Pero no pasaron muchos años hasta que dicha energía volviese a resurgir. En concreto ocho años después del fin de la II Guerra Mundial, en 1953, Farrington Daniels organizó por primera vez un simposio Internacional de esta energía en la universidad de Wisconsin. El resultado de los mismos fue la creación de la revista "Solar Energy", editada por la Sociedad Internacional de la Energía Solar con sede en Australia.

Un año más tarde, los laboratorios Bell Telephone presentaron la fopila de silicio, cuyo diseño fue muy beneficioso gracias al inminente mercado aeroespacial.

En la siguiente década nuevamente hubo una depreciación de los combustibles convencionales, por ende la energía solar tuvo su consiguiente frenazo. A pesar de ello, en Francia se construyó el Horno de Font Romeu.

El resurgimiento de la energía solar después de este nuevo frenazo, llegó en 1973 gracias al aumento en el precio del petróleo que la OPEP produjo tras una nueva guerra en oriente medio. De esta forma la viabilidad de la Energía solar, por fin, llegó.

## **2.2 El Sol. Datos técnicos.**

El Sol es la estrella que reina en el Sistema Solar, a una distancia de 149 millones de kilómetros de nuestro planeta. Gracias a su radiación de energía electromagnética nos aporta la energía (directa e indirecta) que mantiene la vida en nuestro planeta.

El Sol gira una vez cada 27 días cerca del ecuador, pero una vez cada 31 días más cerca de los polos. Durante sus primeros 50 millones de años, el Sol se contrajo hasta llegar a su tamaño actual. La energía liberada por el gas calentaba el interior y, cuando el centro estuvo suficientemente caliente, la contracción cesó y la combustión nuclear del hidrógeno en helio comenzó en el centro. El Sol ha estado en esta etapa de su vida durante unos 4.500 millones de años y posee hidrógeno suficiente para durar otros 4.500 millones. Cuando se gaste este combustible, el Sol cambiará: según se vayan expandiendo las capas exteriores hasta el tamaño actual de la órbita de la Tierra, el Sol se convertirá en una gigante roja, algo más fría que hoy pero 10.000 veces más brillante a causa de su enorme tamaño. Sin embargo, la Tierra no desaparecerá porque se moverá en espiral hacia afuera, a consecuencia de la pérdida de masa del Sol; que seguirá siendo una gigante roja, con reacciones nucleares de combustión de helio en el centro, durante 500 millones de años. Después de la etapa de gigante roja, se encogerá hasta ser una enana blanca, aproximadamente del tamaño de la Tierra, y se enfriará poco a poco durante varios millones de años.

### 2.2.1 Composición y Estructura:

La energía procedente del Sol, generada en el núcleo y en forma de radiación, es casi siempre constante, con variaciones de algo menos de décimas de 1% en diversos días. La composición de la estrella se basa en dos elementos: hidrógeno con un 71% y el 27% de helio. La temperatura media en el núcleo alcanza 16 millones de grados Kelvin y su densidad es muy superior a la del agua (unas 150 veces más). Estas condiciones hacen que los núcleos de los átomos de  $H_2$  actúen entre sí, generando la llamada fusión nuclear de cuatro núcleos de hidrógeno para formar uno de helio. Como resultado de la fusión se libera gran cantidad de radiación gamma cada segundo, equivalente a la energía producida por 100.000 millones de bombas de hidrógeno de 1 megatón. Esta radiación en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) posee una longitud de onda comprendida entre  $0.3 \mu m$  y  $3 \mu m$ , aunque solamente podemos apreciar las que van desde  $0.4$  a  $0.7 \mu m$ , ya que están comprendidas en lo que conocemos como luz visible. La estructura del Sol de dentro a fuera sería la siguiente:

**Núcleo:** la porción central que se encuentra en estado líquido. En esta parte es donde se produce la fusión antes mencionada.

**Fotosfera:** una envoltura de gases incandescentes. Podemos observar en esta parte porciones más brillantes (*fáculas*) y partes más oscuras llamadas (*manchas*).

**Cromosfera:** una capa de vapores incandescentes que envuelve la fotosfera.

**Corona:** gigantesco halo de gases que envuelve al Sol, sólo apreciable en eclipses.

**Lenguas solares:** son enormes prominencias luminosas, formadas por gases de hidrógeno y helio, que parten de la fotosfera como enormes lenguas de fuego hasta alcanzar más allá de la cromosfera.

### 2.3 Radiación Solar.

La energía radiante del Sol es expulsada del cuerpo del mismo a una velocidad cada vez menor cuanto más se aleja de la estrella. El valor aproximado de la intensidad que nos llega a nuestro planeta se conoce como *constante solar*, equivaliendo a  $1367 \text{ W/m}^2$ . Está constante en verdad tiene ligeras variaciones producida por la órbita de la Tierra, que es elíptica en vez de circular.

La atmósfera de nuestro planeta evita que la totalidad de estas radiaciones pasen, gracias a la reflexión en las nubes y la absorción parcial por las moléculas del aire. De esta forma es muy extraño que la intensidad que recibimos en la superficie supere los  $1000 \text{ W/m}^2$ .

No toda la radiación recibida en la Tierra proviene de forma directa, en una imaginaria línea recta, del Sol; sino que al llegar a la atmósfera, los fotones pueden cambiar de dirección llegando también a la superficie terrestre. Este tipo de radiación es conocida como *radiación difusa* y supone un tercio de la radiación total que recibimos al año.

La *irradiación* ( $E$ ) es la cantidad de energía radiante (directa o difusa) que llega a una superficie dada en un tiempo determinado. La *intensidad radiante* ( $I$ ) es la energía incidente por unidad de tiempo y superficie. Entre ambas existe una relación:  $I = E / S \cdot t$

La *intensidad directa inclinada* ( $I'_D$ ) a un ángulo  $\alpha$ , podremos hallarla a partir de la *intensidad directa horizontal* ( $I_D$ ):  $I'_D = I_D \cdot \cos \alpha$

La *intensidad difusa inclinada* ( $I'_F$ ) a un ángulo  $\alpha$ , podremos hallarla a partir de la *intensidad difusa horizontal* ( $I_D$ ):  $I'_F = I_D \cdot (1 + \cos \alpha) / 2$ .

El objetivo que deseamos es poder aprovechar al máximo los efectos de la radiación, modificando los dispositivos de captación para obtener la energía en la forma que se precise para cada instalación. Para obtenerlo tenemos dos posibilidades, la conversión de la radiación solar en energía fotovoltaica o la conversión en energía térmica. La *fotovoltaica* es aquella energía solar aprovechada a través de celdas fotoeléctricas, capaces de convertir la luz en electricidad, sin pasar por un efecto térmico. La *térmica* es aquella energía solar aprovechada para calentar agua con cualquier fin, como por ejemplo, calentar agua para fines domésticos.

El hecho de que este tipo de aprovechamiento de la energía solar es una posibilidad atractiva y cada vez más asequible, hace que sea uno de los motivos por el cual se desarrollará el proyecto.

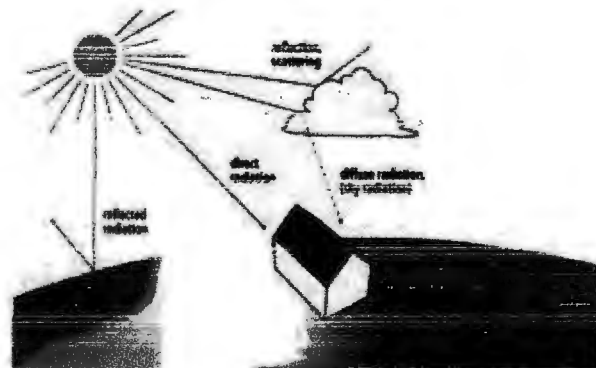


Ilustración 2. Irradiación solar global y sus componentes.

## 2.4 Energía Solar Térmica.

### 2.4.1 Definición.

La *Energía Solar Térmica (EST)* es una tecnología simple y eficaz que aprovecha la energía proveniente de la luz del Sol que incide en nuestro planeta. Esta cantidad actualmente es 10.000 veces mayor a la que se consume en todo el planeta. Su funcionamiento básico se basa en concentrar la energía del Sol y transformarla en calor que posteriormente se podrá aprovechar en diversas aplicaciones, tanto en viviendas como en industrias.

En España el aprovechamiento de esta energía se podría conseguir sin muchos esfuerzos, ya que por su situación y climatología, estamos en mejor disposición que otros países europeos. Este aspecto lo podemos comprobar en el siguiente gráfico donde vemos las horas de Radiación solar al año. En concreto la media anual en el Reino se sitúa en 1.600 kWh/m<sup>2</sup> al año.

Por su parte México también es un buen lugar para aprovechar la energía proveniente del Sol, puesto que las condiciones del país son mejores que las de España, pudiendo ser muy beneficioso el uso de estos métodos.

Esta energía la podemos transformar en energía utilizable a través de los llamados Colectores Solares, que son los encargados de concentrar e intensificar el efecto térmico producido por la radiación solar.

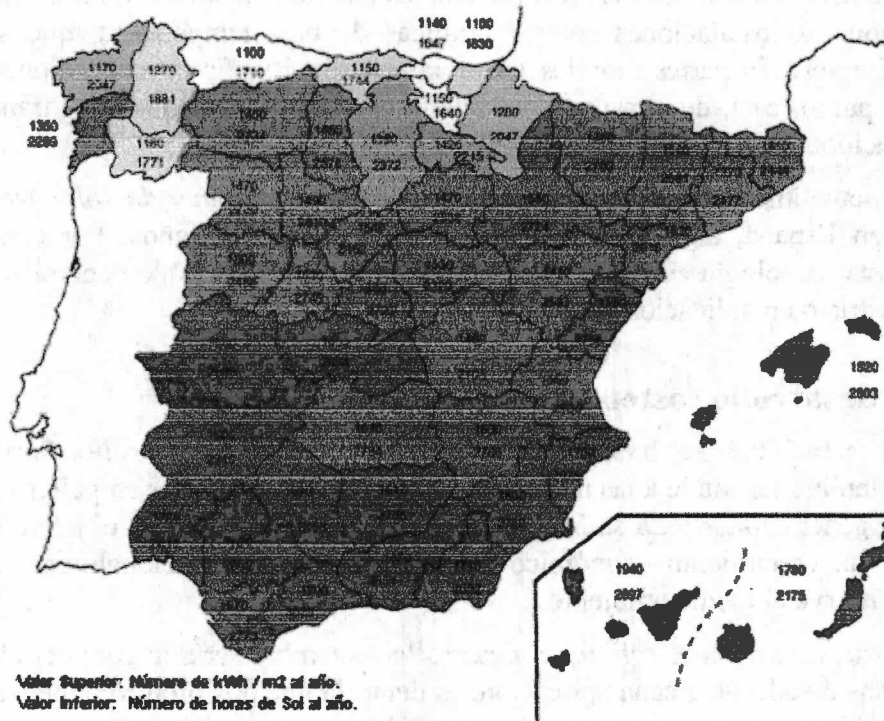


Ilustración 3. Mapa de la intensidad de la radiación solar en la península ibérica.

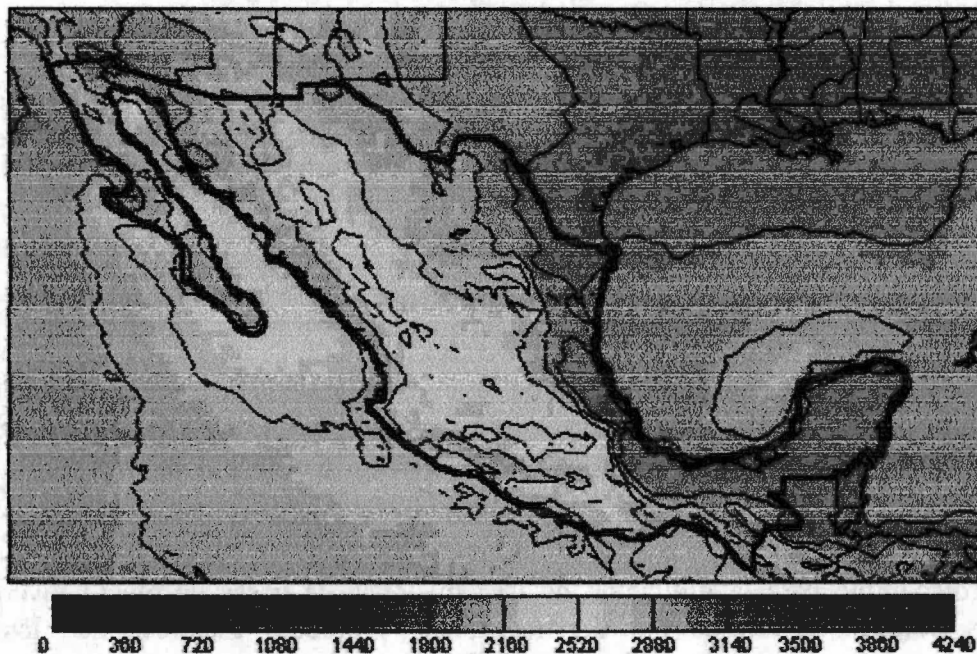


Ilustración 4. Mapa de la intensidad de la radiación en la república de México.



Los colectores se utilizan para calentar un fluido (normalmente agua) a una temperatura deseada según la instalación. Cuanto mayor es la temperatura que deseamos, más complejo será, tanto el diseño del colector como el de la instalación.

Una de las instalaciones más recomendables para aplicaciones como las que nos atañe a nosotros, son las instalaciones solares térmicas de baja temperatura, que son sistemas silenciosos, limpios, sin partes móviles y una larga vida útil. Estas instalaciones generan la energía en el punto, casi, de consumo, reduciendo gastos en distribución y transporte. (este tipo de instalaciones serán analizadas más adelante).

En la actualidad existen más de 3.000 instalaciones de *energía solar térmica a baja temperatura* en España, algunas con antigüedades de hasta 20 años. Por consiguiente, la madurez de esta tecnología está latente y, actualmente, es aconsejable generalizar su uso, ya sea en la industria o en aplicaciones domésticas o de servicios.

#### **2.4.2 EST y desarrollo sostenible.**

En la actualidad se habla mucho del denominado *Desarrollo Sostenible*: “Un desarrollo sostenible responde a las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Su objetivo es crear una sociedad con un crecimiento económico equilibrado, que use racionalmente los recursos naturales y conserve el medio ambiente.”

En lo que a energía se refiere, el desarrollo sostenible sería la correcta elección de la energía que más de adecúe a cada aplicación, es decir, la que nos produzca menos impacto en el medio ambiente y cuyo coste sea asumible o asquible. Para conseguirlo, la descentralización es un punto importante, puesto que la energía se genera en el punto de consumo, pudiéndonos ahorrar los costes de transporte.

Por nuestra parte, en lo que nos afecta a este proyecto, las instalaciones solares térmicas no son contaminantes, puesto que no vierten ningún tipo de residuo a la atmósfera, su energía se produce en el punto de consumo, la dificultad y coste de instalación son reducidos y dependen de una tecnología madura. Por estas razones, podemos contemplar a la energía solar térmica como una apuesta para obtener la sostenibilidad.

#### **2.4.3 Efecto invernadero y energías renovables.**

De inicio definamos que es el *Efecto Invernadero*: “fenómeno por el que determinados gases componentes de una atmósfera planetaria retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar” Según un consenso científico mundial, el efecto invernadero se está viendo acentuado en la nuestro planeta por la emisión de ciertos gases, como el CO<sub>2</sub> y el metano, debido a la actividad humana.

En 1997 se firmó *El Protocolo de Kioto*. Éste es el instrumento legislativo más importante disponible para la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Cinco años después lo ratificó por España. Dicho protocolo establece que los países industrializados se comprometen a reducir sus emisiones de estos gases, aproximadamente un 5% en 2010 con respecto a 1990. A su vez, la Unión Europea (UE) amplió esas reducciones



hasta el 8%, incluyendo también el cubrimiento del 12% de la demanda energética europea con energías renovables para dicho año.

El acuerdo entró vigor el pasado 16 de febrero de 2005, sólo después de que 55 naciones que suman el 55% de las emisiones de gases de efecto invernadero lo ratificaron. En la actualidad 166 países lo han ratificado.

En España, desde 2001 existe la Oficina Española de Cambio Climático, encargada de coordinar todos los esfuerzos y a todas las entidades implicadas para reducir la emisión de gases de efecto invernadero. El Plan de Fomento de Energías Renovables 2000-2010 pretende doblar el porcentaje de abastecimiento basado en energías renovables, pasando del 6 al 12%.

Para conseguir poner en práctica todas estas medidas políticas, existen diversos programas de subvenciones y financiación, destinados a promover proyectos de energías renovables a nivel europeo, nacional, regional y municipal. En todos ellos se considera a la Energía Solar Térmica (EST) como una de las vías para conseguirlo.

Estos son los apoyos económicos disponibles:

Apoyos de las Comunidades Autónomas:

Una ayuda máxima del 37% sobre el precio de referencia.

Apoyos estatales (Línea de financiación IDAE):

Financiación de hasta el 100% con un interés de un Euribor+0.3% (actual 4.37 + 0.3%), con un plazo máximo de reembolso de 10 años y uno de carencia.

## **2.5 Desarrollo de EST en España.**

El interés por las aplicaciones que se pueden conseguir a través de la EST se incrementó de forma espectacular como consecuencia de la crisis energética de 1973, en la cual se incrementó fuertemente el precio del petróleo. A finales de la década se empezaron a instalar en España centenares de millares de m<sup>2</sup>, pero la bajada de los precios del crudo hizo que estas instalaciones fueran decayendo poco a poco.

En el siguiente decenio, en los 90, se produjo una nueva subida en el precio del petróleo, y como consecuencia, un resurgimiento de la EST, que para aquel entonces esta tecnología ya era madura y de gran fiabilidad y calidad. Además en esa época, los gobiernos socialistas apostaron por las energías renovables, con innumerables ventajas.

Durante el primer año del nuevo siglo, en España se instalaron 40.000m<sup>2</sup> de paneles solares térmicos. Las comunidades con mayor instalación aquel año fueron Andalucía (al sur de España) y las Islas Canarias, gracias a su ubicación geográfica. Un año después, se instalaron en España más de 50.000 m<sup>2</sup> de colectores solares térmicos, es decir un incremento del 27% sobre las cifras del año anterior. En 2004, la instalación real en el Reino alcanzó los 700.000m<sup>2</sup>. (ver tabla 1).

Anualmente estas cifras quedan desbancadas por nuevas que hacen que el parque solar en España sea cada vez mayor. A pesar de este incremento, las cifras de superficie instalada todavía son insuficientes para alcanzar los objetivos del *Plan de Fomento de Energías*

**Renovables.** Este plan requiere 4.500.000m<sup>2</sup> instalados en 2010, con el 55% a finales del 2008. En sus tres primeros años, 1999, 2000 y 2001, se instalaron cerca de un 8% del total necesario para el 2006 (1.5 millones de m<sup>2</sup>).

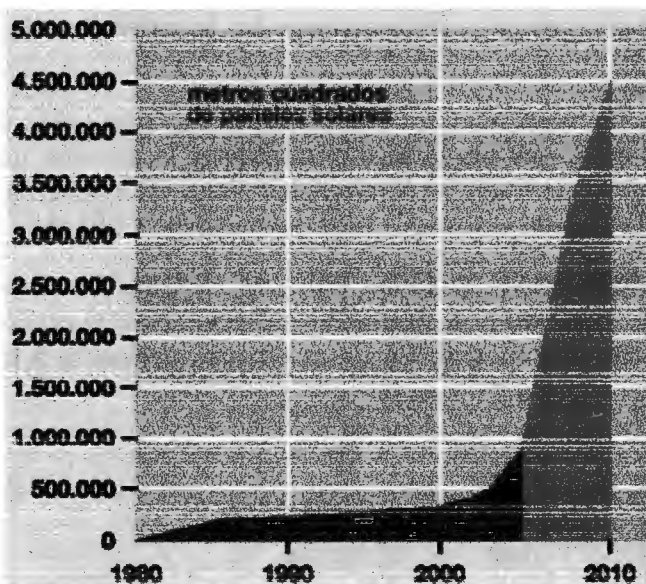


Ilustración 5. Evolución y perspectivas de desarrollo de la EST en España

Comunidad Autónoma	2006	Prev. 2010
Andalucía	292.895	1.123.637
Aragón	8.635	92.578
Asturias	17.340	50.832
Baleares	86.244	436.836
Canarias	110.448	478.685
Cantabria	2.486	22.357
Castilla y León	56.648	291.873
Castilla-La Mancha	11.999	302.511
Cataluña	133.700	571.881
Extremadura	3.820	171.491
Galicia	14.406	61.811
Madrid	56.258	436.327
Marica	25.405	163.224
Navarra	17.857	89.878
La Rioja	248	21.060
Comunidad Valenciana	80.255	447.459
País Vasco	12.094	130.421
<b>Total</b>	<b>930.238 m<sup>2</sup></b>	<b>4.900.433 m<sup>2</sup></b>

Tabla 1. Energía solar térmica en España (Datos en m<sup>2</sup>)  
Fuente: IDAE

### 2.5.1 Inversión inicial, Tecnología y Energías auxiliares en la EST.

**Inversión inicial:** Cuando nos decidimos a instalar EST nos puede parecer que estamos pagando mucho dinero por algo que con otras tecnologías nos saldría más barato. La inversión inicial es importante, pero hemos de tener en cuenta que estamos pagando en una sola vez la energía que utilizaremos en los próximos 20 años o más, puesto que el coste de mantenimiento y operación es muy reducido. Además, existen numerosos programas de ayudas, desgravaciones fiscales y fórmulas de financiación que en conjunto garantizan un impacto económico mínimo. Otro aspecto importante es que una vez amortizada la instalación, empezaremos a recoger beneficios, ya que la energía del sol es gratuita.

**Tecnología:** Tras más de 3 décadas de aplicaciones exitosas de EST, podemos considerarla como una tecnología madura, con gran versatilidad que la hace adaptable a multitud de utilidades. A pesar de este aspecto, hemos de tener en cuenta que la utilización de una energía auxiliar es aconsejable. Este sistema auxiliar entrará en funcionamiento cuando la radiación solar sea insuficiente o cuando se produzca un pico de consumo.

**Energías Auxiliares:** Ante el desconocimiento de la tendencia en los precios de otros combustibles que podamos utilizar en nuestras actividades, actualmente podemos decir que la EST nos ahorra algún dinero en la factura energética, pero que es conveniente utilizar sistemas auxiliares para paliar futuros acontecimientos. Además de este aspecto, la utilización de un sistema auxiliar nos permite alargar la vida útil de la instalación y reduce los costos de mantenimiento.

## 2.5.2 Mercado Solar Térmico en España. Previsiones.

En España poseemos el mayor potencial solar de toda Europa, pero a pesar de eso, disponemos únicamente un *ratio de superficie de captación de EST* de  $8.7\text{m}^2/1000\text{hab.}$ , muy por debajo de los  $19.9\text{m}^2/1000\text{ hab.}$  del resto de Europa.

Para poder alcanzar las recomendaciones del *Plan de Fomento de Energías Renovables*, se debería llegar a un ratio de  $115\text{ m}^2/1.000\text{ hab.}$ , que sólo se podría alcanzar con un gran esfuerzo de todas las partes implicadas, ya que debería haber una tasa de crecimiento anual superior a la prevista en toda la UE.

Las previsiones en el sector industrial también demuestran tendencias de crecimiento, puesto que los sistemas solares industriales de baja y media temperatura pueden llegar a cubrir una parte considerable de la demanda industrial de calor. En los países del sur de Europa, como es España, se podría aportar por esta tecnología hasta un tercio de la demanda total de energía

Por tanto, la EST en las industrias puede implantarse como una contribución importante en el suministro energético, siendo fiable, limpia, segura y rentable.

## 2.5.3 Frenos y apoyos al desarrollo de la EST en España.

Las aplicaciones de la EST española tienen que superar una serie de barreras o condicionantes, que han propiciado que hasta hace muy poco tiempo no se pudiera alcanzar un desarrollo satisfactorio para esta tecnología, puesto que nuestro país es propicio para poderla implantar. Estos son los principales condicionantes:

- El aspecto que más influye es el económico, principalmente por la fuerte inversión inicial. Como antes hemos mencionado, al instalar un sistema solar estamos adelantando el pago de la energía que consumiremos en el futuro. La recuperación de la inversión, en algunos casos, puede llegar a requerir períodos de tiempo largos, dependiendo de las circunstancias de cada proyecto.

- Se debería mejorar la información que posee la sociedad en general sobre los beneficios que se obtienen al utilizar este tipo de tecnologías.

- Hasta hace poco no se había estimulado el mercado solar térmico, puesto que no habían leyes que obligaran su utilización e instalación en las nuevas edificaciones. Actualmente, en España, es obligatorio su instalación, utilización y mantenimiento en cualquier edificación de nueva construcción o rehabilitada.

- Otro de los frenos que posee la instalación de esta tecnología es la contaminación visual, puesto que los usuarios pueden rechazar su instalación de no cuidarse este aspecto.



### 3. Objeto del proyecto.

En los últimos tiempos, los recursos energéticos convencionales han sufrido grandes subidas en sus precios, que a su vez se trasladan a los usuarios finales. Este hecho ocasiona que las facturas energéticas de las familias sean cada vez mayores y por tanto se empieza a ver con buenos ojos la posibilidad de instalar tecnologías que les puedan ayudar a reducir estas facturas. Por este motivo y, también, por la realización de distintas campañas de sensibilización llevadas a cabo en los últimos tiempos por el Gobierno Español y otros organismos no gubernamentales, sin olvidar la reciente remodelación de la legislación vigente y las ayudas económicas que ofrecen las distintas Administraciones competentes, para facilitar un cambio a las energías renovables, hacen que tras la última remodelación de la vivienda que será causa de estudio, la familia se vea en la necesidad de buscar alguna solución relacionada con este aspecto.

Finalmente nos decidimos por la EST mediante la instalación de paneles solares como apoyo al sistema de calentamiento del agua caliente sanitaria en la vivienda (realizado actualmente por un sistema convencional) y un estudio de la vivienda para el posible desarrollo de una serie de recomendaciones para la obtención de un ahorro energético y uso eficiente de la energía.

**Objeto principal del proyecto:** Estudiar y realizar la remodelación de la instalación de calefacción individual, dotándola de un sistema de apoyo de calentamiento de agua por energía solar, en la vivienda en cuestión. Dicha vivienda está situada en España, en el municipio llamado Aranda de Duero situado en la provincia de Burgos (Castilla y León).

**Objeto secundario del proyecto:** Estudiar y determinar las mejores propuestas y medidas de ahorro energético y uso eficiente de la energía para su puesta en práctica en la vivienda en cuestión.

Estos objetivos me obligarán a diseñar un sistema que cumpla con todas y cada una de las normas reguladoras y normativas vigentes, puesto que la finalidad del mismo es obtener una instalación de alta eficiencia energética.

Asimismo, para realizar el estimado del sistema solar térmico para calentamiento del agua deberemos hallar y calcular los siguientes parámetros:

- Datos meteorológicos (temperaturas exteriores y radiación solar).
- Consumo y necesidades de agua caliente sanitaria.
- Instalación actual (fuente energética utilizada, calderas de calefacción, etc.).
- Propuesta de Instalación solar, incluyendo colectores solares, circuito primario solar, intercambiadores, circuito secundario, y sistemas de acumulación.
- Ubicación de los elementos de la instalación solar.
- Balance energético (demanda energética total, mensual y anual, así como el cálculo de los aportes de origen solar que se puedan lograr).
- Balance económico (coste de la instalación solar, subvenciones estimadas como inversiones finales, ahorro anual, y plazos de amortización).

## 4. Condiciones de partida.

### 4.1 Situación y emplazamiento.

La vivienda está situada en la provincia de Burgos, a una altitud de 720 m, en una pequeña ciudad de casi 50.000 habitantes.

La unidad familiar está compuesta por cuatro miembros que habitan en la vivienda los 12 meses del año, este hecho nos obliga a que nuestra instalación de EST deba estar diseñada para una cobertura anual, sin restricciones de uso; calculada para dar apoyo energético proporcional a las necesidades de consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS) de la vivienda, cubriendo la posible demanda de uno o dos días de la misma.

La vivienda posee una antigüedad inferior a los cinco años, este hecho no haría en la edificación como receptora de este tipo de proyectos, pero tras realizar una remodelación este mismo año (2007) en la parte superior de la misma, y por imposición de la normativa vigente, hace que deba instalar un sistema de EST.

El frente de la parcela y por tanto el de la vivienda está orientado al Sur-Sureste. La parcela se encuentra ubicada en una de las esquinas de una serie de parcelas, todas orientadas en la misma orientación. Al ser la última vivienda, posee además una fachada lateral descubierta orientada hacia el Este-Noreste.

En el tejado de la misma existen diversas antenas parabólicas y de televisión, así como unas chimeneas, que deberemos tener en cuenta puesto que dependiendo del momento del día, éstas pueden producir sombras que afecten a la eficiencia de nuestra instalación.

DATOS CLIMÁTICOS OBTENIDOS EN EL OBSERVATORIO DEL INSTITUTO VELA ZANETTI ARANDA DE DUERO							
2007	TEMPERATURA MEDIA	MEDIA MÁXIMAS	MEDIA MÍNIMAS	MÁXIMA ABSOLUTA	MÍNIMA ABSOLUTA	DIAS CON HELADA	PRECIPITACIÓN
MESES							
ENERO	4	8,6	-0,6	16	-6	19	39,2
FEBRERO	4,5	9,4	-0,4	16	-5,5	14	24,9
MARZO	7,7	13,6	1,7	20	-2,5	12	23,8
ABRIL	10	15,8	4,1	24	-1	5	52,6
MAYO	15,6	21,6	9,6	31	4	-	34,5
JUNIO	18,9	26,6	11,2	34	6	-	58,6
JULIO	22,6	31,2	14	37	9,5	-	16,1
AGOSTO	21,9	30	13,8	36	10	-	9,9
SEPTIEMBRE	17,8	24	11,5	32	7	-	80,1
OCTUBRE	13,1	17,8	8,5	25	1,5	-	93,8
NOVIEMBRE	5,4	9,5	1,3	20	-3	13	30,5
DICIEMBRE	4	7,8	0,2	13	-5,5	19	26,4
Días de lluvia al año.....			99	TOTAL ANUAL.....			490,8

Tabla de la climatología de Aranda de Duero (Burgos) durante el año 2007.

El clima es continental templado aunque bastante similar al mediterráneo, con veranos calurosos, donde pueden alcanzarse fácilmente los 38°C, y con inviernos donde las temperaturas pueden llegar hasta los -10°C. La temperatura media anual es de 12°C. Las heladas son habituales en los últimos meses del otoño y hasta los primeros de la primavera. En la tabla de la izquierda podemos ver algunos de los datos climáticos de la ciudad en el pasado año 2007

Tabla 2. Tabla climática de la población caso de estudio.

Durante la primavera y otoño los días son bastante inestables pudiendo haber heladas o días calurosos, las tardías heladas pueden convertirse en un problema para instalaciones donde no se tenga en cuenta este factor. Las lluvias hacen su aparición sobre todo a finales del verano aunque durante todo el año pueden encontrarse, ya que al año la media es de 99 días de lluvia. La precipitación media anual es de 491 mm.

#### **4.2 Principios básicos del proyecto de EST.**

Al diseñar nuestro sistema de EST nos encontramos en el mercado con una gran variedad de variantes; pero, actualmente, la gran mayoría, por no decir totalidad, están formados por un colector de placa plana junto a un acumulador (formando un conjunto o independientes).

La mayoría de sistemas de Energía Solar Térmica utilizados para sistemas de calefacción y/o para Agua Caliente Sanitaria en viviendas, suelen llevar un sistema auxiliar de energía, de forma que se pueda mantener el consumo de energía a pesar de que las condiciones ambientales no sean las adecuadas. En caso de no poseer este añadido, la instalación debería calcularse para satisfacer demandas de “pico” ocasional, resultando sobredimensionada para el resto de ocasiones. Por tanto, deberemos tener en cuenta factores como la variación de la radiación solar, de la demanda de energía, la capacidad del sistema de energía alterna y la capacidad de almacenamiento, para obtener un sistema económico y de las necesidades que en verdad tengamos. Debemos tener en cuenta que nuestro objetivo es el máximo ahorro de energía convencional o auxiliar, que podríamos traducir en dinero.

De inicio deberemos calcular cuántos colectores necesitaremos en nuestra instalación para poder captar la energía necesaria, y elegir la inclinación idónea para aprovechar la máxima cantidad de energía solar disponible en cada mes. También será necesario regular la captación de dicha energía para que realmente se convierta en energía útil, medir y comparar las temperaturas en los colectores y en el almacenamiento, así como disponer de los mecanismos automáticos necesarios para que en el circuito primario se establezca o no la circulación del fluido, en función de si se produce o no un incremento de la energía útil acumulada.

Como es lógico, y por razones económicas, la primera energía que deberemos utilizar siempre será la solar. Para conseguirlo el sistema de almacenamiento deberá funcionar de forma que siempre se favorezca el uso de la solar en contra de la auxiliar. Por motivos de seguridad, y según la legislación vigente, deberemos evitar introducir la energía solar y la auxiliar a la vez y en el mismo espacio (depósito).

#### **4.3. Variables climatológicas.**

Existen diversas variables que deberemos tener en cuenta a la hora de elegir un sistema u otro para nuestra instalación. En concreto, deberemos fijarnos especialmente en las siguientes: Temperatura del aire, Vientos locales, Insolación y Humedad. A continuación pasaremos a explicar cada variable.

**Temperatura del aire:** El aire no absorbe radiaciones solares de poca longitud de onda, pero sí las que son emitidas por la Tierra (tras reflejarlas). En este hecho, se ha comprobado que la atmósfera absorbe siete veces más energía de la superficie terrestre que las radiaciones solares directas. Este factor es importante porque es el principio del efecto invernadero. En días nublados la emisión es más débil, y como dato podemos decir que una ventana orientada hacia el Norte recibe una radiación diez veces mayor que en un día despejado, debido a la radiación difusa.

En nuestro caso hemos de contemplar que la incidencia térmica es máxima en días y noches despejadas, cerca del suelo. Basándonos en éstos datos podríamos situar los paneles en el suelo de la edificación, pero lo despreciaremos puesto que la misma crearía sombras. En nuestro caso creemos que es mejor colocar los paneles en el tejado de la vivienda con orientación Sur, coincidiendo con la inclinación del mismo.

**Vientos locales:** Debemos tener en cuenta la cantidad de días con viento y la intensidad de los mismos puesto que de ellos dependerá la necesidad de reforzar o proteger las estructuras de nuestros paneles solares.

En la provincia de Burgos podemos ver que los vientos son predominantes de la dirección Oeste. La vivienda tiene la fachada principal orientada hacia el Sur-Sureste (donde colocaremos nuestros paneles). Hacia el Oeste-Suroeste, existen otras edificaciones que protegerán nuestros paneles de los vientos.

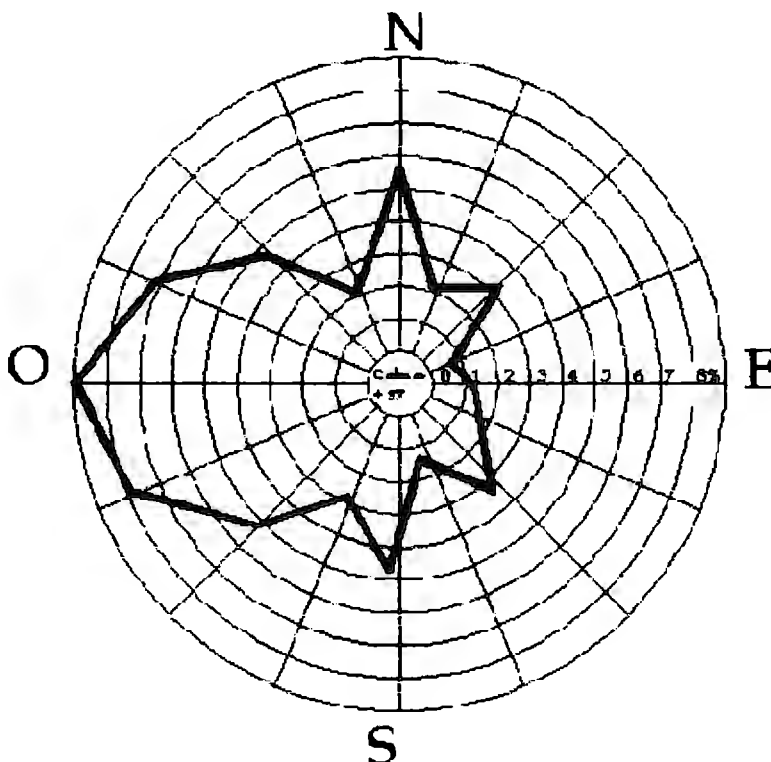


Fig. 1. Vientos dominantes en Aranda de Duero (Burgos).

**Humedad:** La humedad del aire se designa anualmente por su humedad relativa siendo esta la relación entre la presión parcial, el vapor de agua en el aire y la presión de vapor saturante a la temperatura de la atmósfera. La humedad relativa interviene en el hábitat afectando el comportamiento de muchos materiales de la construcción.

#### 4.3.1 Cálculo de la radiación solar.

En el cálculo de instalaciones de colectores solares intervienen los siguientes parámetros:

- **Latitud ( $\Phi$ ):** Ángulo formado por la vertical del lugar con el plano del ecuador.
- **Declinación solar ( $\delta$ ):** Posición angular entre el Sol al mediodía solar y el ecuador.
- **Inclinación (S):** Ángulo formado por el plano del captador y la horizontal del lugar.
- **Azimut ( $\gamma$ ):** Ángulo formado por la perpendicular del colector con el Sur.
- **Incidencia ( $\sigma$ ):** Ángulo formado por la radiación directa y la perpendicular del captador.
- **Hora solar verdadera:** Debemos calcular la hora solar real de la siguiente forma:

$$\text{TSV} = \text{Hora local} - \text{diferencia con la hora solar} \pm \text{Longitud del lugar} \pm \text{Ecuación de tiempo}$$

- **Ángulo horario ( $\omega$ ):** Ángulo correspondiente con el TSV.

El sistema de cálculo es sencillo. Primero averiguamos las horas y minutos de diferencia entre el tiempo local y la hora solar a las 12pm. Cada grupo de horas y/o minutos se multiplica por 15°/h. La operación sería la siguiente:

$$\text{TSV} = X \text{ h. } Y \text{ min.}$$

$$12 \text{ h.} - (X \text{ h. } Y \text{ min.}) = A \text{ h. } B \text{ min.}$$

$$\omega = (A \text{ h.} \cdot 15^\circ/\text{h.}) + [(B \text{ min.} \cdot 15^\circ/\text{h.}) / 60 \text{ min. } / \text{h.}]$$



## 5. Instalaciones de energía solar.

### 5.1. Tipos de instalaciones. Análisis de alternativas.

#### 5.1.1. Subconjunto de captación.

Según el sistema de captación podemos clasificar las instalaciones de la siguiente forma:

- Sistemas de captación activos.

Sistemas con captadores activos de alta temperatura.

Sistemas con captadores activos de media temperatura.

Sistemas con captadores activos de baja temperatura.

- Otros tipos de captadores:

Sistemas con colectores para piscinas.

Sistemas con colectores de vacío.

#### 5.1.1.1. Sistemas de captación activos.

Son aquellas instalaciones en las que la radiación solar es captada por un colector y, que, dependiendo de éste podremos realizar una conversión térmica a *baja*, *media* o *alta temperatura*, aprovechando el calor contenido en la radiación solar,

El colector es una superficie que recibe la radiación solar, absorbiendo su calor y transmitiéndolo a un fluido. Existen diversos tipos de colectores, y dependiendo de la temperatura que puedan alcanzar, podremos realizar una conversión térmica como las siguientes:

- **Alta temperatura:** Se pueden alcanzar grandes temperaturas, superiores a 300°C. La captación de radiación solar es muy concentrada.

- **Media temperatura:** En este tipo la temperatura máxima que soporta el colector ronda los 100°C, y ésta será la máxima temperatura que podremos tener en el fluido. Hablamos de un sistema de captación de baja concentración

- **Baja temperatura:** Por último tenemos los sistemas en los que el fluido no alcanza la temperatura de ebullición (del agua).

#### Sistemas de media y alta temperatura.

Las instalaciones con este tipo son aquellas que usan los colectores especiales (o de concentración). Su función es aumentar la radiación recibida por m<sup>2</sup>. Normalmente esto se consigue dándoles una orientación a los mismos.

En este caso la radiación solar se capta a través de espejos curvos (heliostatos), que reflejan la luz del Sol en un solo punto. Para hacer la instalación más efectiva, los espejos son

giratorios y siguen el movimiento del Sol (al estilo de los girasoles), consiguiendo que la concentración en el foco sea lo mayor posible. Para conseguir esta rotación se utilizan sistemas informáticos que utilizan parámetros como la latitud, época del año y día. El foco de concentración recibe y a su vez transmite el calor al fluido de trabajo (agua, aceite, aire, sales, etc.) mediante el que se transmitirá al resto de la central.

Este tipo de centrales normalmente se utilizan para la generación de energía eléctrica de la siguiente forma: el calor es transmitido a un depósito de agua, que debido a las altas temperaturas se evapora, como resultado el vapor acciona unas turbinas que generan energía eléctrica.

**Sistemas de baja temperatura.**

En este tipo de instalaciones (la que usaremos en nuestro proyecto) se usan colectores planos, sin poder de concentración, que constan de los siguientes elementos:

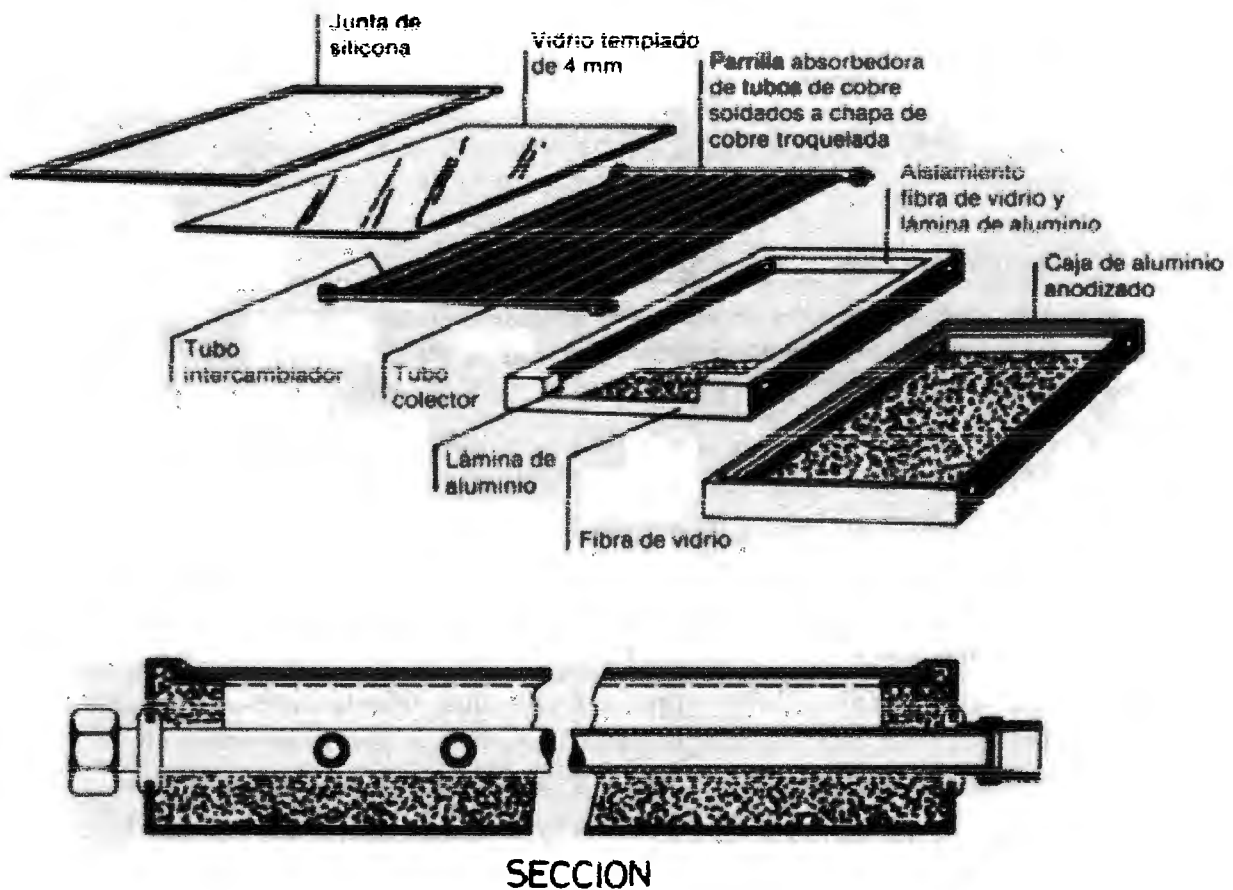
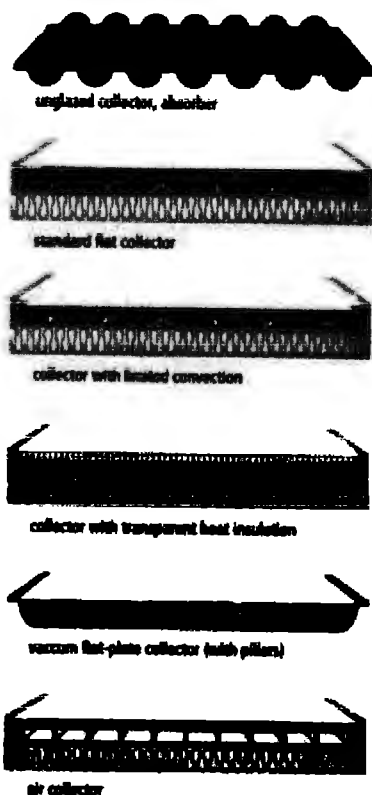


Fig. 2. Partes de un colector.



Diferentes tipos de Colectores

Fig. 3. Tipos de colectores.

• **Cubierta exterior:** La misión de esta parte es evitar en lo máximo posible las pérdidas, crear un efecto invernadero y proteger el interior del colector de agentes externos. El material de fabricación varía de plásticos (menos frágiles pero con mayor envejecimiento por acción de los rayos solares) a superficies de vidrio templado (con un bajo contenido en hierro) y de un espesor de al menos 4 mm.

Las cubiertas pueden tener varias capas de cristal, para evitar pérdidas de calor, aunque encarecen demasiado el precio del colector.

• **Placa absorbente:** Es la parte más importante de todo colector solar. Se forma a por tubos o conductos (por los que circulará el fluido portador del calor que debe calentarse) y una superficie de captación selectiva que transfiere el calor hasta los tubos. La superficie sobre la que incide el sol cuenta con un tratamiento que maximiza la absorción de la radiación solar, siendo normalmente de color negro para aumentar el poder de absorción y disminuir la reflexión. Los tubos por los que circulará el agua (o fluido) pueden ser parte de la placa o ir soldados a ella. Existen muchas posibilidades de configuración para la realización de las superficies captadoras, pero la mayoría están basadas en parrillas de tubos y aletas.

• **Aislamiento:** Este tipo de recubrimiento debe estar por todos lados en el panel excepto en la zona acristalada, evitando así pérdidas térmicas. Su composición puede ser de cualquier aislante (fibra de vidrio, espuma rígida de poliuretano, poliestireno expandido, etc.) y el grosor dependerá de la aplicación, lugar y tipo de aislante.

• **Caja exterior:** Es la carcasa que contiene a todos los componentes (cubierta exterior, placa absorbente, aislamiento) dándole la rigidez y estanqueidad necesarias al conjunto. Aunque también puede ser material plástico, lo usual es que sea metálica, generalmente de aluminio, por su peso y aguante a la corrosión.

• **Juntas:** Permiten la estanqueidad del colector en relación con la cubierta y la carcasa, pudiendo ser de caucho perforado o silicona.

#### Principales fallos:

- Entrada de agua en el interior del captador.
- Degradación del tratamiento del absorbedor.
- Corrosión del absorbedor.
- Degradación y rotura de la cubierta.
- Degradación de los materiales aislantes.
- Degradación del material de las juntas.



### 5.1.1.2. Otros tipos de captadores.

Podemos encontrar otros tipos de colectores, como son los siguientes:

- **Colectores para piscinas:** Son colectores solamente compuestos por la placa absorbente (sin cubierta, sin aislante y sin caja) constituida, normalmente, de un material plástico. Con ellos podemos aumentar la temperatura del agua entre 2 y 5°C, siendo sólo útiles en épocas veraniegas por sus grandes pérdidas.

- **Colectores de vacío:** Se componen de una doble cubierta envolvente, cerrada herméticamente con un vacío interior. De esta forma las pérdidas son mínimas, pero uno de sus principales inconvenientes es su elevado precio.

### 5.1.1.3. Funcionamiento.

El subconjunto de captación se encarga de recibir y transformar la energía solar en energía térmica. Está compuesto básicamente por los colectores y sus elementos de sujeción.

En este punto vamos a analizar cómo se aprovecha la radiación solar dentro del colector, en concreto en el colector de placa plana:

Todo cuerpo expuesto al Sol recibe un flujo energético ( $E$ ) y, por tanto se calienta originando también pérdidas térmicas, por radiación, convección y conducción del mismo a su alrededor. De esta forma llegará un momento en el cual las pérdidas serán iguales a la energía producida, es decir se habrá llegado a la temperatura de equilibrio ( $t^a_e$ ):

$$E = E_p$$

Al extraer parte del calor a través del fluido como energía utilizable ( $E_u$ ), obtenemos un nuevo equilibrio:

$$E = E_p + E_u$$

De esta forma habremos conseguido que la  $E_p$  sea menor, ya que no toda la energía incidente se pierde, sino que una parte es aprovechada. Los cuerpos que realizan estas acciones se llaman colectores de energía solar térmica.

Como en la instalación deseamos tener la máxima  $E_u$ , tenemos dos opciones, aumentar la energía incidente o bien reducir las pérdidas térmicas. En la primera deberíamos rediseñar el colector para lograr reducir las pérdidas en el mismo. La segunda consiste en modificar el sistema para lograr que la energía incidente se concentre sobre una superficie más pequeña (al disminuir el área, la intensidad aumenta). En esto se basan los colectores de concentración.

Debemos tener en cuenta que a mayor diferencia de temperaturas entre la temperatura de utilización y la ambiental, mayores serán las pérdidas térmicas; o lo que es lo mismo, menor la cantidad de energía útil que podremos aprovechar. Dicho en otras palabras podríamos asumir que el rendimiento disminuye a medida que la temperatura de utilización aumenta. De esto extraemos que los colectores deberán ser utilizados a la temperatura más baja posible, sin ser ésta inferior a la que debemos obtener en el fluido.

La energía proveniente de la radiación puede ser total o parcialmente absorbida, reflejada o atravesar el colector. De éstas, la que es absorbida hace que se caliente y emita a su vez radiación. La mayor parte de la radiación solar está comprendida entre 0,3 y 2,4 $\mu\text{m}$ , por lo que al ser el vidrio transparente, es decir deja pasar a través de él la radiación entre 0,3 y 3 $\mu\text{m}$ , por lo tanto la luz atravesará el vidrio sin mayor problema.

Tras atravesar el vidrio, la radiación incide en la superficie del absorbedor, que se calentará y emitirá una radiación con una longitud de onda entre 4,5 y 7,2 $\mu\text{m}$ , para la cual el vidrio es opaco (sólo dejaba pasar entre 0,3 y 3  $\mu\text{m}$ ); es decir, la radiación emitida por el absorbedor será reflejada en un pequeño porcentaje por la superficie interior del vidrio, y el resto será absorbida por él, aumentando de temperatura y comenzará a emitir radiación, que se repartirá a partes iguales hacia el exterior y el interior del colector, contribuyendo a producir un efecto invernadero que aumentará de la temperatura en la superficie del absorbedor.

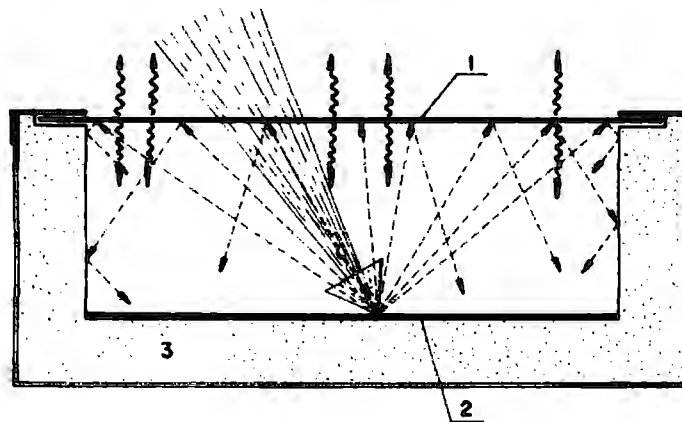


Fig. 4.- Ilustración del efecto invernadero dentro del colector y sus elementos:  
1.- Cubierta transparente. 2.- Absorbedor. 3.- Aislamiento y carcasa.

Si dejamos el colector expuesto al Sol sin ninguna circulación de fluido en su interior, la temperatura del absorbedor se elevará progresivamente y, también, las pérdidas por conducción, convección y radiación (crecen con la temperatura); llegando al punto de equilibrio antes mencionado (equilibrio estático). Si, por contra, permitimos circular el fluido por el interior del colector, dicho fluido al tomar contacto con la parte interior del absorbedor, va aumentando de temperatura, disminuyendo la energía acumulada en el absorbedor. Si mantenemos una circulación constante llegaremos a un nuevo punto de equilibrio (temperatura de equilibrio dinámica), siendo más baja que la temperatura de equilibrio estática. La temperatura de equilibrio en el fluido siempre será menor a la del absorbedor. Como la temperatura no es igual en todos los puntos del fluido, utilizaremos una media calculada de la siguiente forma, según la temperatura del fluido en la entrada y salida:

$$t_m^a = [1/2 \cdot (t_e^a + t_s^a)]$$

Si tenemos en funcionamiento el colector, la temperatura en la salida deberá ser mayor a la de entrada. La máxima temperatura que el colector podrá alcanzar es la temperatura de equilibrio estática, que debemos conocer, puesto que se alcanzará cuando tengamos apagada nuestra instalación.

### **Balance energético durante el funcionamiento.**

A través del colector recibiendo la radiación pasará el fluido, que entrará a una temperatura inferior a la de salida, tras haber absorbido el calor de los conductos del absolvedor.

Así pues, el balance energético del colector será:

$$Q_T = Q_U + Q_P$$

Donde:

- $Q_T$ : Energía incidente total.
- $Q_U$ : Energía útil.
- $Q_P$ : Energía en el Fluido caloportador.

El valor de la  $Q_T$ , será igual a la intensidad de radiación por la superficie de exposición. En caso de existir cubierta hay que contar con la transmitancia de la misma ( $\tau$ ), que dejará pasar solamente una parte de dicha energía, y, también, el coeficiente de absorción ( $\alpha$ ), de la placa absorbadora:

$$Q_T = I \cdot S \cdot \tau \cdot \alpha$$

Donde:

- $I$ : Radiación incidente total sobre el colector por unidad de superficie ( $W/m^2$ ).
- $S$ : Superficie del colector ( $m^2$ ).
- $\tau$ : Transmitancia de la cubierta transparente.
- $\alpha$ : Absortancia de la placa absorbadora.

El cálculo de la energía perdida implica pérdidas por conducción, convección, y radiación, englobándolas en el llamado coeficiente global de pérdidas ( $U$ ), que se mide experimentalmente y su valor es dado por el fabricante. Como aproximación se pueden valorar las pérdidas por unidad de superficie proporcionales a la diferencia entre la temperatura media de la placa absorbadora y la del ambiente.

$$Q_P = S \cdot U \cdot (t_c^a - t_a^a)$$

Donde:

- $S$ : Superficie del colector ( $m^2$ ).
- $U$ : Coeficiente global de pérdidas ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ).
- $t_c^a$ : Temperatura media de la placa absorbadora ( $^\circ C$ ).
- $t_a^a$ : Temperatura ambiente ( $^\circ C$ ).

Si ahora sustituimos en nuestra ecuación inicial del balance energético, nos quedará la siguiente igualdad:

$$Q_U = S \cdot [I \cdot (\tau \cdot \alpha) - U \cdot (t_c^a - t_a^a)]$$

Para calcular la temperatura media en la placa absorbadora deberíamos colocar sensores sobre ella, pero podemos conocer con exactitud la temperatura media del fluido hallando la media de las temperaturas de dicho fluido a la entrada y a la salida del colector.

No todo el calor absorbido en la superficie absorbidora pasa al fluido para transformarse en energía térmica útil. Por lo que al sustituir la temperatura de la placa absorbidora por la del fluido deberemos de introducir un factor de corrección o *factor de eficacia* ( $F_R$ ).

Este factor es independiente de la intensidad de la radiación incidente, pero es función del caudal del fluido y características de placa (material, espesor, distancia entre tubos, etc.).

$$Q_U = F_R \cdot S \cdot [I \cdot (\tau \cdot \alpha) - U \cdot (t_m^a - t_a^a)]$$

De aquí podemos deducir el valor de rendimiento de nuestro colector:

$$\eta = Q_U / S \cdot I$$

$$\eta = F_R \cdot (\tau \cdot \alpha) - U \cdot [(t_m^a - t_a^a) / I]$$

Podemos considerar en la práctica  $(\tau \cdot \alpha)$  y  $U$  como constantes y por lo tanto expresar el rendimiento como una recta en función de  $(t_m^a - t_a^a) / I$ . Normalmente la curva de rendimiento viene dada por el fabricante. En la siguiente tabla podemos ver las curvas de distintos tipos de colectores.

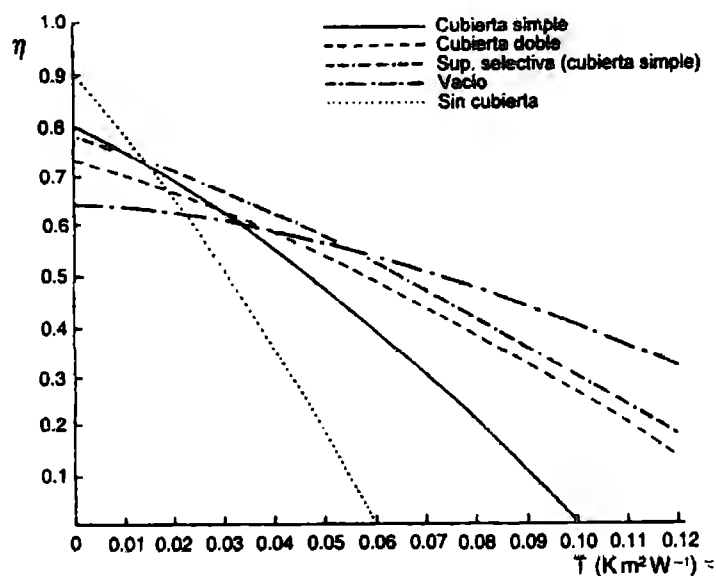


Fig. 5. Curvas de rendimiento de distintos tipos de colectores.

Una vez expuesto el funcionamiento de los colectores individualmente vamos a indicar el acoplamiento entre ellos y por consiguiente la formación del campo de colectores.

#### 5.1.1.4. Tipos de conexiones de los colectores.

##### Conexión en paralelo.

Este tipo de conexión, con el mismo número de unidades colocadas en paralelo, en horizontal y bien alineadas entre sí, es la más utilizada en este tipo de instalaciones.

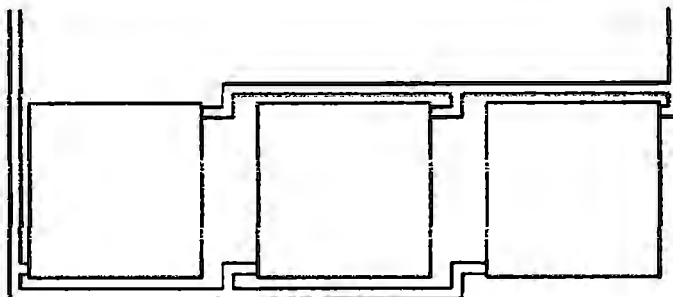


Fig. 6. Conexión en paralelo.

El número de captadores que podremos colocar en paralelo dependerá del fabricante y deberemos instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de cada grupo de captadores y entre las bombas. Esto se hará así para poder realizar un mantenimiento y sustitución cómodos.

#### Conexión en serie.

Al realizar un acoplamiento en serie obtenemos un aumento de la temperatura del agua, pero a su vez obtenemos, también una disminución del rendimiento de la instalación, debido que al ir pasando el fluido de un colector a otro la temperatura de entrada en cada uno va aumentando y, tal y como hemos dicho antes, disminuye la eficacia global. Esta solución se usa sólo en aplicaciones en las que necesitamos una temperatura superior a 50°C, no siendo recomendable colocar más de tres colectores o tres filas de colectores.

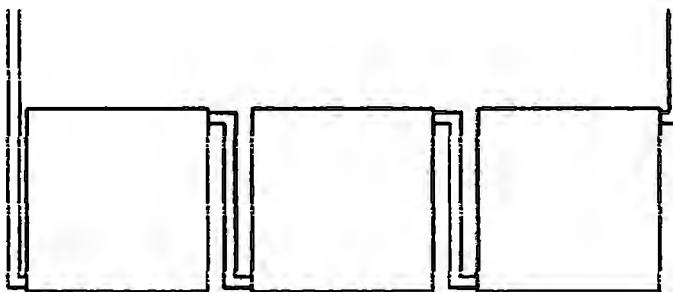


Fig. 7. Conexión en serie.

Debemos tener en cuenta que pueden haber saltos térmicos entre los diferentes colectores (reduciéndose el rendimiento global), por eso hemos de cuidar que el recorrido del fluido sea el mismo en todos ellos. A fin de garantizar el equilibrio hidráulico es necesario disponer las conexiones de los colectores entre sí de forma que se realice el llamado retorno invertido.

Para obtener un valor óptimo del coeficiente de transmisión del calor entre el absolvedor y el fluido, el caudal de los colectores no debe bajar de los 0,8 l/m<sup>2</sup>·min., siendo deseable que esté mínimo en 1 l/m<sup>2</sup>·min.

Con el fin de reducir pérdidas clóricas en la conducción del fluido, la longitud del circuito debe ser la más reducida posible. Y no hay que olvidar que el diseño debe permitir montar y desmontar los colectores.

### **5.1.1.5. Circulación forzada.**

La circulación en el sistema de ACS mediante EST se puede realizar por dos formas diferentes: Termosifón (o natural) o circulación forzada mediante el uso de electrocirculadores o bombas en el circuito primario.

En los sistemas grandes como pueden ser los hospitales, hoteles, etc., en los que no siempre podemos colocar el tanque en la cubierta cerca de los colectores (necesario en la circulación natural) o en superficies donde por sus pendientes o superficies deslizantes (climas con heladas y nevadas), por el tamaño del depósito no es muy fiable su estanqueidad, se puede usar un sistema solar de circulación forzada. En este sistema una pequeña bomba genera la circulación del agua. La situación de los colectores será encima del tejado y el tanque dentro del edificio, según más nos convenga.

Las ventajas de este tipo de circulación son las siguientes:

- No es necesaria la colocación del acumulador por encima de los colectores para obtener la circulación.
- Mayor flexibilidad en el diseño hidráulico del circuito (diámetros de las tuberías). Las pérdidas hidráulicas se subsanan con una mayor potencia en el dimensionado del electrocirculador.
- Posibilidad de limitar la temperatura máxima del agua en el depósito, con temperaturas en verano de hasta 60°C.
- No existen problemas para evitar la congelación del fluido. Esto es diferente al caso del termosifón, puesto que en él, los aditivos anticongelantes aumentan la viscosidad del fluido y hace dificultar la circulación del mismo.
- Además, actualmente, la tendencia es el uso de electrocirculadores, con un precio bajo al ser las potencias necesarias muy bajas, con pocas averías o problemas.

### **Principio de funcionamiento.**

La diferencia con la circulación natural radica en que el fluido, contenido en el colector solar, fluye en el circuito cerrado por efecto del empuje de una bomba comandada por una centralita o termostato que se activa por sondas colocadas en el colector y en el depósito.

Los elementos que forman un sistema de este tipo son:

- Colector/es solar/es.
- Depósito de acumulación/intercambiadores.
- Termostato diferencial o centralita.
- Sondas de temperatura.
- Bomba de circulación.
- Vaso de expansión.
- Intercambiador de calor.
- Válvulas.
- Purgador.
- Tuberías.

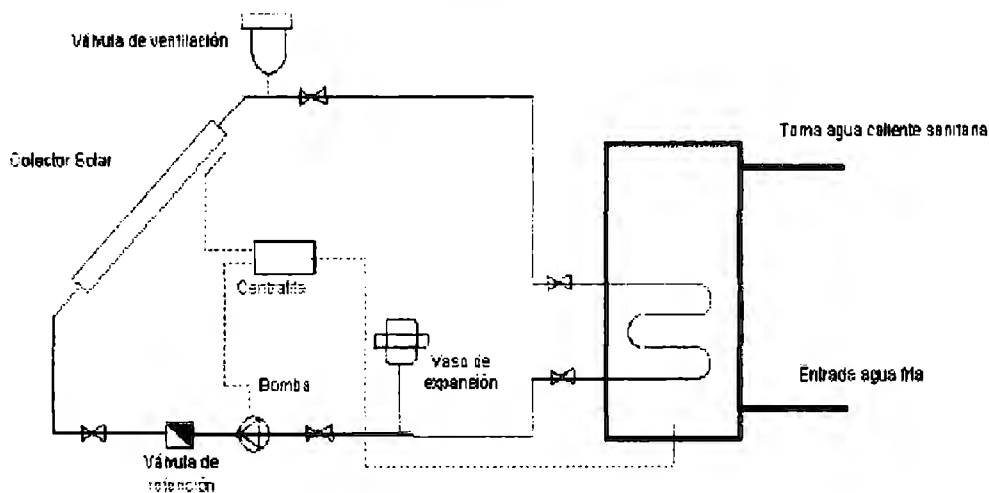


Fig. 8. Sistema de circulación forzada.

En un proyecto de circulación forzada, además de calcular los colectores solares deberemos dimensionar el resto de componentes del sistema.

### Diseño.

Para realizar el diseño del sistema subdividiremos el mismo en diferentes fases. Por tanto será necesario analizar:

- Las necesidades del usuario y las condiciones de montaje.
- La orientación y la inclinación de las superficies disponibles para la instalación.
- Las condiciones climáticas del lugar.
- La totalidad del proyecto.

A través del conocimiento de estos datos con ayuda de programas de simulación permite el correcto diseño de un sistema solar, eligiendo el modelo de colector solar más adecuado (*plano, plano selectivo, de vacío*) y, según éste, determinar el número y la superficie de los paneles solares necesarias para satisfacer los datos iniciales del proyecto.

PRODUCCION DE AGUA CALIENTE SANITARIA				
Uso anual orientación Sur				
Personas	m <sup>2</sup> Paneles de vacío	m <sup>2</sup> Paneles Planos	m <sup>2</sup> Paneles Planos selectivos	Acumulación aconsejada (litros)
4	3	4	3	300
5	5	6	5	400
6	6	8	6	500
7	6	8	6	600

Tabla 3. Superficie de colectores y acumulación aconsejada según el número de personas.

En la tabla anterior se relacionan el número de colectores necesarios para la producción de agua caliente sanitaria en función del número de personas existentes.

Después de elegir los colectores, buscaremos completar el diseño del resto del sistema mediante el estudio de los siguientes componentes:

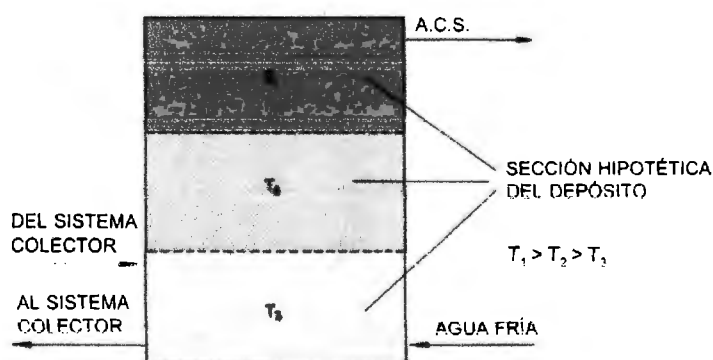
- Bomba de circulación según el número de colectores solares conectados en serie.
- Capacidad y modelo del depósito de acumulación.
- Superficie y modelo del intercambiador de calor.
- Centralita electrónica de control.
- Capacidad del vaso de expansión.

### 5.1.2. Subconjunto de acumulación.

Como es obvio, la energía que podremos generar no es un valor constante y ante este evento, deberemos disponer de un sistema de almacenamiento para poder tener una “reserva” ante los momentos de insuficiente radiación solar. La forma más sencilla y habitual de almacenar energía es mediante acumuladores de agua caliente que suelen ser de acero, acero inoxidable, aluminio o fibra de vidrio reforzado. En el diseño de los depósitos debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Forma y disposición del depósito.
- Resistencia del conjunto a la máxima presión y temperatura.
- Tratamiento interno de materiales en contacto con A.C.S.
- Aislamiento y su protección para evitar pérdidas de calor.
- Situación de conexiones de entrada y salida.
- Medidas para favorecer la estratificación y evitar la mezcla.
- Previsión de corrosiones y degradaciones.

La forma de los mismos suele ser cilíndrica, siendo la altura mayor que el diámetro, haciendo de esta manera que se favorezca el fenómeno de la estratificación; este fenómeno físico-químico consiste en que: al disminuir la densidad del agua por el aumento de la temperatura, cuanto mayor sea la altura del acumulador mayor será la



diferencia entre la temperatura en la parte superior e inferior del mismo, es decir mayor será la estratificación. Por la parte superior extraemos el agua para su consumo, mientras que el calentamiento solar se aplica en la parte inferior, así hacemos funcionar a los colectores a la mínima temperatura posible y así se aumenta su rendimiento.

Fig. 9. Estratificación del agua en el acumulador.



A la salida del acumulador podemos instalar una válvula termostática mezcladora, con el fin de limitar la temperatura con la que se extrae el agua caliente hacia los distintos puntos de consumo, no influyendo en exceso el rendimiento de la instalación.

**Problemas y factores.**

- Pérdidas de rendimiento por mal aislamiento por excesivas pérdidas de calor.
- Pérdidas de rendimiento por un mal diseño de las conexiones de entrada/salida.
- Degradación y perforación del tanque por corrosiones de las paredes internas, producidos por exceso de temperatura.

**Factores influyentes en el funcionamiento:**

- Estratificación: Distribución vertical de temperatura del agua (mejor rendimiento).
- Tener en cuenta la circulación interior de las conexiones de entrada/salida.
- Aislar correctamente las pérdidas de calor.
- Evitar la mezcla del agua por excesiva velocidad de entrada/salida del depósito.

### 5.1.3.- Subconjunto de termotransferencia.

Este subconjunto está formado por elementos encargados de transferir la energía captada en los colectores solares hasta el depósito de acumulación de ACS:

- El intercambiador.
- Las conducciones.
- El fluido caloportador.
- Otras piezas como válvulas, bombas de circulación, vaso de expansión, etc.

Dependiendo de la composición de estos elementos, podremos clasificar el grupo como de transferencia térmica directa o indirecta. El más común es el indirecto que incluye un intercambiador térmico para que el fluido del primario no entre en contacto con el ACS.

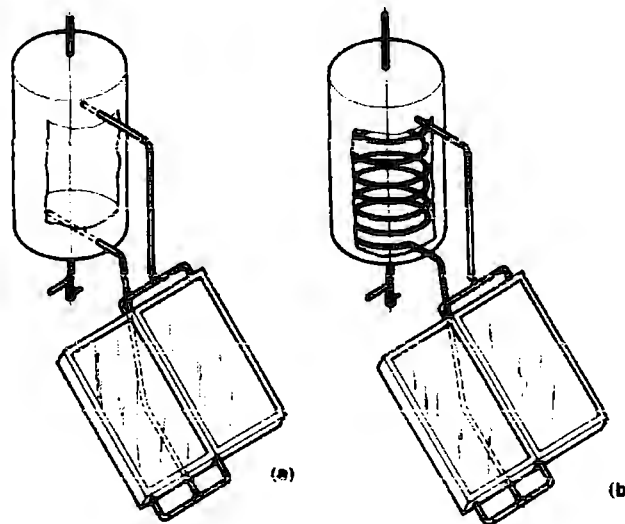


Fig. 10. Sistemas (a) directo e (b) indirecto.



Nos decidiremos en usar el sistema de circulación indirecta puesto que los sistemas directos presentan complicaciones como la necesidad de utilizar materiales no contaminantes del agua en el circuito de colectores (sin poder usar sistemas de anticongelación), un mayor riesgo de vaporizaciones, incrustaciones y corrosiones en el circuito, además del hecho de que todo el circuito, incluidos los colectores, trabajaría a la presión de la reduciéndose el número de colectores disponibles. También nos decidiremos por el sistema indirecto por restricciones legales que evitan el uso del agua de los colectores para su consumo.

En los sistemas indirectos disponemos de un elemento que separa el circuito primario del secundario, haciéndolos independientes, este elemento es el intercambiador. En contra de su colocación está:

- **Pérdida de rendimiento del sistema:** Se necesita una diferencia de temperaturas entre los líquidos primario y secundario de 3 a 10°C, que hace que los colectores deban funcionar a una temperatura superior a la del fluido secundario.
- **Elevación del coste de la instalación:** Añadir el coste del elemento además de otros elementos necesarios para el mismo.

#### 5.1.3.1. Intercambiador.

Como nos hemos decantado por un sistema de termotransferencia indirecto necesitaremos un intercambiador de calor que transfiera la energía almacenada en el líquido del circuito primario al del secundario.

Los parámetros más importantes del intercambiador suelen ser la eficiencia ( $>0.7$ ) y el rendimiento ( $\geq 95\%$ ), considerándose, también, la superficie útil de intercambio (entre 1/5 y 1/3 de la superficie útil de los colectores). En el caso de intercambiador incorporado al acumulador, los C.T.E. aconsejan una relación no inferior (1/6).

#### 5.1.3.2. Conducciones.

Los materiales usualmente utilizados para las conducciones son Cobre, Acero Galvanizado, Hierro Negro y Plásticos. De ellos, el cobre es el material más aconsejable por tener una alta resistencia a la corrosión, maleabilidad, ductilidad e inocuidad, además de tener un valor de adquisición relativamente bajo. Por esto será el material base en las conducciones de nuestra instalación.

Debemos tener en cuenta que por el efecto del calor del fluido, las conducciones se dilatarán, este hecho ha de tenerse en cuenta a la hora de seleccionar las uniones de las mismas. Por ejemplo, el Acero Galvanizado no es aconsejable a temperaturas  $>65^{\circ}\text{C}$ .

#### 5.1.3.3. Fluido caloportador.

Este líquido es el encargado de pasar a través de los colectores y absorber la energía térmica de éstos, para transferirla en el intercambiador al circuito secundario. El líquido puede ser: Agua natural, Agua con anticongelante, Fluidos orgánicos, Aceites de siliconas.

La mejor solución, y la más aconsejada por la zona geográfica de estudio, es la de agua con anticongelante. Este será el fluido que circulará por nuestro sistema primario, componiéndose de una mezcla química de agua con un determinado tipo de anticongelante. El agua podría ser de la red de suministro, agua desmineralizada o agua con aditivos (según las características climatológicas del lugar de instalación y de la calidad del agua empleada). Por ejemplo en Castilla y León, no hay ningún problema para que el uso sea de la red. Hay que tener en cuenta las diferencias de las propiedades físicas que va a haber entre el agua normal y nuestro fluido caloportador, como son la viscosidad, dilatación, estabilidad, calor específico o temperatura de ebullición.

A parte de lo ya mencionado, hemos de tener en cuenta que el elemento anticongelante es de carácter tóxico, y por tanto, la legislación y el sentido común nos obligan a asegurar la imposibilidad de que se mezcle con el agua de consumo. Este será nuestro principal motivo para usar un circuito primario independiente del secundario, no conectándolo libremente a la entrada de agua de la red. Para el relleno de líquido faltante en la instalación usaremos un vaso de expansión cerrado, ubicado en la zona de aspiración de la bomba, y un sistema de vaciado.

Según los CTE, El fluido de trabajo tendrá un pH a 20°C entre 5 y 9. Con un contenido en sales según sus disposiciones. Siguiendo con la normativa, el fluido caloportador deberá tener un calor específico no inferior a 3 kJ/kg·°K (0,72 Kcal/kg·°C), calculado a 5°C por debajo de la mínima histórica de la zona, para no producir daños por heladas en el circuito primario de captadores. En la provincia de Burgos, la mínima histórica es de -18 °C, así que deberemos calcular la cantidad de anticongelante para -23 °C.

#### 5.1.3.4. Otros elementos.

##### **Válvulas.**

Para realizar nuestra instalación, también usaremos válvulas que nos ayudarán a un fácil montaje, regulación y mantenimiento del circuito primario de la instalación:

- **Válvula/llave de aparato/grifo:** Tipo de válvula o llave terminal que puede ser:
  - De asiento (las más comunes).
  - De discos cerámicos (uso en crecimiento).
- **Válvula/llave de paso y corte:** Función de cortar los circuitos. Pueden ser:
  - De asiento.
  - De compuerta.
  - De bola.
- **Válvulas de nivel:** Interna de depósitos que corta la entrada de agua a un cierto nivel.
- **Válvula de retención:** Las “antirretorno” que evitan el reflujo de agua.

##### **Bomba de circulación para Agua Caliente Sanitaria.**

Es la encargada de vencer la resistencia que opone el fluido a su paso por el circuito. Puede ser de tipo alternativo, rotativo o centrífugo.

En instalaciones importantes se ha de considerar la inclusión de una segunda bomba, idéntica y en paralelo, para evitar la parada de la instalación por avería o mal funcionamiento de la primera.

Según el RITE: “Las bombas de más de 1,5 Kw de potencia y las válvulas automáticas de diámetro mayor que 20 deberán protegerse por medio de filtros de malla o tela metálica situados aguas arriba del elemento a proteger. En otros casos, se dispondrá de un filtro en cada circuito independiente, de paso de malla adecuado para proteger, entre otras, las válvulas de regulación de las unidades terminales.”.

### Vaso de expansión.

Este elemento suaviza los cambios de volumen del fluido de trabajo originados por la dilatación térmica. También se encarga de mantener la presión en el circuito, impidiendo la entrada de aire en éste cuando el sistema vuelve a enfriarse. Su funcionamiento es muy sencillo, al elevarse la temperatura del fluido y la presión, ésta empuja la membrana y el nitrógeno de la cámara se comprime hasta quedar equilibradas las presiones. Es importante que no deba existir ninguna válvula en los tubos que comunican al circuito con el depósito.

Al tener una instalación con circuito cerrado, nos veremos obligados a usar un vaso de expansión cerrado, según el RITE. La ubicación del mismo será conectado a la aspiración de la bomba, a una altura que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario, según el CTE.

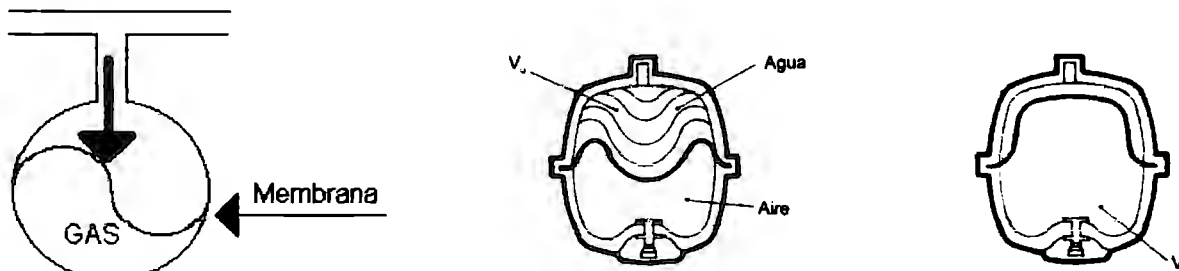


Fig. 11. Vasos de expansión.

Al ser un vaso de expansión cerrado deberá incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. Generalmente se recomienda un sistema de llenado automático incluyendo un depósito de recarga u otro dispositivo, de forma que nunca se utilice directamente un fluido para el circuito primario con una concentración inferior de anticongelante o que incumpla los Códigos Técnicos. Este sistema será obligatorio cuando en alguna época del año puedan existir heladas. En definitiva nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red si sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito, o si este circuito necesita anticongelante por riesgo de heladas o cualquier otro aditivo para su correcto funcionamiento.

Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo.

#### 5.1.4. Subconjunto de energía principal.

Como en algunas ocasiones no dispondremos de agua a temperatura deseada, sea por las razones que sean, deberemos disponer en nuestra instalación de un sistema de apoyo que aporte la energía necesaria, siendo éstos las principales opciones que tenemos:

- Aplicar directamente en el acumulador de ACS la energía de apoyo.
- Situar la energía de apoyo en un segundo acumulador alimentado por el primero.
- Situar un sistema de apoyo instantáneo después del acumulador del ACS.

En el caso de nuestra instalación, como ya veremos en el apartado "Solución adoptada", utilizaremos un sistema de apoyo mediante la utilización de un acumulador secundaria, puesto que en la instalación existente ya se posee de una caldera y un depósito para tal efecto.

En esta configuración, la energía solar se aplica sobre el agua de red, calentándola y la energía auxiliar solo se usa para calentar hasta el punto deseado el agua ya anteriormente precalentado por la energía solar.

De esta forma, deberemos tener un sistema de control que evite que el agua se caliente en exceso, y tan sólo hasta la temperatura que deseamos. Como ventaja de realizar el calentamiento auxiliar con una caldera de gasóleo tenemos que podemos controlar fácilmente la temperatura de salida del agua caliente, sólo consumimos el diesel necesario, y en nuestro caso el coste de instalación y adquisición es cero puesto que ya existía en la vivienda.

#### 5.1.5. Subconjunto de regulación y control.

Este sistema tiene una doble funcionalidad. Por un lado, sirve de protección ante factores como sobrecalentamientos del sistema, riesgos de congelación, etc.; y por otro, sirve para proporcionar la máxima energía solar térmica posible en el calentamiento del fluido usando la mínima auxiliar. Es un elemento sumamente importante en la instalación.

La forma más usual de conseguir estos objetivos es mediante la utilización de un regulador diferencial que comparará la temperatura del colector con la existente en la parte inferior del acumulador. Cuando la diferencia de temperatura entre ambos sea superior a un valor que introduciremos en el controlador, se pondrá en marcha el electrocircular.

Necesitaremos una diferencia mínima de 6°C entre ambos puesto que existen diversas pérdidas, que de no tenerlas en cuenta podrían hacer que nuestro sistema funcionase incorrectamente. Entre ellas están:

- Pérdida de temperatura en el circuito de retorno (1°C).
- Tolerancias de la sonda y del regulador alrededor de (1 ó 2°C).
- Diferencia mínima en el intercambiador para su correcto funcionamiento (4°C)

En definitiva, bajo ningún concepto el sistema deberá funcionar con diferencias de temperatura inferiores a 2°C ni deberá estar apagado en superiores a 7°C.

Además el sistema de control debe asegurar que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda de una temperatura de 3°C superior a la de congelación del fluido.

Las sondas utilizadas en las mediciones se colocarán en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación; y en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador. Se pueden colocar más sondas para tener un mejor control, repartidas por la instalación, aunque las anteriores son las obligatorias.

### 5.1.6. Aislamiento.

Todo cuerpo de la instalación (tuberías, depósitos y accesorios hidráulicos) está sujeto a pérdidas térmicas durante el funcionamiento respecto al ambiente. Las principales pérdidas son por convección, ya que las pérdidas por radiación son mínimas. Las pérdidas de calor son causa importante de reducción del rendimiento y obligan a aislar la instalación con el fin de minimizarlas.

#### **Factores que condicionan la elección del aislamiento:**

- Bajo coeficiente de conductividad.
- Precio bajo.
- Colocación relativamente sencilla.
- Gama de temperaturas adecuada.
- Ser ignífugo.
- No ser corrosivo para las superficies con las que estará en contacto.
- Ser estable y no enmohecerse.
- Resistencia mecánica buena.
- Peso reducido.

### 5.1.7.- Otros elementos.

#### **Purgador / Purgador-desaireador.**

La función principal del purgador es la extracción de gases (no disueltos) incluidos en el fluido, que pueden ocasionar bolsas que impidan la circulación del mismo y provocar corrosiones. El purgador deberá instalarse en el punto más alto de la instalación.

De este modo, colocaremos el sistema de purga en la batería de colectores, debiendo tener un volumen útil del botellín de desaireación de  $15\text{cm}^3 / \text{m}^2$  de colector.

Por su parte, la función del desaireador es la extracción de los gases (disueltos) incluidos en el fluido hacia el exterior por el purgador. Esto se consigue mediante la fuerza centrífuga que lanza el fluido hacia las paredes, mientras que el aire (más ligero) se acumula en el centro y asciende a través del mismo, evacuándose por el purgador que está situado en la parte superior.

Colocaremos un dispositivo purgador-desaireador antes de la entrada del interacumulador.

### **Manómetros.**

Son elementos de lectura que nos dan el valor de la presión en el circuito ( $\text{kg/cm}^2$ ). La escala suele estar comprendida entre 0 y  $6\text{kg/cm}^2$ . Es desaconsejable que el sistema trabaje a esas presiones puesto que otros elementos (colectores o depósito de expansión) no suelen soportar presiones mayores de los  $4\text{kg/cm}^2$ .



Fig. 12. Tipo de manómetro.

### **Termómetros y termostatos.**

Los termómetros son aquellos elementos encargados de calcular la temperatura del fluido, mientras que los termostatos son los encargados de transformar una lectura de temperatura en una señal eléctrica, utilizable para poner en marcha un mecanismo.

Ambos aparatos pueden clasificarse en dos tipos: de contacto e inmersión. Los primeros son los denominados de abrazadera, que se ajustan a la tubería; los segundos, van introducidos a través de una vaina en el interior de la tubería, siendo más fiables.

### **Otros conexiones hidráulicas.**

Además de los elementos anteriores, nuestra instalación incluirá los siguientes: Entre el interacumulador y el depósito de la caldera (existente) colocaremos tubería de cobre de longitud suficiente para unirlos, con las mismas características que en el resto de la instalación, los codos necesarios, un termómetro y dos válvulas de corte. De esta forma aseguraremos que el agua precalentada en el depósito solar, llegue al depósito de la caldera, completándose la obtención de la temperatura necesaria según las necesidades de consumo.

También instalaremos una derivación (tubería de cobre iguales dimensiones que siempre pero sin aislar), una válvula de paso y una válvula de tres vías para derivar la entrada del agua de la red por dos caminos, el primero, ya existente, de entrada hasta el depósito de la caldera; el segundo, para entrada al interacumulador solar.

Incluiremos un sistema de bomba de circulación, dos válvulas de corte, un termómetro y tubería aislada para comunicar la parte superior del depósito solar con su extremo inferior. De esta forma existirá una mayor homogeneización de la temperatura (mejor aprovechamiento del calor intentándolo conservar durante más tiempo) y evitaremos el estancamiento de las aguas cuando no se precise su uso, evitando a su vez la proliferación de legionela en el interacumulador y el uso excesivo de la resistencia eléctrica.

### 5.1.8. Tratamiento antilegionela.

En los sistemas en los que utilizemos centralitas de control se debe almacenar el agua a un mínimo de 55°C, aconsejándose superar los 60°C. Además y para evitar la aparición de bacterias, periódicamente se deberá subir la temperatura del ACS a hasta los 70°C. La temperatura de distribución medida a la entrada de la red de retorno en los depósitos será como mínimo de 55°C a fin de evitar la proliferación de la bacteria.

En aplicaciones de EST para apoyar la producción de ACS se ha de cumplir la legislación antilegionela: “cualquier punto del circuito de agua de consumo del ACS se ha de poder calentar por encima de los 60°C, incluso el acumulador solar.”

Según la legislación específica existente **R.D.: 865/2003**, en su apartado 3º de su artículo 2º se dice textualmente:

*“Quedan excluidas del ámbito de aplicación de este real decreto las instalaciones ubicadas en edificios dedicados al uso exclusivo en vivienda, excepto aquellas que afecten al ambiente exterior de estos edificios. No obstante y ante la aparición de casos de legionelosis, las autoridades sanitarias podrán exigir que se adopten las medidas de control que se consideren adecuadas.”*

En este caso adoptaremos alguna medida que explicaremos a continuación junto con las soluciones que más comúnmente se suelen adoptar. Lo haremos desde un punto más moral o preventivo que por obligatoriedad real.

Para poder calentar por encima de 60°C, incluso el acumulador solar, existen diferentes alternativas que son:

1) Colocar el depósito de acumulación solar en circuito cerrado. El ACS no circula por el tanque solar y el problema de tratamiento antilegionela no existe ya que no es necesario. Este sistema se recomienda en sistemas con tratamientos antilegionela frecuentes.

2) Aislar el tanque solar del circuito de alimentación del agua mediante una válvula de tres vías periódicamente, que desviaría la alimentación de red hacia la caldera sin precalentamiento solar. Al hacerlo, los colectores se encargan de que se alcance la temperatura de tratamiento. Para homogeneizar el tanque (evitar zonas frías) es preciso contar con una bomba que mezcle su contenido. Sistema recomendado para tratamientos esporádico.

Estas dos soluciones penalizan el rendimiento solar en menor medida que la utilización del calentamiento con caldera. En cualquiera de las configuraciones la penalización será menor cuanto mayor sea el rendimiento de los paneles utilizados a temperaturas elevadas.

3) Aislar, periódicamente, el tanque solar y el depósito que recibe el agua precalentada y la energía auxiliar de la caldera, del circuito de alimentación del agua de red, mediante una válvula de tres vías que desvía la alimentación de red directamente desde la caldera hasta la entrada de agua de la red del depósito solar. Una vez aislados los tanques, los colectores y la caldera se encargan de que se alcance la temperatura de tratamiento. Para homogeneizar los tanques y evitar zonas frías, es preciso contar con una bomba que mezcle el contenido de los tanques. Este es el procedimiento aconsejado por los CTE.





4) Dejar los acumuladores solares comunicados con el que recibe la energía térmica de la caldera, colocando en el depósito de acumulación solar unas pequeñas resistencias capaces de calentar rápidamente el agua de forma preventiva en el tratamiento antilegionela. Este procedimiento que debe hacerse con una determinada regularidad, siendo el más cómodo de llevar a cabo y más rápido. Mediante la instalación de sondas de temperatura conectadas a un termostato. Gracias a una pantalla digital podríamos programar las diferentes posibilidades (temperaturas, tiempo de tratamiento, regulación de la bomba). Como única recomendación, podríamos decir que las resistencias se encuentren lo más abajo posible del depósito para evitar la aparición de partes de agua poco calentadas, por la acción de la estratificación.

De las opciones anteriores podríamos utilizar cualquiera como buena con el fin de no tener riesgo de contagio de la enfermedad, evitando así el uso de otros medios como pudieran ser la utilización de productos químicos.

Después de analizar todas las posibilidades, vemos como la mejor medida, la última posibilidad por los siguientes motivos:

**Fácil obtención:** Actualmente existen suficientes empresas que venden interacumuladores con la opción de instalar resistencias eléctricas que se adaptan al tanque ofrecido. (recomendado para instalaciones que en algún momento del año no puedan cumplir el mínimo de los 55°C en aguas acumuladas en el depósito.

**Precio relativamente aconsejable:** Al ser resistencias que se usan esporádicamente, su uso no hace encarecer la factura eléctrica. El uso puntual, según la legislación vigente, genera la prevención deseada en cuestión de minutos.

**Manejo sencillo:** La utilización es sencilla. Las resistencias vienen acompañadas de termómetros y sondas para la comprobación visual de la temperatura alcanzada durante el tratamiento. También se suministra un Controlador digital, que regula los ciclos de tiempo de tratamiento térmico. Dicho controlador tendrá como entradas de información las recibidas por los sensores (sondas) y será capaz de llevar a cabo diferentes calentamiento del acumulador con desinfección térmica y control de la bomba de circulación. El uso de uno y otro calentamiento dependerá de los datos introducidos manualmente mediante el display que dispondrá de botones, para su fácil y rápido manejo.

**Rapidez de actuación:** En poco tiempo (entre 6 o 15 minutos) el depósito solar estará saneado con total confianza.

A pesar de las instalaciones planteadas, los CTE consideran lo siguiente:

*“(...) No se permite la conexión de un sistema de generación auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones. Para los equipos de instalaciones solares que vengán preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.”*

En concreto este no es nuestro caso, puesto que no usaremos el sistema como apoyo energético sino como medida preventiva de tratamiento antilegionela, una o dos veces al mes durante el tiempo antes mencionado.

## 5.2. Descripción de la solución adoptada.

En este apartado del proyecto me dispongo a buscar los componentes que mejor se adapten a la instalación existente, utilizando componentes compatibles entre sí, y siendo lo más económico posibles. La primera parte o subconjunto que analizaremos será el Subconjunto de captación y, por tanto, elegiremos el modelo de captador que utilizaremos en nuestra instalación.

Para realizar esta búsqueda, he consultado diversas fuentes de información, como son webs, catálogos, recomendaciones del Ministerio de Medio Ambiente, etc. Estas fuentes de información se plasmarán en el apartado de bibliografía.

Los cálculos utilizados en el diseño del sistema podrán verse en su apartado correspondiente.

### 5.2.1. Subconjunto de captación.

Tras una minuciosa búsqueda del colector más conveniente para la instalación, tras estudiar la relación calidad-precio, me he decidido por el modelo ATESA EXPORT TRIDIMENSIONAL.



Fig. 13. Colector solar ATESA EXPORT TRIDIMENSIONAL.

En nuestra instalación utilizaremos dos colectores del modelo anteriormente mencionado. Dicho modelo se caracteriza por haber sido desarrollado para aplicaciones en sistemas de aprovechamiento de la energía solar con fines térmicos, es decir para el uso que nosotros queremos darle.

En específico está diseñado para la producción de agua caliente sanitaria en viviendas, hoteles, campings, hospitales, polideportivos, colegios, vestuarios, etc.; entre otras aplicaciones y también para calentar agua para piscinas y ser utilizado en sistemas de calefacción.

#### Componentes.

**Carcasa:** Caja de acero inoxidable AISI 304 (0,6mm de espesor) soldada y sellada con silicona.

**Aislamiento:** Manta de aluminio y 55mm de lana de vidrio. Cubierta transparente. Vidrio templado de 4mm de espesor.

**Absorbedor:** Parrilla de 10 tubos verticales de cobre,  $\phi$  10 mm, soldada a dos colectores horizontales de cobre de  $\phi$  22mm.

La superficie absorbadora está compuesta por una chapa de aluminio con 6030 embuticiones en forma de media esfera y diez estampaciones semicilíndricas donde se alojan los 10 tubos verticales de  $\phi$  10mm. De esta forma el área de toda la superficie queda aumentada en un 37% más.

El sistema (patentado) de composición de este tipo de panel solar hace que tenga una eficacia mayor que los convencionales. Concretamente la diferencia es de un 45% más eficaz.

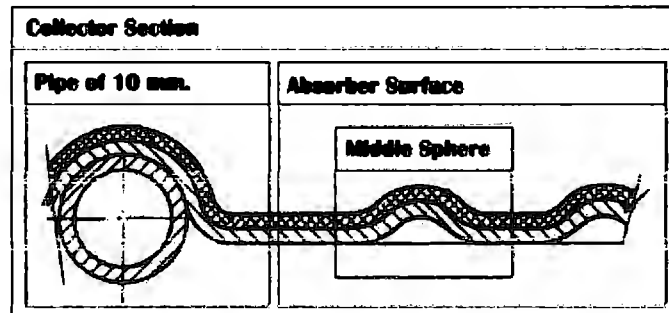


Fig. 14. Representación del detalle de la superficie del colector y de uno de sus tubos.

Toda la superficie absorbadora tiene un recubrimiento selectivo de color negro de alto rendimiento y durabilidad con una absorptividad de ( $\alpha$ ) 0,98 y una emisividad de ( $\epsilon$ ) 0,46. Dicho recubrimiento está compuesto por óxido de cobre, magnesio y silicio, aplicado por proyección a pistola. La parrilla y el absorbedor se han unido por medio de soldadura.

#### Características generales.

- Peso del captador lleno de líquido: 44'8 kg.
- Capacidad de líquido: 2'8 kg.
- Temperatura máxima de funcionamiento: 120 °C
- Presión máxima de trabajo: 7 bares.
- Superficie útil de captación: 1'852m<sup>2</sup>.
- Superficie útil de captación tridimensional 2'538m<sup>2</sup>.
- Garantía de 15 años.

#### Dimensiones.

- Longitud: 1990 mm.
- Ancho: 990 mm.
- Profundidad: 78 mm.

#### Rendimiento y pérdidas de carga.

Gracias, tanto a la calidad de los materiales, como al diseño del captador solar ATESA EXPORT TRIDIMENSIONAL, se pueden obtener elevados rendimientos de conversión de energía solar incidente en energía térmica útil. A través de los ensayos realizados sobre el colector, se obtuvo la siguiente curva de rendimiento:

$$\eta = 0,9471 - 6,725 \cdot T'''$$

Donde:

$\eta$ : es el rendimiento.

$T''$ : es la temperatura adimensional.

Por su parte la temperatura del mismo, cumple la siguiente relación:

$$T'' = U_o \cdot (t_m^a - t_a^a)$$

Donde:

$U_o$ : es el coeficiente normalizado: 10 W/m<sup>2</sup>·°C.

$t_m^a$ : es la temperatura media.

$t_a^a$ : es la temperatura ambiente.

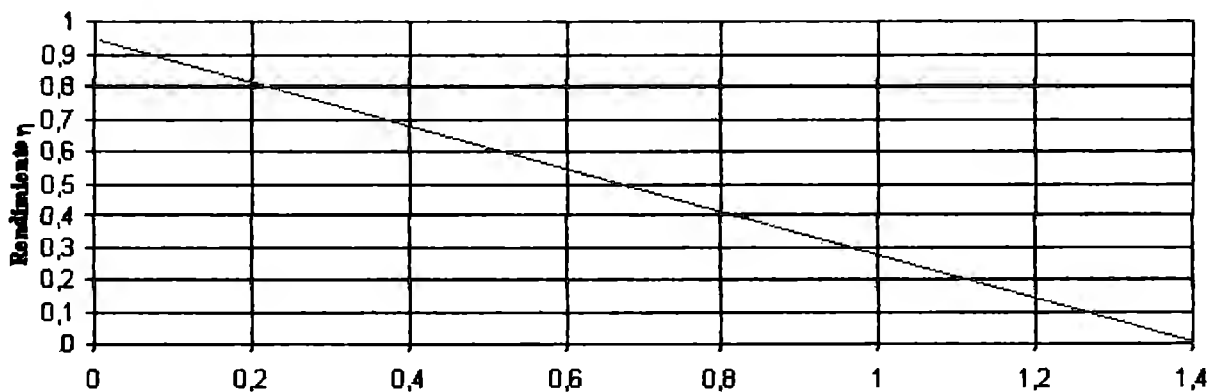


Gráfico 1. Curva de rendimiento del colector solar  
ATESA EXPORT TRIDIMENSIONAL.

A continuación podemos ver la pérdida de carga en función del caudal, teniendo en cuenta que el fluido caloportador fuese agua. Como podemos observar en el gráfico, con un caudal entre los márgenes recomendados (entre 120 y 150 l/h), la pérdida de carga en el captador solar es muy pequeña.

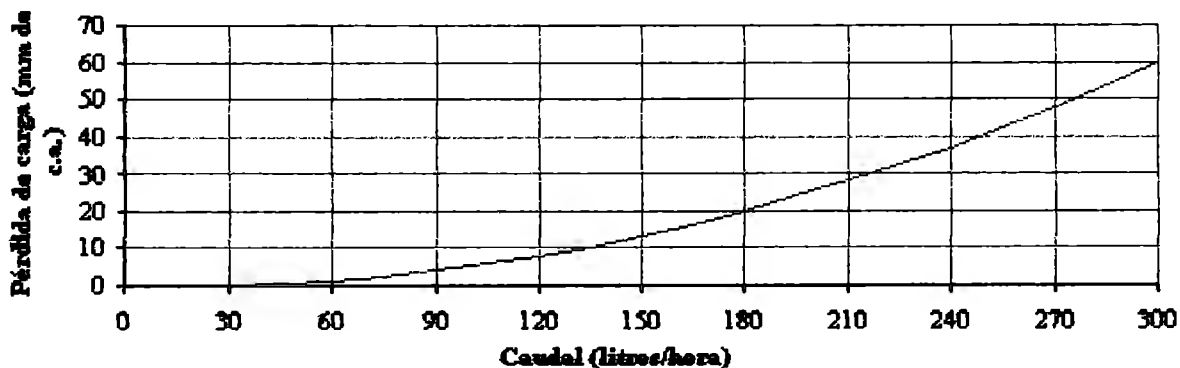


Gráfico 2. Curva de pérdida de carga del colector solar  
ATESA EXPORT TRIDIMENSIONAL.

### Ensayos y requisitos legales.

Este colector (ATESA EXPORT TRIDIMENSIONAL) ha sido ensayado oficialmente en España en el banco de pruebas del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, I.N.T.A.; generándose el N° de Informe: CAP/RPT/484 A/004/INTA/99 y homologado por el Ministerio de Industria y Energía (Español) con el número GPS-8002.

Patente de invención Española N° P 9801180.

Patente de invención Europea N° 99 500 092.4.

Ensayo INTA N° CAP/RPT/484 A/004/INTA/99.

Auditoría de calidad de la E.C.A. (Entidad Colaboradora de la Administración).

Homologación GPS – 8002.

En proceso de implantación de la norma ISO 9002.

### 5.2.2. Subconjunto de acumulación.

Dado al consumo estimado de la familia y por las características de acumulación y termotransferencia que necesitaremos recomendamos utilizar un interacumulador de 200 litros, que a su vez sea resistente a temperaturas de fluido  $>70^{\circ}\text{C}$ . Dado que queremos realizar el tratamiento antilegionela a través del sistema de resistencias, hemos buscado un tanque con acople opcional de resistencias por la parte inferior.

Después de buscar en catálogos, me he decidido por un intercambiador que además de las características anteriores posee una superficie útil de intercambio  $>0,762\text{m}^2$ . Dicho tanque de almacenamiento es el Interacumulador de pie vitrificado Serie especial “Gran producción” modelo BRV 200, de la empresa Salvador Escoda S.A., que aparece en su catálogo técnico: Manual de Energía Solar Salvador Escoda S.A.

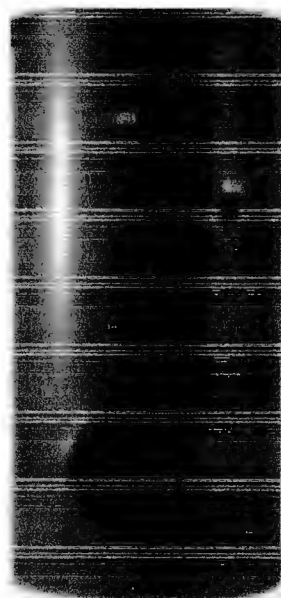


Fig. 15. Fotografía del Interacumulador de pie vitrificado Serie especial “Gran producción” modelo BRV 200.

**Características técnicas.**

- Capacidades disponibles en los modelos: 150 / 1000 litros (200 litros el elegido).
- Interacumulador vertical de producción y acumulación de ACS para colocar de pie.
- Condiciones de proyecto:
  - Circuito primario:
    - Temperatura de trabajo: máx. 99 °C.
    - Presión de trabajo: máx. 12 bares.
  - Circuito secundario:
    - Temperatura de trabajo: máx. 99 °C.
    - Presión de trabajo: máx. 6 bares.

**Características constructivas.**

- Tratamiento interior: esmaltado inorgánico (vitrificado).
- Aislamiento:
  - BRV: poliuretano rígido 50 mm, acabado en skai.
  - BRVF: poliuretano flexible de 70 mm, acabado en skai.
- Protección catódica con ánodos de magnesio  
AMS 5 (BRV), AM 1 + AT 1 (BRVF)
- Garantía de 5 años.

Capacidad (l)	Sala del Interacumulador (m <sup>2</sup> )	Dimensiones (mm)						Conexiones			Ánodo	Peso (kg)
		A	B	C	ØD	E	H	e1-u1	e2	u2		
BRV 150	0,8	130	255	635	555	765	1130	1-1/4"	1-1/4"	1-1/4"	26-320	65
BRV 200	1,1	140	282	822	615	910	1220	1-1/4"	1-1/4"	1-1/4"	26-320	85
BRV 300	1,3	160	300	840	710	935	1270	1-1/4"	1-1/4"	1-1/4"	26-320	105
BRV 400	1,9	160	315	965	710	1065	1550	1-1/4"	1-1/4"	1-1/4"	26-320	145
BRV 500	2,2	170	340	1080	760	1200	1680	1-1/4"	1-1/4"	1-1/4"	26-320	165
BRVF 800	2,5	255	385	1235	940	1380	1885	1-1/2"	1-1/2"	1-1/2"	33-320	260
BRVF 1000	2,9	255	385	1440	940	1610	2095	1-1/2"	1-1/2"	1-1/2"	33-320	285

Tabla. 4. Características constructivas de los distintos modelos de interacumuladores de la misma marca.

**Esquemas técnicos.**

e1: entrada circuito primario.  
e2: entrada circuito secundario.

u1: salida circuito primario.  
u2: salida circuito secundario.

r: recirculación  $\phi$  1".

AMS 5: ánodo de magnesio  $\phi$  1".  
AM 1: ánodo de magnesio  $\phi$  1 - 1/4".

pz: sonda  $\phi$  1/2".

re: resistencia eléctrica  $\phi$  2".

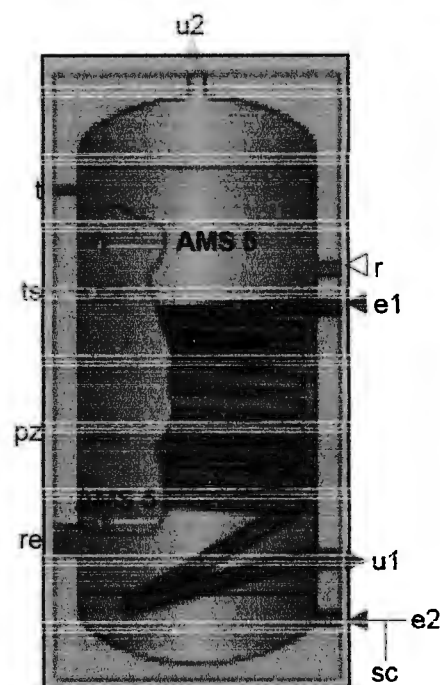


Fig. 16. Representación del detalle de la emisión de calor del fluido caloportador dentro del intercambiador de calor.

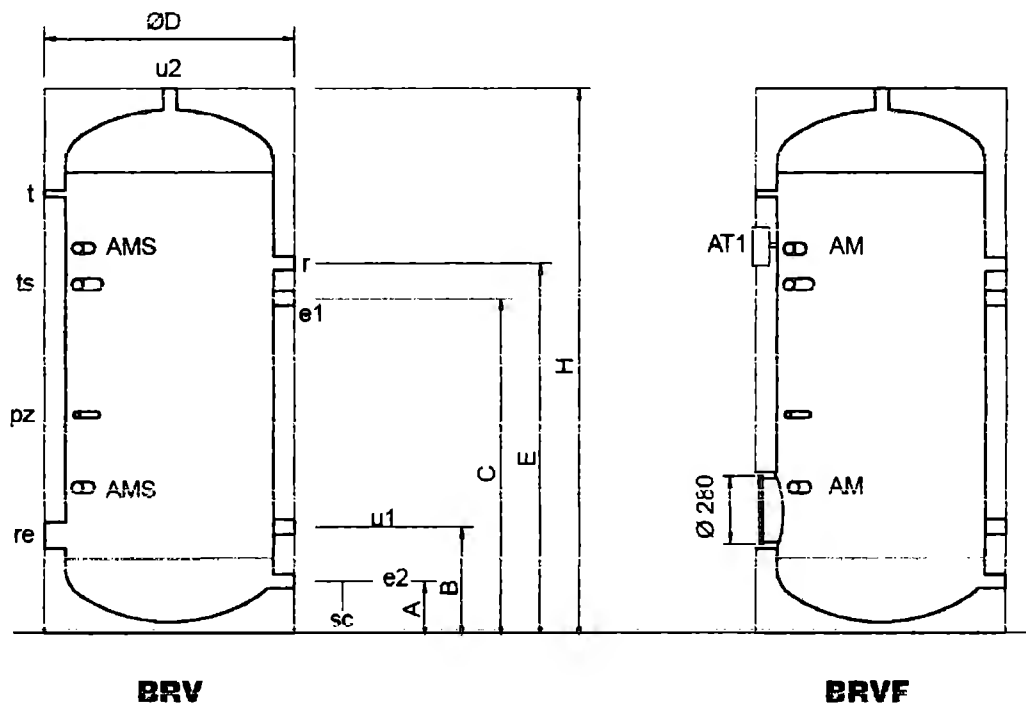


Fig. 17. Representación de entradas y dimensiones.



### 5.2.3. Subconjunto de termotransferencia.

#### 5.2.3.1. Intercambiador.

La elección de este elemento ha sido especificada en el apartado anterior.

#### 5.2.3.2. Conducciones.

De los tipos de conducciones existentes y analizadas con anterioridad, utilizaremos tubos de cobre y tubos flexibles. En el apartado de cálculos (Anexo correspondiente) podremos ver la longitud y diámetros tanto exteriores como interiores seleccionados.

##### **Tubos flexibles.**

Serán tuberías flexibles de composición interior de acero inoxidable, puesto que según los nuevos códigos de la edificación se indica que:

<< (...) Si la instalación debe permitir que el agua alcance una temperatura de 60 °C, no se admitirá la presencia de componentes de acero galvanizado. >> (C.T.E.).

Nos encontramos ante la situación que ante el cambio de normativa (la anteriormente citada), deberemos utilizar entradas y salidas de acero inoxidable, en su variante de tubos flexibles, puesto que por lo reciente del cambio, todavía las empresas suministradoras no se han adaptado. En caso de encontrar algún tipo de solución, como por ejemplo tuberías de cobre, serían sustituidas por las aquí indicadas.

Por todo esto elegiremos tubos flexibles Comercial Gassó, que nos asegura las siguientes características:

- Tubos flexibles fabricados bajo la norma DIN 3.1.B / EN 10204, emitiendo certificado de calidad y pruebas de cada ejecución.
- Margen de temperaturas continuo de -200°C a +800°C y facilidad y fiabilidad para conducir o transportar cualquier tipo de fluido, aunque se peligroso.
- Fabricación y producción según normas BS5750 - II / ISO 9002 / 316S11 / EN 10088 / 1.4541 - 1.4404.
- Tubos flexibles pensados y diseñados para absorción de vibraciones, protección contra el fuego. Se ajustan con facilidad y son la solución a cualquier conducción de fluidos.
- Tubos flexibles fabricados bajo especificaciones C.E.

Estas características hacen que no exista ningún peligro en nuestra instalación. De haber cualquier problema.



### 5.2.3.3. Fluido caloportador.

De los cálculos realizados podemos extraer que el fluido caloportador deberá ser una mezcla en porcentaje de peso de 43% de propilenglicol y un 37% de agua, o de un 39% de etilenglicol y un 41% en agua. Pero después de analizar diversos aspectos de la instalación, como son el mejor rendimiento (ver apartado A.10 del Anexo) y al cumplimiento de las características exigidas por la normativa comentadas anteriormente, elegiremos el propilenglicol como refrigerante para la misma.

### 5.2.3.4. Otros elementos.

#### Válvulas.

**Grifo de vaciado:** Es una pieza a simple vista de poca utilidad, pero a la hora de vaciar el circuito se ve su importancia. Su colocación será siempre en la parte inferior del mismo, tanto en el primario como el secundario para facilitar el mantenimiento del circuito.

**Válvulas de corte:** Se utilizarán las denominadas válvulas “de bola”, con diámetros exteriores de 18mm y 28mm para las tuberías flexibles. Su funcionamiento se basa en un elemento obturador formado por una bola, que posee un orificio del mismo diámetro que la tubería en la que se coloca. Esto hace que la pérdida de carga sea mínima al estar abiertas.

**Válvulas antirretorno:** Se encargan de permitir el flujo en un sentido e impedirlo en el sentido contrario. Existen dos tipos, de clapeta y de obús, siendo éstas últimas poco aconsejables para el circuito primario debido a su elevada pérdida de carga.

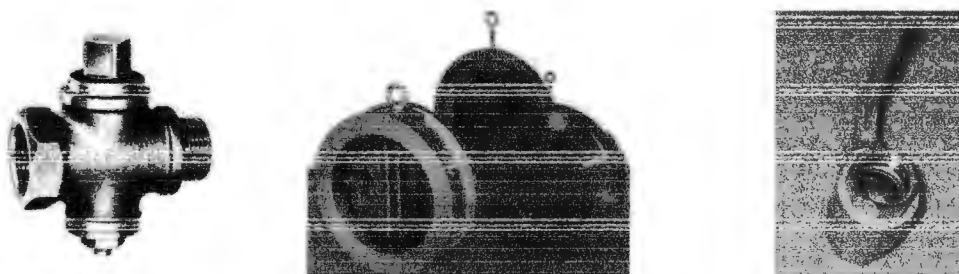


Fig. 18. Grifo de vaciado, válvula antirretorno y válvula de corte (de izquierda a derecha).

Al igual que las tuberías utilizadas en el circuito primario, las válvulas utilizadas en el sistema serán de diámetros ( $\phi_{ext}$ ) de 18mm.

#### Bombas de circulación para ACS.

De entre los modelos analizados, y tras haber calculado los valores necesarios, ya que debe ser capaz de poder vencer un rozamiento de 1,22 mca, he seleccionado modelo “SB-5 Y” de la empresa Roca. Dicha bomba posee una pérdida de carga de 0,73 mca y un caudal de  $0,279\text{m}^3/\text{h}$ .

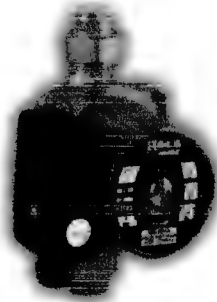


Fig. 19. Bomba de circulación.

#### **Características principales.**

- Presión máxima de 10 bares.
- Temperatura recomendada de 60°C.
- Motor de rotor sumergido.
- Piezas móviles anticorrosión en contacto con el agua, incluso en agresivas (pH<7).
- Cuerpo hidráulico y soporte motor de bronce inalterable a la corrosión.
- Árbol de rotor perforado imbloqueable de material cerámico.
- Cojinetes (rodamientos) de grafito autolubricado por el agua de la instalación
- Selector de velocidades para elegir el punto de trabajo adecuado según la instalación.
- Alto par de arranque.
- Potencia absorbida máxima de 30W.
- Motor autoprotegido contra sobrecargas. No precisa guardamotor.
- Conexión directa a la tubería mediante racores.
- Control de giro y posibilidad de purga.
- Condensador incorporado.
- Tope de retención cerámico para un perfecto equilibrio hidráulico.
- Membrana de etileno-propileno para protección integral del motor contra cal.
- Funcionamiento silencioso.
- No precisa mantenimiento.
- Consideración del fabricante de dos años de garantía.

También es conveniente instalar entre las tuberías de aspiración y de impulsión de la bomba, un manómetro de "bypass". Este elemento nos servirá para poder medir las pérdidas de carga en nuestra instalación.

#### **Vaso de expansión.**

El volumen aproximado que necesitaremos en la instalación es de unos 7,39 litros. Tras observar los distintos catálogos, he considerado utilizar la opción presentada en el catálogo manual técnico de Salvador Escoda, S.A. En concreto el modelo seleccionado será el CMF 8 litros u otro de similares características.



Fig. 20. Modelo de vaso de expansión.

#### Características principales.

- $h = 338$ .
- $D = 217$ .
- Presión de 4 bares.
- Modelo recomendado únicamente para agua caliente.
- Modelo de membrana fija.

#### 5.2.4. Subconjunto de regulación y control.

Como una de los grandes objetivos de nuestra instalación es conseguir que sea lo más eficiente posible, generando la mayor cantidad de energía solar térmica posible, necesitaremos un dispositivo capaz de realizar una regulación eficaz del sistema en todo momento. La forma más usual de hacerlo es a partir de un regulador diferencial. Tras el análisis de los mismos, he optado por el regulador de temperatura para agua sanitaria CosmoCell modelo CPL.



Fig. 21. Modelo controlador.

#### Características técnicas.

El modelo seleccionado, CPL, es un regulador de temperatura indicado para solventar problemas de legionelosis en sistemas de agua sanitaria. Este módulo dispone de una función primaria que es la gestión del ciclo de temperatura, permitiendo un programa diario o semanal de esterilización o tratamiento de la instalación.

La principal característica del CPL es su adaptabilidad para poder utilizarlo en sistemas con tipología extremadamente variable, diseñado para garantizar la máxima flexibilidad.

### **Entradas.**

- S1: Sensor "Acumulador parte superior".
- S2: Sensor "Acumulador parte inferior".
- S3: Sensor "Impulsión".
- S4: Sensor "Opción display remoto".
- Sensor volumen (S1/S2).
- Sensor volumen (S3/S4).
- 2 terminales de tensión libre (24v AC/DC máx.).

Estos terminales durante el ciclo antilegionela pueden por ejemplo, dar la señal a la caldera para elevar la temperatura.

### **Salidas.**

- R1: "Bomba del circuito primario".
- R2: "Bomba del circuito secundario".
- R3: "Válvula mezcladora abierta".
- R4: "Válvula mezcladora cerrada".
- R5: "Válvula Bypass (circuito secundario)".

### **Ensayos y requisitos legales.**

UNE 100-030-94 del CTN 100.

## **5.2.5. Aislamiento.**

Mediante la utilización de una espuma elastomérica, realizaremos el aislamiento térmico de todas las tuberías y elementos del circuito primario. Las que siguen son las características del material aislante seleccionado:

- Temperatura máxima de 105°C.
- Material resistente a la corrosión.
- Material autoextinguible.
- Resistencia mecánica media.
- Alta resistencia al agua.
- Peso específico de 60 Kg/m<sup>3</sup>.
- Coeficiente de conductividad = 0.035 W/m·K a los 20°C.

Dado que la radiación solar degrada las cualidades de este tipo de espuma, deberemos que proteger la misma con la imprimación que se suministra en el paquete, del mismo fabricante (Armaflex).

## **5.2.6. Estructura soporte.**

Para poder tener una estructura 100% segura, deberemos calcular todas y cada una de las fuerzas que afectan a la misma. Éstas son, la del viento y, también, las originadas por la misma estructura y colectores.

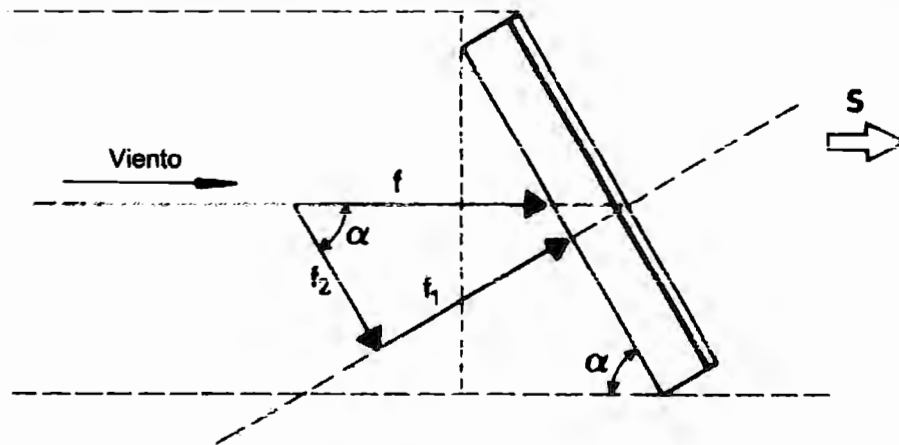


Fig. 22. Conjunto de fuerzas aplicadas sobre el colector por la acción del viento.

Podemos calcular la fuerza incidente en los colectores solares térmicos como sigue:

$$f = p \cdot S \cdot \sin \alpha$$

Donde:

**f**: Fuerza del viento perpendicular incidente a la superficie vertical ( $S \cdot \sin \alpha$ )

**p**: Presión frontal del viento en función de su velocidad.

**S**: Superficie del colector.

**$\alpha$** : Ángulo de inclinación del colector respecto al horizonte

En la realización de cálculos se ha utilizado una velocidad de viento de valor 120Km/h, dado que el viento en la zona no suele llegar a valores cercanos a éste. Este valor equivale a una presión frontal del viento de  $700\text{N/m}^2$ . Aunque dado que los colectores estarán protegidos por las edificaciones adyacentes, calcularemos la fuerza como la máxima que podrían recibir y así evitaremos problemas con la legislación vigente. De esta forma tenemos:

$$f = 700 \text{ N/m}^2 \cdot 2,5\text{m}^2 \cdot \sin 45^\circ = 1237\text{N}.$$

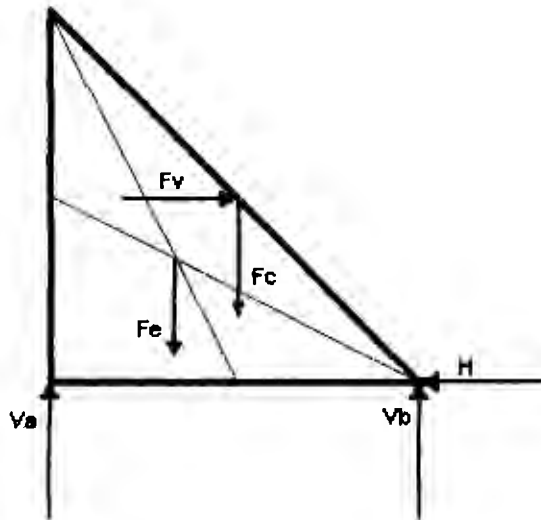
Como nuestros colectores se apoyaran sobre cuatro apoyos, la fuerza que incidirá en cada uno de ellos será igual a 309N.

Dado a que el mayor esfuerzo que ofrecerán los colectores, será cuando éstos estén llenos, hemos de saber cual será este peso. Según el fabricante dicho peso es de 44,8Kg, que equivalen a unos 439,04N. Por consiguiente en cada uno de los apoyos de nuestros colectores se producirá un esfuerzo de unos 109,76N. También hemos de tener en cuenta que el peso de la estructura será un dato para dicho cálculo, estimándose en un 50% del peso del colector.

Dado que la inclinación del tejado de nuestra edificación se aproxima mucho a la necesaria en este tipo de instalaciones, realizaremos la misma únicamente con los listones de apoyo y fijación. Por consiguiente la instalación de la clásica estructura de elevación e inclinación de los colectores no será necesaria; pero si utilizaremos el peso de la misma en el cálculo para tener mayor margen de seguridad. Por lo que tendremos:

$$439,04 \text{ N} \cdot 50\% = 219,52\text{N}.$$

Y tendremos: 54,88N resistidos por cada apoyo.



Donde:

$F_v$ : Fuerza del viento.

$F_c$ : Peso del colector.

$F_e$ : Peso de la estructura.

$V_a$ : Reacción vertical en el apoyo del punto A.

$V_b$ : Reacción vertical en el apoyo del punto B.

H: Reacción horizontal en cada apoyo.

Fig. 23. Fuerzas que influyen en el equilibrio estático de la estructura soporte.

Y mediante las leyes de la estática se establece:

$$\Sigma F_x = 0.$$

$$H = F_v = 309N.$$

$$\Sigma M_b = 0.$$

$$V_a \cdot L = (1/3 \cdot F_e \cdot 2 \cdot L) + (1/2 \cdot F_c \cdot L) - (1/2 \cdot F_v \cdot L).$$

Simplificando la ecuación anterior tenemos:

$$V_a = (54,88 \cdot 0,667) + (109,76 / 2) - (309 / 2)$$

$$V_a = V_b = -63,03N.$$

También tendremos que tener en cuenta otro aspecto, en concreto la separación entre las filas de los colectores. En nuestro caso como la instalación será en la misma línea, no deberemos calcular este punto.

## 5.2.7. Otros elementos.

### Purgador.

El modelo sugerido será el ofrecido por la marca Roca, purgador automático Flexvent.

#### Características principales.

- Accionado de purga por flotador.
- Fabricado en latón.
- Presión máxima de trabajo: 10 bares.
- Temperatura máxima de trabajo: 110°C.

### Características técnicas.

- Instalación vertical.
- Incorpora válvula de cierre.
- Puede ser desmontado para mantenimiento del purgador sin vaciar la instalación.
- Rosca 3/8".

### Purgador desaireador.

El modelo elegido en este caso es el "Flexair 32 sk" de la empresa Roca, que incluye el purgador del apartado anterior (Flexvent).

#### Características técnicas.

- Separador de aire centrífugo.

#### Características principales.

- Presión máxima de trabajo de 10 bares.
- Temperatura máxima de trabajo de 110°C.
- Máxima eficacia para velocidades superiores en agua de 0,8m/s.
- Mayor rendimiento a altas temperaturas y baja presión del sistema. En ese punto el fluido tiene su menor capacidad de disolución de aire y aparecen las burbujas.



Fig. 24. Tipo de purgador-desaireador.

### Manómetros.

El manómetro que instalaremos en paralelo con la bomba de circulación, en el circuito primario, será también de la empresa Roca.

#### Características principales.

- Termómetro con escala de 20°C a 120°C.
- Diámetro de esfera de 80mm
- Vaina con válvula de cierre y rosca 1/2".
- Modelo de 60 mca vertical.

### Termómetros y termostatos.

La marca empleada en los termómetros también será Roca, con su modelo TV-80, aunque también se pueden usar otros similares.

#### Características principales.

- Diámetro de esfera 80mm.
- Vaina roscada de 1/2" de 50mm de longitud.
- Fijación del aparato a la vaina por fricción.
- Escala de temperaturas de 0°C a 120°C.

## 6. Uso eficiente de la energía.

### 6.1 Introducción.

En el desarrollo de este estudio de eficiencia energética para la vivienda, de inicio estudiaremos las posibilidades existentes en el mercado respecto a la climatización, comentando las ventajas y desventajas de los mismos respecto al sistema existente en la vivienda, encarándolas al ahorro energético y económico. A continuación se realizarán una serie de consejos para incrementar el ahorro de energía, analizando las zonas de la vivienda donde existe mayor pérdida de energía.

### 6.2. Acondicionamiento de una vivienda.

Podemos hablar de climatización cuando en un mismo local cerrado controlamos el ambiente, tanto en verano con refrigeración, como en invierno con calefacción.

Los principales sistemas de *refrigeración* son:

- Ventiladores.
- Aparatos de aire refrigerado.
- Climatizadores.
- Aparatos de aire acondicionado.
- Bombas de calor.

Los principales sistemas de *calefacción* son:

- Calefacción a gas.
- Calefacción a gasóleo.
- Calefacción eléctrica.

Además de estos dos grandes sistemas, también evaluaremos los sistemas mixtos, donde uno de los anteriores se combina con otro. Por ejemplo, la energía solar con bombas de calor. Tratando también sobre alguna diferencia entre los sistemas emisores de calor más comunes (*radiadores y suelo radiante*).

#### 6.2.1. Sistema de refrigeración.

##### 6.2.1.1. Ventiladores.

Los ventiladores son máquinas que suministran energía al aire en forma de presión y velocidad, a través de un elemento rotatorio. Pueden llegar a producir presiones diferenciales de  $0,25 \text{ kg/cm}^2$  a nivel de mar. Su misión es mantener la circulación del aire compensando, en el sistema, las pérdidas de carga producidas en la instalación por rozamiento y turbulencia.

Se componen por una rueda de palas (rodete) que gira para poner en movimiento el aire, un motor (eléctrico) y una parte fija (carcasa) que se utiliza para encarar el flujo de aire.



### **Clasificación según aspectos técnicos:**

**Ventiladores centrífugos:** En este tipo la dirección de aspiración del flujo es paralela al rodete y perpendicular en la descarga. Pueden proporcionar rendimientos altos, siendo mejor a presiones elevadas y caudales altos. Son muy silenciosos, pero a la vez son de grandes dimensiones, siendo poco recomendables para viviendas.

**Ventiladores auxiliares:** En este tipo, tanto la aspiración como descarga se mantiene paralelo al rodete. Son de menor tamaño y alcanzan su mayor rendimiento a caudales y presiones bajas. Son más ruidosos que los anteriores.

La mayoría de los ventiladores se diseñan según el segundo grupo, pudiéndose encontrar todo tipo de modelos potencias y precios. Pero en este proyecto, antes de decidir un modelo, analizaremos las ventajas e inconvenientes, así como las necesidades que tenemos.

### **Clasificación según aspectos comerciales:**

**Ventiladores de sobremesa:** Su diseño es práctico y funcional, proporcionando gran caudal de aire, a la vez que silencioso. Normalmente, disponen de un selector de velocidades de ventilación e incorporan una rejilla de alta protección. Además casi todos los modelos del mercado son de cabezal inclinable y oscilante, para optimizar la distribución del aire.

**Ventiladores de columna:** El diseño es similar al anterior, pero se diferencia en poseer una base, normalmente regulable en altura, que le confiere gran estabilidad.

**Ventiladores de pared:** Este tipo tampoco difiere mucho en el diseño del primero, diferenciándose en que posee una sujeción diseñada para colocarse en la pared.

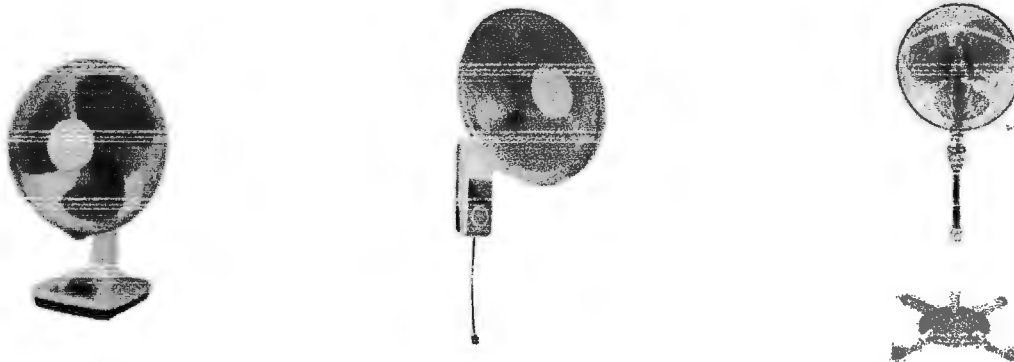


Fig. 25. Ventilador de sobremesa (izquierda), de columna (centro) y de pared (derecha).

**Ventiladores de techo:** este modelo también está basado en el primero, con la diferencia de que puede ser instalado en el techo, pudiéndose encontrar en versiones con rejilla de protección o sin ella.

**Ventiladores de torre:** Este tipo de ventiladores varía en cuanto a diseño con todos los anteriores (se asemejan a una torre o columna), haciendo que ocupen muy poco espacio. Disponen de cuerpo oscilante, selector de velocidades y temporizador.

**Ventiladores "Box fan":** Este modelo es una variación del primero, aunque con mayor potencia y carcasa prismática. Puede funcionar en posición fija o giro 360°.

**Circuladores de aire:** Este tipo de ventiladores, que están equipados con motores, pueden proporcionar caudales superiores a 3.000m<sup>3</sup>/h, llegando su vida útil a las 30.000 horas de funcionamiento. Pueden ser usados tanto en la industria como en viviendas para:

- Ventilación estancias en viviendas, oficinas y comercios.
- Ventilación de puestos de trabajo en fundiciones, siderurgias, empresas del vidrio.
- Refrigeración de transformadores, motores y compresores.
- Secado de piezas en las cadenas de pintura.
- En actividades donde sea importante la disipación del calor.

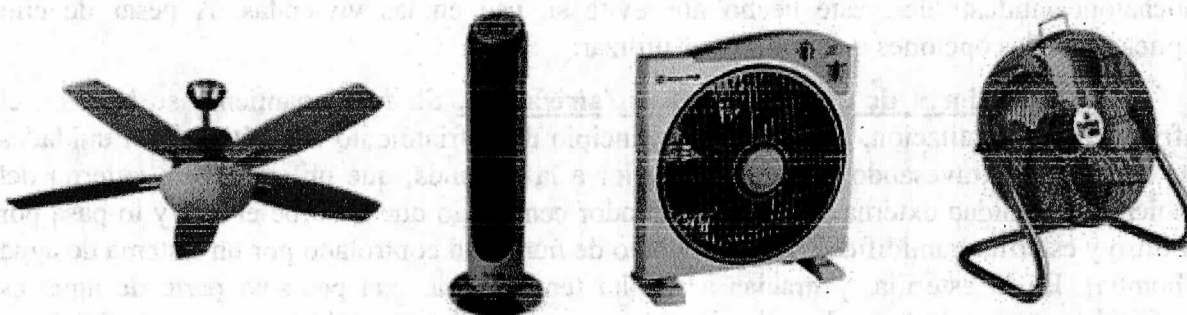


Fig. 26. De izquierda a derecha: Ventilador de techo, de torre, "box fan" y Circulador de aire.

### **Ventajas.**

- Obtención de sensación de circulación de aire (sobretudo buscada en verano).
- No genera golpes de frío. Tan solo remueven el aire existente en la dependencia.
- Instalación sencilla. Sólo es necesario enchufarlos a la red.
- Consumo energético bajo.
- Coste de instalación casi nulo.
- Coste económico bajo. Existen modelos desde 70€ de 60W y flujo de 660m<sup>3</sup>/h.
- Posibilidad de ser controlados a distancia.
- Regulación/programación por display/selector para el tiempo de funcionamiento.

### **Inconvenientes.**

- La circulación de aire en ambientes calientes no es lo que en verdad se necesita.
- No generan una homogeneización de la temperatura.
- Incomodidad en desplazamientos aún cuando incorporan ruedas para tal efecto.
- El área afectada por los modelos fijos es limitada.
- Mueven caudales elevados a costa de elevar bastante sus pérdidas de carga.
- El flujo de aire generado puede mover objetos (papeles, telas, etc).

### 6.2.1.2. Aparatos de aire refrigerado.

Entendemos por *aire refrigerado* aquel aire fresco filtrado producido por un aparato con ventiladores. En cambio, *aire acondicionado*, es aquel generado por un conjunto de equipos que funcionan de forma encadenada y proporcionan aire controlado al ambiente, seleccionando la temperatura. En el caso de referirnos a climatizadores, además de seleccionar la temperatura ideal, también corregiremos la humedad del ambiente. De esta forma, podemos concluir que acondicionar una vivienda no es lo mismo que climatizarla. En una vivienda, normalmente no necesitamos regular la humedad relativa del ambiente, además de que resulta muy caro puesto que los aparatos convencionales no lo suelen lograr.

La gran mayoría de refrigeradores existentes en la actualidad, están diseñados para aplicaciones industriales; este hecho nos evita su uso en las viviendas. A pesar de ello explicaremos las opciones que podríamos utilizar:

**Refrigeradores de aire adiabáticos (aire/agua).** Su funcionamiento se basa en el enfriamiento y ventilación, basados en el principio de enfriamiento adiabático. Son unidades que se instalan atravesando una pared exterior a la vivienda, que utiliza el aire externo del ambiente. La unidad externa posee un ventilador centrífugo que absorbe el aire y lo pasa por un filtro y esterilla humidificada (con un grado de humedad controlado por un sistema de agua y bomba). En la esterilla, y gracias a su alta temperatura, una pequeña parte de agua es evaporada; esto produce un flujo de aire frío que se distribuye por la estancia, reduciendo su temperatura. Además de conseguir una temperatura inferior, este proceso también filtra el polvo, polen y otros contaminantes, pudiendo llegar a reducciones de unos 10°C.

#### ***Ventajas.***

- Obtenemos circulación de aire frío añadiendo únicamente agua a la máquina.
- Instalación mínima, únicamente hay que enchufarlos a la red.
- Consumo relativamente bajo.
- Coste económico reducido: Precios desde 100€ (de 1200 m<sup>3</sup>/h, 8 kg, 60W, y 12 l).
- Posibilidad de control con mando a distancia.
- Regulación/programación por display/selectores para el tiempo y temperatura.

#### ***Inconvenientes.***

- Pueden generar golpes de frío, y sus consiguientes enfermedades.
- La temperatura de la estancia no es homogénea.
- Se suelen utilizar en lugares reducidos.
- La movilidad no es del todo buena (en equipos portátiles) o inexistente (fijos).
- Los modelos fijos sólo afectarán a un área limitada.

### 6.2.1.3. Climatizadores.

Este tipo de aparatos nos permite elegir la temperatura y humedad relativa, dejándola a los niveles deseados. Existen dos tipos de climatizadores:

#### 1) Aparatos de aire acondicionado.

Mediante este sistema podemos variar las condiciones ambientales del interior de una estancia respecto al exterior. El modelo básico consta de dos unidades (interior y exterior), comunicadas a través de un circuito mediante el cual logramos controlar la temperatura y la humedad del aire. El funcionamiento del sistema consiste en el enfriamiento del aire del ambiente mediante agua, aire o algún refrigerante.

El objetivo de este tipo de sistemas es mantener una temperatura y humedad constantes en la estancia. Este hecho se consigue siempre y cuando dicha estancia esté aislada, reduciéndose la eficacia en caso de que abramos puertas o ventanas.

Una de las ventajas de estos aparatos es la posibilidad de mantener una temperatura estable, por el contrario posee un gran inconveniente, ya que consumen mucha energía.

**Consumo:** El consumo del aparato dependerá de la tecnología utilizada en su construcción. Son fundamentales opciones como la programación nocturna y el encendido y apagado a horas programadas. Una unidad ubicada en dormitorio gasta unos 0,06 €/h y una en un comedor unos 0,09 €/h.

**Tamaño:** Dependerá del tamaño de la estancia a climatizar, según los m<sup>2</sup>, teniendo en cuenta que para enfriar un m<sup>2</sup> son necesarias unas cien frigorías.

**Precio:** No suelen ser excesivamente caros, dependiendo del tamaño de la habitación a climatizar. Existen modelos en el mercado desde 400€.

#### 2) Bombas de calor.

El funcionamiento de estos sistemas se basa en circuitos reversibles, pueden producir frío en verano y calor en invierno, para climatizar una estancia a lo largo de todo el año.

Actualmente la práctica totalidad ofrece bomba de calor integrada, rentabilizando así la inversión (suelen ser unos 100€ más caros que los anteriores). Existen modelos que funcionan con bombas de aire-aire o de aire-agua, siendo las de agua-agua las más aceptadas en viviendas unifamiliares. Además, es un sistema muy ecológico y recomendado por la UE.

**Aporte energético:** Es un sistema energéticamente eficiente en calefacción, ya que es capaz de aportar más energía que la que consume (entre 2 ó 3 veces más). Esto lo consigue al recuperar energía “gratuita” del ambiente exterior (puede regularse por un potenciómetro) e incorporarla para calefacción, obteniéndose ahorros cercanos al 25%.

**Regeneración del aire:** Gracias al aporte de aire del exterior se obtiene una renovación del mismo en el recinto climatizado, mejorándose su calidad.

**Ecológico:** Las emisiones producidas por este sistema son entre un 30 y 40% menores que con una caldera convencional.

### **Ventajas comunes.**

- Mayor control en las condiciones ambientales.
- Gran diversificación de modelos, con posibilidad de colocación en pared o techo.
- A pesar de tener un precio mayor, la calidad de los beneficios lo vale.
- Evita corrientes de aire gracias a sensores que pueden regularlas.
- Programación a base de mandos a distancia y displays.
- Mantenimiento mínimo: Requieren una limpieza periódica del filtro del aire.
- Son equipos muy silenciosos y con buen rendimiento, y relativo poco peso.

### **Inconvenientes comunes.**

- A pesar de ser silenciosos, el ruido del ventilador puede resultar molesto.

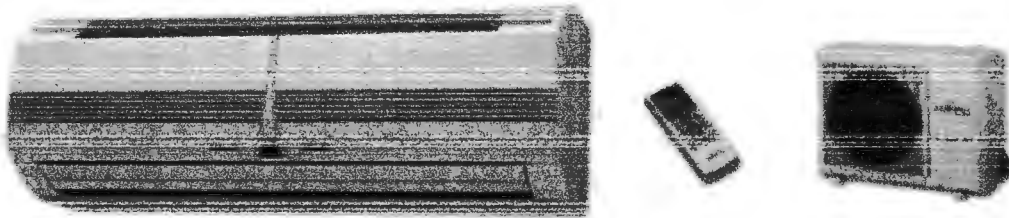


Fig.27. Bomba de calor.

### **Tecnología Inverter.**

Los sistemas NO Inverter, se basan en un funcionamiento ON/OFF, es decir arrancan y paran frecuentemente el compresor. El compresor se pone en marcha cuando el sistema nota una diferencia de temperatura en el recinto, y no se apaga hasta que el mismo alcanza la temperatura deseada, trabajando a pleno rendimiento en todo el proceso. El compresor volverá a ponerse en marcha cuando exista la diferencia de temperatura necesaria.

Los sistemas Inverter se basan en un funcionamiento gradual, haciendo que el compresor no arranque y pare constantemente, reduciéndose así el consumo del mismo y manteniendo una temperatura más estable en el recinto. Esto resulta en un mayor confort y un menor gasto, evitando subidas y bajadas de temperatura y optimizando el consumo.

### **Ventajas.**

- Gran ahorro de energía (hasta un 25%) debido a su funcionamiento eficiente.
- Mayor nivel de confort al adaptarse para obtener una temperatura deseada estable.
- Menor nivel sonoro y mejor distribución del aire.
- Más rapidez para alcanzar la temperatura deseada
- Mayor vida útil gracias a la tecnología Inverter.
- Mejor eficiencia a bajas temperaturas (incluso a  $-10^{\circ}\text{C}$ )
- Mínima inversión adicional (unos 180€ respecto a sistemas convencionales).

## 6.2.2. Sistema de calefacción.

Para poder calentar el interior de la vivienda en épocas invernales es necesario elegir la mejor fuente de calor, dependiendo del tipo de casa, el coste económico y muchos más factores. Existen diversos sistemas de calefacción, con sus ventajas, inconvenientes y características específicas.

Los siguientes son los tipos de calefacciones existentes en la actualidad:

**Gas Natural:** Contiene entre un 60 y 80% de metano, 3% de propano, entre 5 y 9% de etano, y de 2 a 14% de hidrocarburos superiores. Es un combustible de precio competitivo y su coste de instalación se amortiza rápidamente. Esto hace que sea uno de los combustibles de uso más habitual. La combustión que ofrece es más completa (por tener una estructura molecular más simple). El mantenimiento de los equipos que usamos es fácil y económico, siendo muy cómoda su utilización ya que no se deben comprar bombonas ni preocuparse por su agotamiento. Se puede utilizar tanto para calefacción, ACS o cocina.

**Gas Propano:** Se puede almacenar en bombonas pequeñas (en terrazas o balcones) o depósitos fijos (individuales o colectivos). Posee una potencia calorífica superior a la del Gas Natural, y un coste inferior.

**Gasóleo C:** Es el combustible más económico existente en el mercado. Su gran inconveniente es la imposibilidad de usarlo en la cocina. Esto hace que sea necesario otro combustible para tal menester. Otros inconvenientes son el almacenamiento y extracción de gases quemados en la combustión, que debe realizarse por la cubierta. Hemos de recordarnos que éste es el modelo existente en la actualidad en la vivienda.

**Carbón y Leña:** Son combustibles sólidos tradicionales difícilmente regulables. Poseen como problemas el espacio de almacenamiento y la limpieza diaria de residuos, además de poseer precios altos y oscilantes al no estar regulados.

**Energía Eléctrica:** Puede ser utilizada de forma individual o en instalaciones centralizadas. Sirve como combustible complementario, pudiendo ser económica gracias a tarifa nocturna y a los acumuladores de calor. No precisa mantenimiento ni instalaciones complicadas. Es confortable, se puede programar y automatizar con sencillez además de poseer un rendimiento elevado.

### 6.2.2.1. Calderas de gas.

Este tipo de calderas están destinadas a instalaciones domésticas de calefacción y ACS. Se basan en la quema del gas en la caldera, para aportar el calor generado al agua que circula en su interior y se distribuye por la red de la casa, tanto para ACS o calefacción. Suelen ser calderas murales que incorporan los elementos necesarios para funcionar.

Podemos clasificarlas según el servicio ofrecido:

- Calderas de calefacción.
- Calderas mixtas (CM):
  - CM de calefacción y producción de ACS instantánea.
  - CM de calefacción y producción de ACS por acumulación.

### Ventajas.

- Gran variedad de modelos en el mercado.
- Adaptabilidad entre los combustibles usados (Gas Natural y Propano).
- Mantenimiento sencillo, una vez al año.
- Menor coste respecto al Gasóleo, con un rendimiento energético superior.
- No produce emisiones de SO<sub>2</sub> (lluvia ácida) y reduce las de CO<sub>2</sub> respecto al Gasóleo.

### Inconvenientes.

- Las CM instantáneas reparten el caudal generado entre todos los grifos existentes.
- En instalaciones en el interior necesitan chimeneas para evacuación de gases.

### 6.2.2.2. Calefacción eléctrica.

Es un sistema sencillo sin necesidad de obras, tan solo necesitamos la caldera eléctrica, puesto que la red que está instalada en la vivienda. Gracias a la tarifa nocturna y los acumuladores, resulta económica y rentable.

### Ventajas.

- No necesita depósitos ni produce gases ni olores, evitando riesgo de explosión.
- Energía con la tasa de incidencias en el suministro más baja.
- Uso eficiente, dado que consume en la tarifa nocturna (55% inferior a la diurna).
- Rendimiento del 100%. Toda la energía consumida se transforma en calor.
- Poca oscilación de precios respecto a las energías de combustibles fósiles.
- Instalación rápida y cómoda en cualquier vivienda, careciendo de mantenimiento.
- Precio competitivo respecto otros sistemas (caldera y circuito de agua).

### Inconvenientes.

- Al contratar tarifa nocturna, la diurna se encarece un 3%. Encareciendo su consumo.
- Ante fallas de suministro no dispondríamos de sistema de calefacción.
- En viviendas antiguas se requiere una remodelación total de la red eléctrica.

Número de personas	Capacidad del termo	% consumo nocturno	Consumo anual de agua caliente (kWh)		
			Día	Noche	Total
1-2	100	60%	540	810	1.350
	150	95%	71	1339	1.410
3-4	150	60%	944	1.416	2.360
	200	95%	124	2.356	2.480
5-6	200	60%	1.484	2.226	3.710
	300	95%	195	3.695	3.890
1-2	100	60%	540	810	1.350
	150	95%	71	1339	1.410
3-4	150	60%	944	1.416	2.360
	200	95%	124	2.356	2.480
5-6	200	60%	1.484	2.226	3.710
	300	95%	195	3.695	3.890

Tabla 5. Consumo anual según el momento del día y las personas que componen una familia.



### **6.2.2.3. Acumuladores de calor.**

Son aparatos que consumen energía eléctrica para producir y almacenar calor durante la noche (máximo 8h) y que aportan el calor a lo largo del día, a medida que las necesidades de calefacción lo requieren. Es decir, son aparatos concebidos para funcionar con un ciclo de carga y descarga separado en el tiempo. Este hecho hace que podamos aprovechar las tarifas eléctricas nocturnas.

Están compuestos por: *Núcleo acumulador* (ladrillos refractarios de gran capacidad de almacenamiento de calor), *Resistencias eléctricas* (que calientan el acumulador), *Aislamiento térmico* (que conserva el calor del núcleo y evita transmisiones al exterior) y un *Sistemas de seguridad y control* (que asegura una carga y descarga del calor óptimas).

#### **Acumulador Estático.**

El sistema de regulación de carga puede ser manual o automático. La descarga de calor se realiza por radiación desde la superficie del aparato. Presentan precios más bajos que los dinámicos y son más sencillos de instalar. Se recomienda utilizarlos en habitaciones con necesidad de calefactarse permanentemente. Existen modelos con potencias de 0,7 a 3,5kW.

#### **Acumulador Dinámico.**

El sistema de regulación de carga puede ser manual o automático. La descarga de calor se realiza al ser el aire impulsado por el ventilador a través del núcleo. Un termostato regula la temperatura de la habitación y controla el funcionamiento del ventilador. Pueden incorporar resistencias eléctricas de apoyo para ambientes fríos. Poseen una mejor regulación de la descarga que los estáticos, recomendándose su instalación en habitaciones con necesidades de restitución del calor más rápida. Existen modelos de potencias de 1,5 a 8 kW.

#### **Ventajas.**

- Reducción del coste de calefacción por uso de la tarifa nocturna.
- Instalación sencilla y sin obras, únicamente se conectan a la red.
- Solución que se caracteriza por su limpieza y seguridad.

#### **Inconvenientes.**

- Regulación de la descarga de calor peor que en aparatos eléctricos convencionales.
- Precio elevado respecto a aparatos eléctricos convencionales.
- Necesidad de remodelación de la red existente en viviendas antiguas.

### **6.2.2.4. Otros sistemas eléctricos.**

#### **Los convectores.**

Funcionan mediante una resistencia de baja temperatura que calienta el aire frío de la parte inferior y lo distribuyen por la superior, r para ofrecer un agradable ambiente. Se coloca en paredes mediante soportes debajo de ventanas y se conectan a la red eléctrica.





Poseen las *ventajas* de que no requiere obras, son silenciosos, funcionan de forma automática, son baratos (aparato de 1kW por 40€) y es un sistema de calefacción directa que permite obtener al instante la temperatura deseada regulada en el termostato. Por lo que se refiere a los *inconvenientes* diríamos la sensación de “golpe de calor” cuando nos acercamos a los aparatos, no sirven de calefacción en una casa (pudiéndose utilizar en estancias aisladas), no son acumuladores por lo que elevan excesivamente el consumo diario.

### **Placas radiantes.**

Son envolturas metálicas lisas, con menos fondo que los convectores, que emiten la mayor parte del calor por radiación. Como *ventajas* diríamos que la temperatura producida hace que se reparta uniformemente por la habitación y son relativamente económicos (1kW por 80€). En cuanto a los *inconvenientes*, poseen los mismos que los convectores.

### **Termoventiladores o calefactores.**

Son sistemas eléctricos que emiten aire caliente a través de una resistencia eléctrica, y difundir el calor por medio de un ventilador. Como *ventajas* diríamos que poseen tamaños reducidos adaptables a cualquier estancia, poseen regulación electrónica de la temperatura y potencia y no son muy caros (2kW por 16 €). En cuanto a los *inconvenientes*, generan ruido excesivo, remueven gran cantidad de partículas y el resto de inconvenientes de los anteriores.

### **Radiadores de infrarrojos.**

Se componen de tubos de cuarzo que son calentados por la corriente eléctrica, emitiendo el calor por radiación, de forma intensa e instantánea. Como *ventajas* diríamos que permiten localizar el punto de calor, resultan económicos (equipos de 2 potencias 500/1000W por 25€) y al emitir el calor por radiación no puede escaparse por las ventanas. En cuanto a los *inconvenientes*, se recomiendan únicamente para estancias de menos de 30m<sup>2</sup>, consumen grandes cantidades de energía y no caldean el ambiente de forma homogénea.

### **Radiadores de termofluidos.**

Poseen un armazón metálico similar a los equipos de calefacción central. En su interior contienen aceite que se calienta mediante resistencias eléctricas y emiten el calor por convección. Como *ventajas* diríamos que consumen menos energía que las estufas de infrarrojos o de cuarzo, su estructura en filamentos contribuye a una mayor emisión de calor, su material evita las quemaduras, incluye un reloj programable para grabar las horas de funcionamiento, es relativamente barato (1 kW por 64 €) y genera calor incluso después de apagarlo por la energía acumulada en el aceite. En cuanto a los *inconvenientes*, no sirve de calefacción para una vivienda pudiéndose usar en estancias aisladas y no dispone de ningún tipo de acumulador por lo que gasta demasiada energía diaria.

### 6.2.2.5. Equipos NO eléctricos.

#### **Estufa de queroseno.**

Su combustible es el queroseno, pudiendo calentar efectivamente estancias pequeñas. Como *ventajas* diríamos que son buenos emisores del calor. En cuanto a los *inconvenientes*, posibilitan accidentes graves, siempre se debe usar el queroseno indicado por el fabricante, genera CO y CO<sub>2</sub> y no es un sistema de calefacción central.

### 6.2.2.6. Calefacción radial.

La calefacción radial consiste en sistema basado en la instalación de calefactores bajo el suelo. Se recomienda su instalación en obras nuevas. Es el sistema de transmisión de calor más natural de todos. Se trata de tuberías bajo el suelo que contienen agua caliente; la superficie de calor es mayor y realmente el cuerpo no llega a sentir ni frío ni calor, sino que se mantiene a su temperatura natural. Como *ventajas* diríamos que es un sistema que se puede usar también en verano puesto que se puede hacer circular agua fresca en lugar de caliente, ahorra energía (de 10 a 30%) puesto que la totalidad se queda dentro de la estancia y no en paredes externas. Como *inconvenientes*, su precio de instalación es realmente alto (30€/m<sup>2</sup>), condiciona el uso de un tipo de suelo en específico y su instalación condiciona una remodelación total de la vivienda.

## 6.2.3. Conclusión y elección del sistema de climatización.

### 6.2.3.1. Refrigeración.

De acuerdo a las latitudes, orientación y aislamiento existente en nuestra instalación, no se recomienda ningún sistema de refrigeración adicional. Además, en este punto hemos de decir que los largos periodos estivales pasados en ella nos dan el conocimiento de que no es excesivamente caliente, a pesar de que en el exterior el calor sea excesivo. De esta forma, si en el futuro se desease se podrían adoptar opciones basadas en aire acondicionado o bombas de calor móviles.

### 6.2.3.2. Calefacción.

En el sistema de calefacción nos pasa lo mismo, la caldera de gasóleo existente tiene un coste inicial medio (para nosotros nulo, puesto que ya está instalada), y reducidos costes de mantenimiento; pero su inconveniente es el gran incremento de los precios del combustible. Puesto que la familia está a gusto con el sistema actual, tan sólo aconsejaríamos cambiar la caldera existente pero una de alto rendimiento (bajo consumo).

No se contempla el cambio de la actual caldera por una de gas, puesto que la inversión no sería rentable al obtener a penas compensación económica; además de que no se dispone en la vivienda, ni en la zona de red de distribución de Gas Natural (que sería el más rentable y respetuoso con el medio ambiente).

## **6.2.4. Consejos para un uso eficiente de la energía disponible.**

### **6.2.4.1. Ahorro de combustible.**

Como la recomendación es no cambiar el sistema de calefacción actual, a continuación se ofrece unas recomendaciones para reducir el consumo de combustible:

### **6.2.4.2. Mantenimiento de los sistemas de calefacción.**

Mediante un correcto mantenimiento del sistema de calefacción conseguiremos un mejor funcionamiento y alargaremos su vida útil. La mayoría de las averías existentes en estos tipos de sistemas se pueden evitar con un mantenimiento periódico y eficaz, que nos será rentable a la larga. Las calefacciones trabajan con secciones pequeñas de tubo y con una bomba de circulación. El agua ya calentado se impulsa por ellos hacia los radiadores, entrando a través del termostato en su interior y calienta a los mismos.

#### ***La caldera.***

Es la parte más importante de la instalación, es la encargada de repartir el agua caliente entre los diferentes elementos del sistema. Como elemento principal, debe encontrarse en perfecto estado de limpieza todas sus partes; puesto que si se acumula el hollín, se producirá una mala combustión, disminuyéndose el rendimiento esperado. Una limpieza periódica evitará este suceso. También deberemos revisar las juntas de puertas, cajas de humos y otras juntas que permitan entrada de aire indeseado, que también disminuyen el rendimiento al perder estanqueidad. También recomendamos utilizar agua tratada en el sistema para evitar incrustaciones en los elementos del sistema.

#### ***Los radiadores.***

Se debe realizar un purgado antes de poner el sistema en marcha después de estar un tiempo inactivo, ya que se pueden haber llenado los radiadores de aire. Sería interesante instalar reflectores entre las paredes y los radiadores ya que evitaremos gran parte de las pérdidas de calor.

#### ***El quemador.***

Es fundamental en el rendimiento del sistema de calefacción. Requiere seguir el mantenimiento indicado en su manual correspondiente, que deberá llevarse por personal especializado. Para conservarlo en perfectas condiciones se debe limpiar el filtro de aspiración de combustible, el sistema de fotorresistencia, y los electrodos y boquillas.

#### ***El termostato.***

Del buen funcionamiento del termostato dependerá que el sistema se ponga en funcionamiento únicamente cuando realmente sea necesario. Existen termostatos programables digitales que pueden hacer más fácil su manipulación para tal efecto.

### **6.2.4.3. Consejos para ahorrar energía en verano.**

Si posteriormente se deseara instalar algún tipo de ventilación, refrigeración o de acondicionamiento del aire, lo intentaremos hacer de la forma más económica posible. De esta forma, sería conveniente seguir algunas pautas:

- Instalar toldos y persianas para reducir el efecto calorífico del Sol.
- Usar vidrios polarizados para reducir las transmisiones del calor. (-20% en A.C.).
- Ventilar la casa a primeras horas de la mañana en verano.
- Aislar techos y muros expuestos al Sol, obteniendo ahorros de hasta el 30% en A.C.
- Los sistemas "multisplit" permiten regular la temperatura en cada dependencia.
- Aislar los tubos del equipo de aire acondicionado para evitar pérdidas.
- Limpiar por lo mínimo 2 veces al año los filtros del equipo de aire acondicionado.
- Instalar el termostato lo más lejos posible de las fuentes de calor.
- No regular el termostato del Aire acondicionado por debajo de los 25°C.
- Cuando la temperatura exterior es inferior a 24°C no usar el AC y abrir las puertas.
- Apagar siempre el aparato de AC si no se va a estar en una estancia.

### **6.2.4.4. Ausencia de pérdidas de energía.**

Las pérdidas de carga producidas en una vivienda son las responsables de que en ella el consumo energético se incremente. A continuación daremos una serie de recomendaciones para evitarlas:

- Revisar el estado del aislamiento de las paredes exteriores y del sótano.
- Revisar el estado del aislamiento de cielos rasos, ático, los pisos y cableado eléctrico.
- Buscar grietas en paredes para evitar la entrada/salida de aire en la vivienda.
- Asegurar un flujo de aire en la vivienda para obtener una humedad deseada.
- Cerrar el tiro de la chimenea si no se usa.
- Instalar de dobles ventanas o ventanas de doble cristal.

## **6.3. Otras sugerencias de usos eficientes de la energía.**

### **6.3.1. Iluminación interior.**

- Apagar las luces de las estancias desocupadas.
- Usar una iluminación racional de las estancias (sin sobrecargarlas).
- Utilizar bombillas fluorescentes de bajo consumo en todas las lámparas.
- Aprovechar la luz del Sol en la medida de lo posible.
- Evitar las lámparas de halógeno, puesto que consumen excesiva energía.
- Comprar bombillas de eficiencia energética A (la más alta).

### 6.3.2. Lavaplatos.

- Adecue la temperatura de lavado del aparato a la mínima aconsejada.
- Raspe los platos antes de introducirlos en el lavaplatos (evitar enjuagarlos).
- Utilizar el lavavajillas a plena carga, sin sobrecargarlo.
- Evitar secar la vajilla a través de aire del lavaplatos, dejarlos secar al aire.
- Comprar un lavaplatos de clase energética AAA. Ahorro energético mayor.

### 6.3.3. Refrigeradores y Congeladores.

- Compre refrigeradores con control automático de la humedad (ahorro de 5 a 10%).
- Regular el frigorífico a 3 ó 4°C y el congelador incluido a -15°C.
- Regular los congeladores externos a -18°C.
- Evite la acumulación de escarcha que disminuye la eficiencia del equipo.
- Cubra los alimentos del frigorífico, para evitar que suelten humedad.
- Limpie el serpentín cada año para conseguir un funcionamiento óptimo del aparato.

### 6.3.4. Cocina.

- Utilice únicamente agua fría con cantidades necesarias pequeñas.
- Compre aparatos con sistema de encendido automático eléctrico, que ahorra gas.
- La llama del Gas debe ser azul, una amarilla indica un quemado erróneo.
- Limpie quemadores y reflectores de la estufa, para que reflejen mejor el calor.
- Caliente el agua en olla tapada, es más rápido y requiere menos energía.
- Utilice el quemador de tamaño indicado según el tamaño de la olla.
- Con electricidad apagar los quemadores antes del tiempo de cocción indicado.
- Apagar el horno varios minutos antes de acabar la cocción.
- Para comidas pequeñas use cacerolas eléctricas u hornos eléctricos.
- Use olla express y microondas en la medida de lo posible.

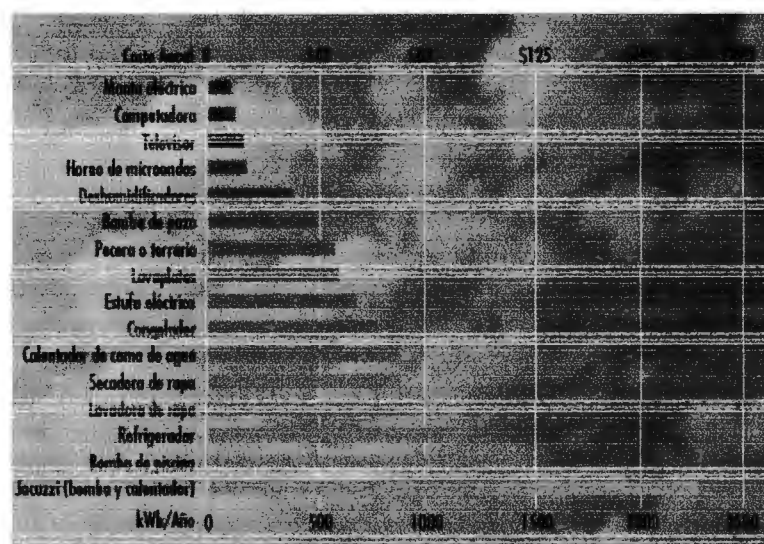


Gráfico 3. Consumos de energía y coste en dólares en función del aparato usado.

## 7. Análisis de viabilidad económico - financiera.

### 7.1. Procedimiento.

En este apartado analizaremos la rentabilidad de nuestra instalación, anteriormente diseñada. Para ello, explicaremos conceptos económicos como son *el tiempo de retorno del capital*, la *tasa de rentabilidad interna (TIR)* o el *valor actual neto (VAN)*.

Lo que deberemos hacer antes de poder decir si nuestra instalación es rentable, es saber precisamente el coste de ésta. Nuestro diseño está compuesto por una instalación solar y por una instalación convencional ya en funcionamiento.

Contemplaremos los siguientes conceptos, de valor fijo y conocidos de antemano:

**C:** El coste de la instalación solar diseñada.

**M:** El coste de mantenimiento de la instalación (suele rondar el 1% del total).

**A:** Ahorro que obtendremos con nuestra instalación solar.

Debemos tener en cuenta otros valores que, con el paso del tiempo, pueden variar:

- **g:** Incremento del coste del combustible sustituido (gasóleo).
- **i:** Incremento del coste del mantenimiento según la inflación.
- **e:** Interés bancario.

En este tipo de instalaciones se acostumbra a desembolsar inicialmente todo el coste de la misma y con el tiempo obtendremos beneficios de su utilización, que serán el equivalente económico del ahorro obtenido comparándolo con el precio del combustible de nuestra energía auxiliar. Para obtener el *Beneficio Neto Anual*, restaremos al beneficio anual, el coste del mantenimiento.

Según los años de vida útil de la instalación  $n$ , podemos calcular el VAN como sigue:

$$B = \left( A \cdot \sum \frac{g + 1}{(e + 1)^n} \right) - \left( M \cdot \sum \frac{i + 1}{(e + 1)^n} \right) - C$$

Donde:

**B:** Beneficio neto o VAN

**M:** Coste de mantenimiento.

**g:** Incremento de combustible.

**i:** Inflación.

**A:** Ahorro de combustible.

**C:** Coste de inversión.

**e:** Interés bancario.

**n:** Tiempo en años.

En los primeros años de vida de la instalación, el VAN saldrá negativo, ya que no se habrá amortizado aún la misma, pero con el paso del tiempo llegará a anularse. En el valor de  $n$  donde eso ocurra, podremos decir que es el *Tiempo de retorno*. Desde ese instante, la instalación estará amortizada y el ahorro que obtendremos será beneficio neto para la misma.

El *TIR (tasa interna de retorno)* es el interés que hace nulo al VAN. Este valor deberá ser superior al interés bancario.

## 7.2. Cálculos.

### 7.2.1. Sin subvenciones.

En nuestro proyecto utilizaremos los siguientes valores:

- **Ahorro de combustible:** 158 €/año. (ver anexo A).
- **Coste de inversión:** 5.360,84 €. (ver apartado PRESUPUESTO).
- **Coste de mantenimiento.** 54 €/año (1% del total de la instalación).
- **Incremento precio del gasóleo:** 22%/año (según variaciones de los últimos años).
- **Inflación:** 4,1% (media de los últimos 5 meses del 2007 y 2 primeros del 2008).
- **Interés financiero:** 8% (interés medio de los préstamos personales).
- **Tiempo de vida útil de la instalación:** 20 años.

Como resultado de los datos anteriores obtenemos, sin considerar ningún tipo de subvención, los siguientes resultados:

PR: Tiempo de retorno será igual a 15 años.

TIR: 8,96%.

VAN a los 20 años, aproximadamente, de 6384,32 €.

En la tabla siguiente podemos observar el valor anual de cada una de las variables que entran en juego para el cálculo del V.A.N., T.I.R. y del tiempo de retorno, para una instalación sin subvenciones:

SIN SUBVENCIONES				
Año	Coste Instalación	Ahorro gasóleo	Coste Mantenimiento	Beneficio
1		158,00 €	53,61 €	-5.256,43 €
2		336,48 €	106,76 €	-5.131,12 €
3		538,10 €	159,45 €	-4.982,19 €
4		765,85 €	211,69 €	-4.806,68 €
5		1.023,13 €	263,49 €	-4.601,20 €
6		1.313,76 €	314,84 €	-4.361,92 €
7		1.642,06 €	365,75 €	-4.084,53 €
8		2.012,92 €	416,22 €	-3.764,14 €
9		2.431,85 €	466,26 €	-3.395,25 €
10	5.360,84 €	2.905,09 €	515,87 €	-2.971,62 €
11		3.439,68 €	565,06 €	-2.486,22 €
12		4.043,57 €	613,82 €	-1.931,10 €
13		4.725,73 €	662,17 €	-1.297,28 €
14		5.496,33 €	710,10 €	-574,62 €
15		6.366,81 €	757,63 €	248,35 €
16		7.350,14 €	804,74 €	1.184,56 €
17		8.460,94 €	851,45 €	2.248,65 €
18		9.715,72 €	897,76 €	3.457,12 €
19		11.133,17 €	943,67 €	4.828,66 €
20		12.734,36 €	989,19 €	6.384,32 €

Tabla 6. Beneficio sin subvenciones.

### 7.2.2. Con subvenciones.

Dado que este tipo de instalaciones puede recibir subvenciones y/o ayudas públicas por parte de IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) o por la comunidad autónoma, los cálculos anteriores serían válidos sin contemplarlas. Las principales subvenciones o ayudas existentes son:

En Castilla y León, donde se encuentra la vivienda, el importe en conjunto con cualquier otra ayuda no podrá superar los 815 €/m<sup>2</sup>. Considerando que la ayuda media en dicha comunidad es de 560 €/m<sup>2</sup>, tendremos una subvención de 2842,56 €.

En nuestro proyecto utilizaremos los siguientes valores:

- **Ahorro de combustible:** 158 €/año. (ver anexo A).
- **Coste de inversión:** 2.518,28 €. (ver apartado PRESUPUESTO).
- **Coste de mantenimiento.** 25,18 €/año (1% del total de la instalación).
- **Incremento precio del gasóleo:** 22%/año (según variaciones de los últimos años).
- **Inflación:** 4,1% (media de los últimos 5 meses del 2007 y 2 primeros del 2008).
- **Interés financiero:** 8% (interés medio de los préstamos personales).
- **Tiempo de vida útil de la instalación:** 20 años.

PR: Tiempo de retorno será igual a 10 años.

TIR: 8,71%.

VAN (a los 20 años): 9751,52 €.

En la tabla observamos el valor anual de las variables que entran en juego para el cálculo del V.A.N., T.I.R. y del tiempo de retorno; para una instalación subvencionada.

CON SUBVENCIONES				
Año	Coste Instalación	Ahorro gasóleo	Coste Mantenimiento	Beneficio
1		158,00 €	25,18 €	-2.385,36 €
2		336,48 €	50,15 €	-2.231,85 €
3		538,10 €	74,90 €	-2.054,98 €
4		765,85 €	99,44 €	-1.851,77 €
5		1.023,13 €	123,77 €	-1.618,82 €
6		1.313,76 €	147,89 €	-1.352,31 €
7		1.642,06 €	171,80 €	-1.047,92 €
8		2.012,92 €	195,51 €	-700,77 €
9		2.431,85 €	219,02 €	-305,35 €
10	2.518,28 €	2.905,09 €	242,32 €	144,59 €
11		3.439,68 €	265,43 €	656,07 €
12		4.043,57 €	288,34 €	1.237,05 €
13		4.725,73 €	311,05 €	1.896,51 €
14		5.496,33 €	333,56 €	2.644,58 €
15		6.366,81 €	355,88 €	3.492,75 €
16		7.350,14 €	378,02 €	4.453,94 €
17		8.460,94 €	399,96 €	5.542,80 €
18		9.715,72 €	421,71 €	6.775,83 €
19		11.133,17 €	443,28 €	8.171,71 €
20		12.734,36 €	464,66 €	9.751,52 €

Tabla 7. Beneficio con subvenciones.





### **7.3. Conclusiones.**

El TIR obtenido está por encima de la rentabilidad que podríamos obtener en cualquier interés financiero (en torno al 8%). Este hecho nos da a entender que la instalación sería viable económicamente hablando.

La amortización de la instalación se obtendría en tan sólo 10 años, este dato es muy aceptable teniendo en cuenta que se trata de una instalación realizada en una casa ya construida y no pensada para instalaciones de este tipo; además hemos de pensar que las subvenciones consideradas son una media de las que actualmente se están obteniendo, como medida de precaución por la posibilidad de que sólo sean otorgadas algunas.

Podemos, eso sí, concluir que el mayor beneficio que obtendremos con esta instalación es el relativo al impacto medioambiental, como se señala en el estudio ambiental realizado (ver apartado 9), ya que esta instalación ayuda a reducir considerablemente la producción de gases contaminantes en la producción de ACS, aprovechando un recurso inagotable como es la energía solar.

Con un mayor ahorro de combustible mayor rentabilidad obtendremos por este tipo de instalaciones. Un punto en el que quiero hacer hincapié es el de la posibilidad de ampliación, mediante pequeñas modificaciones en este proyecto o modificaciones futuras, para que el sistema pueda utilizarse también para el apoyo de la energía térmica para la calefacción. Dado que disponemos de suficiente superficie de captación, esta modificación no sería nada descabellada puesto que los costes de inversión serían mínimos.

## 8. Análisis medioambiental

### 8.1 Concienciación.

En la actualidad existe una creciente concienciación que, unida a las nuevas leyes y normativas, hace que la situación de obtención energética intente cambiar, en parte por los precios de los combustibles fósiles, debido a nuestro cada vez mayor consumo y a su escasez. A pequeña escala, se crean nuevas leyes y subvencionen para que las familias puedan adaptar sus sistemas climáticos y, así entre todos podamos colaborar en este cambio global. Este proyecto basándose en la rentabilidad de la inversión, intenta ayudar a esta misión.

### 8.2. Reducción de emisiones.

La característica más destacable de la energía solar térmica es que es limpia en su generación de energía y, por ello, respetuosa con el medio ambiente. Cada m<sup>2</sup> de colector solar evita la emisión a la atmósfera de gases invernadero y contaminantes como CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, y SO<sub>2</sub>. De esta forma, utilizando esta energía ayudamos a cumplir el protocolo de Kyoto.

Según el protocolo de Kyoto: *“España tiene limitado el crecimiento de las emisiones de los seis gases contemplados (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC y SF<sub>6</sub>) en un 15% en el periodo de compromiso 2008-2012, respecto de las emisiones de 1990”*. Además debemos tener en cuenta que al utilizar una energía autóctona, reducimos la dependencia de la nación a otras fuentes energéticas más contaminantes que pueden generarse en el extranjero.

El estudio del impacto medioambiental de esta instalación se basará en la reducción de gases contaminantes emitidos a la atmósfera, además de los beneficios económicos (reducción en la factura energética).

Una vez concluido el diseño de la instalación, hemos comprobado que el ahorro energético estará en torno a 8505,16 MJ, que equivalen a unos 200 litros/año de gasóleo.

Después de buscar las emisiones que produce el Gasóleo en su utilización, podemos encontrar el ahorro que obtendremos en nuestra instalación:

	Emisiones	Ahorro Energía		Ahorro	Vida útil	Ahorro
	Gasóleo	Instalación		emisiones	instalación	TOTAL
	(g/GJ)	(MJ/año)	(GJ/año)	(g/año)	(años)	(g)
CH <sub>4</sub>	8,5	8505,16	8,50516	72,29	20	1445,88
CO	72			612,37		12247,43
CO <sub>2</sub>	74000			629381,84		12587636,80
NO <sub>x</sub>	50			425,26		8505,16
SO <sub>2</sub>	140			1190,72		23814,43

La reducción de la contaminación ambiental aún no se incluye como un parámetro de ahorro económico, aunque bien es cierto que mejorando la calidad ambiental y el aire que respiramos, contribuiremos a una mejor salud y, por consiguiente, a un menor gasto en medicinas y hospitales, que revertirá en menos impuestos para la Seguridad Social y finalmente revertirá en nosotros.

# ANEXOS.



## Índice.

ÍNDICE	3
A. ANEXO DE CÁLCULOS	5
A.1 Cálculo de la inclinación de los colectores	5
A.1.1. Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación	5
A.2. Criterios de diseño.	8
A.2.1. Elección de $S_1$ o $S_2$ para colocar los paneles solares.	8
A.3. Pérdidas por sombras.	9
A.4. Carga de consumo.	10
A.5. Contribución solar mínima.	12
A.6. Número de paneles solares.	19
A.7. Cobertura de los paneles solares	21
A.8. Ahorro energético	23
A.9. Subconjunto de almacenamiento. Dimensionamiento.	24
A.10. Subconjunto de termotransferencia. Dimensionamiento.	26
A.10.1. Intercambiador	26
A.10.2. Fluido caloportador	26
A.10.3. Conducciones	28
A.10.4. Pérdida total del circuito primario	31
A.10.5. Bomba de circulación	33
A.10.6. Vaso de expansión	34
A.10.7. Purgadores y desaireadores	36
A.11. Aislamiento	36
B. ANEXO DE ESPECIFICACIONES DE LOS FABRICANTES.	37
B.1. Recomendaciones del distribuidor de colectores solares	37
C. ANEXO DE TABLAS	38
C.1. Tablas	38

## A. ANEXO DE CÁLCULOS.

### A.1. Cálculo de la inclinación de los colectores solares.

#### Ubicación:

Barrio La Sal, Aranda de Duero (Burgos) por tanto tomaremos como coordenadas aproximativas:

Aranda de Duero	Sexagesimal	Decimal	
Latitud	+41° 36'	41,6°	Nota: el signo (+) significa NORTE.
Longitud	-3° 36'	-3,6°	Nota: el signo (-) significa OESTE.

#### Pendientes que hay por cada vertiente del tejado:

$$S_1 = 16,013^\circ \text{ (pdt. = 28,7\%)}$$

$$S_2 = 39,997^\circ \text{ (pdt. = 83,9\%)}$$

#### Azimut:

$$\text{Azimut } (\gamma) = -21^\circ$$

#### A.1.1. Cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación:

Como tenemos un ángulo de inclinación del tejado de  $21^\circ$  hacia el Este (mirando desde el Sur sería  $\gamma = -21^\circ$ ), podemos calcular los límites de inclinación aceptables de los paneles respecto a las pérdidas que tendremos comparando, dicha inclinación con la óptima. Para realizar este cálculo, utilizaremos la Figura A1, que es válida para una latitud de ( $\Phi$ ) de  $41^\circ$ , que es la de nuestro caso de estudio, de la siguiente forma:

· Al conocer el Azimut, podemos determinar, mediante la Figura A1, los límites para la inclinación en el caso  $\Phi = 41^\circ$ . Estas son las pérdidas máximas normales en esta inclinación:

- Inclinación 10%.
- Superposición 20%
- Integración arquitectónica 40%.

· En la gráfica, La intersección entre el límite de pérdidas y la recta de azimut proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima.

· De no existir dicha intersección, las pérdidas serán superiores a las permitidas y, por tanto, nuestra instalación estaría fuera de los límites.

· Si ambas curvas se intersectan, se obtienen los valores para latitud  $\Phi = 41^\circ$  y se debe corregir según lo que se explica a continuación:

· Los límites de inclinación aceptables se deberán corregir según la diferencia entre la latitud  $41^\circ$  y la real de la instalación ( $41^\circ$ ), de la siguiente forma:

$$\text{Inclinación máxima} = \text{inclinación } (\Phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud}).$$

$$\text{Inclinación mínima} = \text{inclinación } (\Phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud}).$$

· Si la diferencia es mínima, usaremos la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas (\%)} = [1,2 \cdot 10^{-4} (S - S_{\text{opt}})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \gamma^2] \cdot 100 \quad \text{Si } 15^\circ < S < 90^\circ$$

$$\text{Pérdidas (\%)} = [1,2 \cdot 10^{-4} (S - S_{\text{opt}})^2] \cdot 100 \quad \text{Si } S \leq 15^\circ$$

Después de ver como calcularíamos teóricamente la variación de las pérdidas por el desfase entre las latitudes, pasaremos a calcularlos en la práctica.

Poseemos los siguientes datos que conocemos de la instalación: Latitud  $\Phi=41,6^\circ$ , dos posibles inclinaciones (ambas del tejado)  $S_1=16,013^\circ$  (pendiente del 28,7%) y  $S_2=39,997^\circ$  (pendiente del 83,9%) y el Azimut  $\gamma=-21^\circ$ . Usamos la Figura A1 para encontrar los límites para la inclinación según  $\Phi=41^\circ$ .

Los puntos de intersección del límite de pérdidas máximo del 10% (región blanca de 90 a 95%) y la recta de azimut nos proporcionan los valores siguientes (hay intersección) y sus correcciones según la fórmula anterior:

$$\text{Inclinación máxima obtenida} = 57^\circ.$$

$$\text{Inclinación máxima corregida} = 57^\circ - (41^\circ - 41,6^\circ) = 57,6^\circ.$$

$$\text{Inclinación mínima obtenida} = 6^\circ.$$

$$\text{Inclinación mínima corregida} = 6^\circ - (41^\circ - 41,6^\circ) = 6,6^\circ.$$

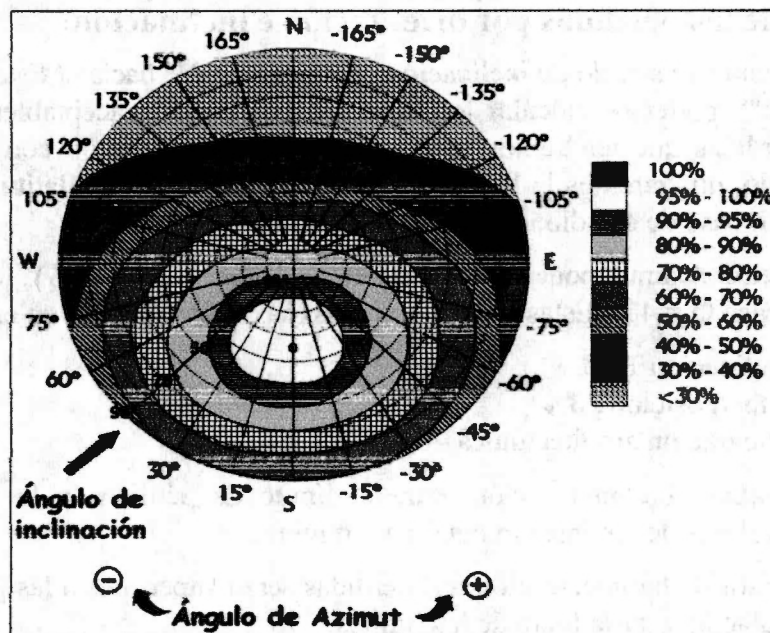


Fig. A1. Figura para el cálculo de pérdidas por orientación e inclinación.

Dado que nuestras inclinaciones en las dos vertientes del tejado están entre la inclinación máxima y mínima, esta instalación cumpliría los requisitos de pérdidas por orientación e inclinación en cualquiera de los dos casos.

Un punto importante en la instalación, es la variabilidad de la inclinación de los rayos solares respecto la superficie horizontal a lo largo del año. Ésta será máxima en verano y mínima en invierno. Por tanto como en nuestra instalación los paneles estarán fijos, existirá un ángulo de inclinación óptimo para la recepción de energía en base anual. Normalmente este ángulo coincide con la latitud del lugar de la instalación, aunque se suele tomar un ángulo mayor (entre 10 y 15° más) para optimizar la captación en invierno (menor luminosidad) a expensas de la captación en verano (mayor luminosidad). Esta práctica también se compagina con otra que utiliza un valor fijo de 45° (térmica) o 30° (fotovoltaica). Otros consejos son una inclinación superior a los 15° para permitir que el agua de la lluvia se escurra, y una de mínimo 45° en lugares donde nieva con asiduidad.

Después de todo esto, recomiendo la instalación de los paneles en orientación Sur como la orientación óptima; aunque al tener la casa una variación de azimut de -21° en la fachada principal, los colocaremos en ahí. La mejor inclinación,  $S_{opt}$ , depende de los siguientes valores (según CTE):

- Consumo preferente en invierno = latitud geográfica + 10°.
- Consumo constante anual = latitud geográfica.
- Consumo preferente en verano = latitud geográfica - 10°.

A pesar de todo lo dicho anteriormente hemos de recordar que “desviaciones importantes (más de 25°) tanto en la orientación óptima (Sur) y la inclinación óptima (la latitud) de los paneles solares no afecta significativamente a la productividad energética anual.

Según la recomendación anterior de los CTEs deberíamos usar una inclinación de  $41,6^\circ + 10^\circ = 51,6^\circ$ . Este valor se daría por la preferencia de consumo en invierno y cumpliría todas las recomendaciones legales y evitaría todas las posibles problemáticas previstas antes.

Antes de utilizar esa inclinación en nuestra instalación haremos más comprobaciones para garantizar el mejor rendimiento posible de la misma. Tendremos en cuenta que si la inclinación no fuese satisfactoria por cualquier motivo, intentaremos que dicha inclinación ronde el ángulo propuesto con la mayor aproximación posible, para conseguir el mejor aprovechamiento de los rayos solares que en esta latitud inciden; todo ello recordando que:

- La inclinación deberá ser mayor a la Inclinación mínima:  $S > 6.6^\circ$ .
- La inclinación deberá ser menor a la Inclinación máxima:  $S < 57.6^\circ$ .
- La inclinación para no estancar el agua:  $S > 15^\circ$ .
- La inclinación para no estancar nieve:  $S > 45^\circ$ .

A continuación, y como la latitud de nuestra instalación se encuentra muy próxima al valor empleado en la tabla, calcularemos las pérdidas exactas por orientación e inclinación a través de la fórmula anterior. De los resultados podremos saber si nos encontramos dentro de los parámetros que exigen los CTEs:

$$\text{Pérdidas (\%)} = [1,2 \cdot 10^{-4} (S - S_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \gamma^2] \cdot 100 \quad \text{Si } 15^\circ < S < 90^\circ$$

Tipo de Inclinación	S	S <sub>opt</sub>	$\gamma$	PERDIDAS
S <sub>1</sub>	16,01°	52,6°	-21°	15%
S <sub>2</sub>	39,99°			
Latitud	41,6°			
Instaladores	45°			
Óptima	51,6°			

Debemos recordar que el límite máximo de pérdidas por orientación e inclinación según los CTEs es del 10%. Este hecho hace que la instalación en la cubierta del tejado S<sub>1</sub>, sin una estructura auxiliar sea imposible. En dichos CTEs se comenta que aún cuando no existan pérdidas por sombras, las pérdidas máximas no pueden superar bajo ningún concepto el 15%. En el caso de dicha cubierta, superamos también ese valor, haciendo imposible su instalación en la misma sin utilizar otras estructuras.

El resto de inclinaciones propuestas son válidas, ya que ninguna llega a ese límite del 10% de pérdidas por sombras. Tenemos que tener en cuenta que la inclinación del tejado S<sub>2</sub> también es una posible para su instalación y no haría falta ninguna estructura auxiliar.

Si tras realizar otras comprobaciones en los componentes de la instalación, vemos conveniente el cálculo de pérdidas en otras inclinaciones, lo realizaremos sin ningún problema.

## A.2 Criterios de diseño.

### A.2.1 Elección de S<sub>1</sub> o S<sub>2</sub> para colocar de los paneles.

Por el momento nos falta escoger la marca y modelo de los paneles solares, que deberá estar certificada, y concretar el tamaño de los mismos; aunque podemos aproximar que necesitaremos 1m<sup>2</sup> de panel solar por persona. En el mercado existe una gran variedad de fabricantes de paneles solares, con diferentes modelos; pero todos recomiendan una superficie de instalación en viviendas unifamiliares de ente 2 y 4m<sup>2</sup> (dependiendo del número de personas, rendimiento de los colectores elegidos, latitud, etc.). La elección de los paneles solares se verá condicionada por la elección de la pendiente que utilicemos para montarlos:

#### Colocación de los paneles en S<sub>1</sub>. Puntos a favor.

1) En la otra vertiente S<sub>2</sub> existen diversas ventanas y chimeneas provenientes de la caldera, esto hace que las dimensiones disponibles sean más reducidas. Podríamos colocarlos debajo de la chimenea, pero este hecho nos produciría sombras a lo largo de la tarde. Por este motivo aconsejo la colocación de los paneles en serie en la vertiente superior S<sub>1</sub>, ya que nos garantiza la inexistencia de sombras a lo largo del día; haciendo innecesario el cálculo de las pérdidas de radiación por elementos externos como la chimenea.

2) La gran disponibilidad de superficie en esta vertiente nos favorece ya que el número de modelos de los que podemos disponer es mayor, casi sin exclusión de ningún fabricante.



### **Colocación de los paneles en S<sub>1</sub>. Puntos en contra.**

1) La inclinación existente en esta vertiente (16,01°) nos imposibilitan poner los paneles sin una estructura adicional, ya que las pérdidas por orientación e inclinación serían superiores a las permitidas por la legislación vigente. La necesidad de tener que instalar una estructura adicional, hace que se rompa la línea arquitectónica de la edificación, este punto de gran interés para la familia.

2) Como indicamos anteriormente, para evitar acumulaciones de nieves en los paneles, éstos han de tener una inclinación mínima de 45°. Este dato imposibilita de nuevo su instalación sin una estructura adicional. Debemos tener este punto en cuenta puesto que en invierno suele nevar con asiduidad, y la nieve acumulada genera mayor riesgo de congelación al fluido caloportador.

### **Colocación de los paneles en S<sub>2</sub>. Puntos a favor.**

1) En diferencia a la pendiente de S<sub>1</sub>, en S<sub>2</sub> (39.99°) podemos aprovechar dicha inclinación para instalar nuestros colectores sin utilizar estructuras adicionales e integrándolos en la línea arquitectónica de la vivienda. La gran proximidad de la inclinación a la de los 45° nos posibilita que con los listones de montaje se pueda alcanzar, sin utilizar otras estructura.

2) Las pérdidas por inclinación y orientación están dentro de los límites legales y por tanto son asumibles.

3) La instalación en esta vertiente, además, protegería a la misma de los vientos existentes en la región, que son generalmente del Oeste, tal y como vimos con anterioridad.

### **Colocación de los paneles en S<sub>2</sub>. Puntos en contra.**

1) Lo reducido de las dimensiones en esta cubierta nos reduce la oferta disponible de paneles en el mercado.

2) Como antes hemos dicho, la chimenea generará sombras a lo largo del día y, aunque no se ha calculado todavía de que magnitud serían esas pérdidas, haría que la eficiencia de la instalación bajase. En la vertiente S<sub>1</sub> no tendríamos ese problema.

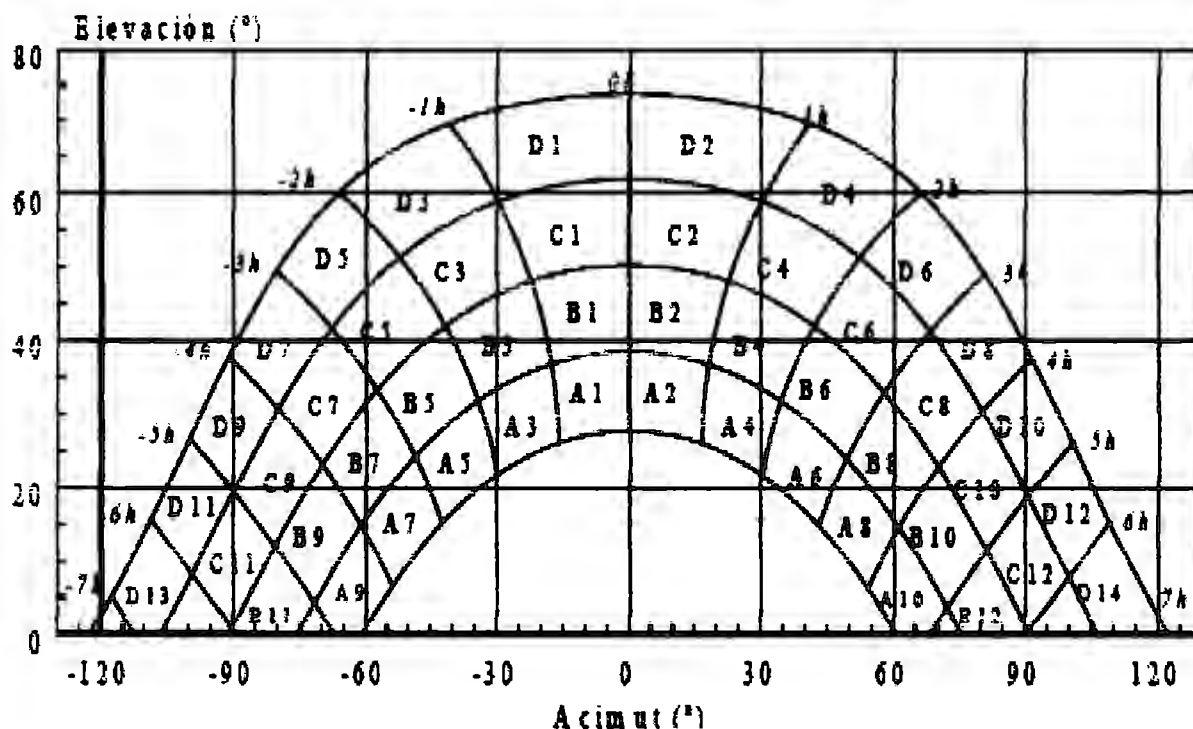
## ***A.3. Cálculo de pérdidas por sombras.***

Este apartado sólo es necesario en el supuesto de que la instalación se realice en la vertiente con inclinación S<sub>2</sub>. Al conocer la vivienda y haber disfrutado de largos periodos de vacaciones en la misma, me baso en conocimientos propios para exponer que las sombras existentes en los colectores no serían de gran importancia, puesto que se produciría a horas avanzadas de la tarde, estando en invierno casi a punto de ocultarse el Sol, y en verano el mismo ya queda en la parte posterior de donde colocaríamos nuestros paneles. Es por tanto que la pérdida de radiación solar sería mínima. Por todo lo mencionado, y tal y como veremos más adelante, no creo conveniente el cálculo de las sombras y sus pérdidas.

A pesar de la no necesidad (personal) de calcularlas, explicaré el procedimiento aconsejado en los nuevos Códigos Técnicos de la Edificación (CTE):

El procedimiento que se describe en los CTEs se basa en la comparación del perfil de los obstáculos que afectarían a la superficie donde se situaría la instalación con el diagrama de la trayectoria aparente del Sol. Estos serían los pasos a seguir:

- 1) Localizar los principales obstáculos que puedan afectar a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición Azimut y elevación. Para ello puede utilizarse un teodolito.
- 2) Representar el perfil de los obstáculos en el diagrama de la Figura A2, donde podemos ver la banda de trayectorias del Sol durante el año y que es válido para localidades de la Península Ibérica. La banda existente en la Figura A2, está dividida en porciones, que significan horas solares; siendo negativas las precedentes al mediodía y positivas las posteriores; e identificadas por una letra y número.



<sup>m</sup> los grados de ambas escalas son sexagesimales

Fig. A2. Gráfico para el cálculo de sombras y sus pérdidas.

#### A.4 Cálculo de la carga de consumo.

Para realizar un cálculo exacto de la cantidad de carga necesaria en el diseño de la instalación, deberíamos saber cuántos litros de ACS utiliza la familia en cuestión. Este dato solo podemos conocerlo por datos de consumo como las facturas trimestrales de agua; pero no pueden ser datos fiables puesto que en consumo de estas facturas no se discrimina entre ACS, agua de consumo, de los inodoros o de cualquier otra tarea de la vivienda. Como siempre volvemos a basarnos en los CTEs para realizar nuestros cálculos. En ellos se recomienda un valor medio de 30 litros por persona y día para ACS, con una temperatura de 60°C.

Demanda de referencia a 60 °C	
Criterio de demanda	Litros A.C.S. / día a 60 °C
Viviendas unifamiliares	30 por persona
Viviendas multifamiliares	22 por persona
Hospitales y clínicas	55 por cama
Hotel ****	70 por cama
Hotel ***	55 por cama
Hotel/Hostal **	40 por cama
Camping	40 por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35 por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55 por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15 por servicio
Escuelas	3 por alumno
Cuarteles	20 por persona
Fábricas y talleres	15 por persona
Administrativos	3 por persona

Tabla A1. Los litros de ACS/día a 60°C según la norma UNE 94002:2005  
 “Instalaciones solares térmicas para la producción de ACS: cálculo de la demanda energética”.

A partir de estos datos calcularemos la hoja de carga (necesidades energéticas por mes):

Periodos	Consumo CTE (l/pax·día)	Días por mes	Consumo familiar (4p) (m3)	Tªmedia de la red (°C)	ΔT (°C)	Demanda (Kcal)	Demanda (MJ)
ENE	30	31	3,72	4	56	208320	870,778
FEB	30	28	3,36	5	55	184800	772,464
MAR	30	31	3,72	7	53	197160	824,129
ABR	30	30	3,60	9	51	183600	767,448
MAY	30	31	3,72	10	50	186000	777,480
JUN	30	30	3,60	11	49	176400	737,352
JUL	30	31	3,72	12	48	178560	746,381
AGO	30	31	3,72	11	49	182280	761,930
SEP	30	30	3,60	10	50	180000	752,400
OCT	30	31	3,72	9	51	189720	793,030
NOV	30	30	3,60	7	53	190800	797,544
DIC	30	31	3,72	4	56	208320	870,778
MEDIA	30		3,65	8,25	51,75	188830	789,309
TOTAL			43,8			2265960	9471,713

Para calcular ambas demandas se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T$$

Donde:

m: masa del agua

c<sub>e</sub>: calor específico del agua (1 cal/g·°C) ó (4,18 J/g °C)

ΔT: Diferencia térmica entre el agua de la red y la temperatura de uso (60°C).

### A.5 Contribución solar mínima.

La contribución solar mínima anual es la fracción entre valores anuales de la energía solar aportada y la demanda energética anual. Se obtiene a partir de valores mensuales y podemos encontrarla en las Tablas 2.1 y 2.2 del CTE. Aparecen calificadas por zonas climáticas y según diferentes demandas de ACS a 60°C

En nuestro caso, nos encontramos dentro de la Zona Climática III, y según nuestra demanda de ACS, se exige una contribución solar mínima del 61% sobre el total necesario sin importar la época del año.

Periodos	Días por mes	Demanda (MJ)	Criterio 61%	Necesidad Energética Mensual (MJ)	Necesidad Energética Diaria (MJ)
ENE	31	870,778	61%	531,175	17,135
FEB	28	772,464	61%	471,203	16,829
MAR	31	824,129	61%	502,719	16,217
ABR	30	767,448	61%	468,143	15,605
MAY	31	777,480	61%	474,263	15,299
JUN	30	737,352	61%	449,785	14,993
JUL	31	746,381	61%	455,292	14,687
AGO	31	761,930	61%	464,777	14,993
SEP	30	752,400	61%	458,964	15,299
OCT	31	793,030	61%	483,748	15,605
NOV	30	797,544	61%	486,502	16,217
DIC	31	870,778	61%	531,175	17,135
MEDIA		789,310		481,479	15,834
TOTAL		9471,714		5777,746	

Para saber el aporte que tendrá nuestra instalación, tomaremos la energía recibida del Sol en una superficie horizontal o *Irradiación Horizontal Media* (H) expresada en MJ/m<sup>2</sup>, para cada mes en Aranda de Duero (Burgos). Este dato lo encontraremos en la tabla C1 (Anexo C).

La vivienda caso de estudio está situada en las afueras de Aranda de Duero, esto hace que la contaminación sea muy baja al igual que los niveles de polución. Este hecho aunado a la inexistencia de sombras sobre los colectores hace que el valor H sea el óptimo y no lo modificaremos. Es bueno saber que en zonas de alta montaña o con atmósferas muy limpias se le puede aplicar un factor de corrección 1,05 o, por el contrario si se encuentra en una zona muy contaminada, un factor 0,95.

Después de conocer el valor de la Irradiación horizontal media, nos disponemos a calcular la *Energía Neta Incidente* (E); para ello, deberemos conocer el *Factor de Corrección por Inclinación* (k). Utilizando parámetros conocidos, como son la latitud e inclinación de los colectores, buscaremos en las tablas el valor de corrección (k). En la tabla deberemos encontrar el valor para una latitud de 41,6°. Una vez conocido el valor de corrección (k) calcularemos el valor de E simplemente multiplicando k por H. El resultado será la energía total teórica esperada por m<sup>2</sup> de colector.

Como es obvio, no toda la radiación solar es aprovechada, y esto implica que deberemos corregir el valor de la Energía Neta Incidente de alguna forma. En los CTEs se considera en unas pérdidas aproximadas del 6%; de esta forma el valor de E valdrá:

$$E = 0,94 \cdot k \cdot H$$

Para calcular el rendimiento de nuestro colector partiremos de la energía útil equivale a  $\eta \cdot E$ . Recordamos que podemos aproximar el rendimiento de los mismos a una recta (suministrada por el fabricante) y que depende de la temperatura de la placa absorbidora ( $t_m^a$ ), de la temperatura ambiente ( $t_a^a$ ), y de la intensidad incidente (I):

$$\eta = (b - m) \cdot [(t_m^a - t_a^a) / I]$$

En la fórmula anterior el factor “b” determina la facilidad que el captador tiene para ser calentado por el Sol; mientras que el factor “m” determina la facilidad de éste para perder el calor captado.

El rendimiento que proporcionan los colectores térmicos es una relación entre la energía recibida y la que es capaz de captar. Lo más conveniente es que el valor sea lo más alto posible y esto dependerá de que el colector cumpla dos condiciones:

- Deberá tener gran facilidad para ser calentado y poca para perder el calor captado.
- Deberá desarrollar su trabajo en condiciones propicias para una elevada captación.

La forma curva de la ecuación de rendimiento tiene su origen en el factor “b” y la pendiente en el factor “m”. A este parámetro deberemos hacerle también correcciones, puesto que los rayos del sol no inciden de forma perpendicular al colector, habiendo también efectos adversos por la suciedad y envejecimiento de la cubierta. Todas las correcciones explicadas se aúnan en un valor de 0,94 que aplicaremos al rendimiento:

$$\eta = (0,94 \cdot b) - m \cdot [(t_m^a - t_a^a) / I]$$

Después de corregir  $\eta$ , y hallar  $\eta \cdot E$ , también debemos tener en cuenta las pérdidas de calor del acumulador, puesto que se encuentra situado en un recinto cerrado y calefactado. Estas pérdidas se sitúan en torno al 10%.

Por fin, después de tantos cálculos, podemos encontrar el valor de la Energía Neta Disponible al mes por  $m^2$  multiplicando la energía neta diaria por el número de días de cada mes

Por el hecho de la posibilidad de que la instalación se coloque a  $S=45^\circ$ , también consideraremos esta posibilidad en los cálculos. Los resultados para cada caso estudiado los podemos ver a continuación para cada una de las inclinaciones que nos interesan ( $16'01^\circ$ ,  $39'99^\circ$ ,  $42'6^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $52'6^\circ$ ):

$$\eta = (0,94 \cdot 0,9471) - 6,725 \cdot [(t_m^a - t_a^a) / I]$$

Consideramos:

$$t_m^a = 60^\circ\text{C}$$

“b” y “m” según el modelo elegido de captador.

Incidencia en un día medio de cada mes.

**Inclinación S=16,013°.**

Periodos	H (MJ/m2)	H corregida (MJ/m2)	k para S=16,013°	E (MJ/m2)	Nº de horas de Sol útiles	I (W/m2)
ENE	5,1	5,1	1,226	6,684	8,0	232,668
FEB	7,9	7,9	1,186	9,699	9,0	299,845
MAR	12,4	12,4	1,136	14,736	9,0	455,103
ABR	16,0	16,0	1,080	17,461	9,5	510,776
MAY	18,7	18,7	1,046	19,173	9,5	560,760
JUN	21,5	21,5	1,030	21,397	9,5	625,703
JUL	23,0	23,0	1,046	23,794	9,5	695,703
AGO	20,7	20,7	1,090	21,414	9,5	626,197
SEP	16,7	16,7	1,160	18,755	9,0	578,970
OCT	10,1	10,1	1,236	12,083	9,0	373,328
NOV	6,5	6,5	1,286	8,462	8,0	294,313
DIC	4,5	4,5	1,266	5,712	7,5	212,170
MEDIA	13,6	13,6			8,917	
TOTAL				179,372		

Periodos	Temperatura ambiente	100-m·(tam- ta)/I	Rendimiento (%)	Aportación Solar (MJ/m2)	Energía neta disponible al día (MJ/M2)	Energía neta disponible al mes (MJ/m2)
ENE	5	159,372	0,00	0,00	0,00	0,00
FEB	6	121,311	0,00	0,00	0,00	0,00
MAR	10	73,931	15,10	2,23	2,01	60,30
ABR	12	63,225	25,80	4,50	4,05	121,50
MAY	15	53,981	35,05	6,72	6,05	181,50
JUN	19	44,071	44,96	9,62	8,66	259,80
JUL	22	36,731	52,30	12,44	11,20	336,00
AGO	22	40,814	48,21	10,32	9,29	278,70
SEP	19	47,633	41,39	7,76	6,98	209,40
OCT	14	82,951	6,08	0,73	0,66	19,80
NOV	9	116,730	0,00	0,00	0,00	0,00
DIC	6	171,657	0,00	0,00	0,00	0,00
MEDIA	13,3					
TOTAL						1467,00

**Inclinación S=39,99°.**

Periodos	H (MJ/m2)	H corregida (MJ/m2)	k para S=39,99°	E (MJ/m2)	Nº de horas de Sol útiles	I (W/m2)
ENE	5,1	5,1	1,426	7,775	8,0	270,479
FEB	7,9	7,9	1,322	10,811	9,0	334,127
MAR	12,4	12,4	1,196	15,515	9,0	479,093
ABR	16,0	16,0	1,066	17,235	9,5	504,166
MAY	18,7	18,7	0,976	17,890	9,5	523,292
JUN	21,5	21,5	0,946	19,652	9,5	574,748
JUL	23,0	23,0	0,976	22,202	9,5	649,205
AGO	20,7	20,7	1,086	21,336	9,5	623,903
SEP	16,7	16,7	1,246	20,145	9,0	621,828
OCT	10,1	10,1	1,432	13,999	9,0	432,387
NOV	6,5	6,5	1,552	10,212	8,0	355,005
DIC	4,5	4,5	1,532	6,912	7,5	256,562
MEDIA	13,6	13,6			8,917	
TOTAL				183,684		

Periodos	Temperatura ambiente	100-m-(tam- taa)/I	Rendimiento (%)	Aportación Solar (MJ/m2)	Energía neta disponible al día (MJ/M2)	Energía neta disponible al mes (MJ/m2)
ENE	5	137,009	0,00	0,00	0,00	0,00
FEB	6	108,834	0,00	0,00	0,00	0,00
MAR	10	70,219	18,81	2,92	2,63	78,90
ABR	12	4,000	24,97	4,30	3,87	116,10
MAY	15	57,852	31,18	5,58	5,02	150,60
JUN	19	47,984	41,04	8,07	7,26	217,80
JUL	22	39,365	49,66	11,03	9,93	297,90
AGO	22	40,963	48,06	10,25	9,23	276,90
SEP	19	44,346	44,68	9,00	8,10	243,00
OCT	14	71,598	17,43	2,44	2,20	66,00
NOV	9	96,726	0,00	0,00	0,00	0,00
DIC	6	141,855	0,00	0,00	0,00	0,00
MEDIA	13,3					
TOTAL						1447,20

**Inclinación S=41,6°.**

Periodos	H (MJ/m2)	H corregida (MJ/m2)	k para S=41,6°	E (MJ/m2)	Nº de horas de Sol útiles	I (W/m2)
ENE	5,1	5,1	1,434	7,818	8,0	271,991
FEB	7,9	7,9	1,324	10,828	9,0	334,631
MAR	12,4	12,4	1,191	15,450	9,0	477,094
ABR	16,0	16,0	1,056	17,073	9,5	499,445
MAY	18,7	18,7	0,960	17,597	9,5	514,728
JUN	21,5	21,5	0,925	19,216	9,5	562,009
JUL	23,0	23,0	0,960	21,838	9,5	638,577
AGO	20,7	20,7	1,070	21,021	9,5	614,724
SEP	16,7	16,7	1,241	20,064	9,0	619,336
OCT	10,1	10,1	1,437	14,048	9,0	433,894
NOV	6,5	6,5	1,568	10,317	8,0	358,656
DIC	4,5	4,5	1,545	6,971	7,5	258,732
MEDIA	13,6	13,6			8,917	
TOTAL				182,242		

Periodos	Temperatura ambiente	100-m-(tam- taa)/I	Rendimiento (%)	Aportación Solar (MJ/m2)	Energía neta disponible al día (MJ/M2)	Energía neta disponible al mes (MJ/m2)
ENE	5	136,255	0,00	0,00	0,00	0,00
FEB	6	108,663	0,00	0,00	0,00	0,00
MAR	10	70,515	18,51	2,86	2,57	77,10
ABR	12	64,662	24,37	4,16	3,74	112,20
MAY	15	58,806	30,22	5,32	4,79	143,70
JUN	19	49,073	39,95	7,68	6,91	207,30
JUL	22	40,021	49,01	10,70	9,63	288,90
AGO	22	41,577	47,45	9,97	8,97	269,10
SEP	19	44,525	44,50	8,93	8,04	241,20
OCT	14	71,345	17,68	2,48	2,23	66,90
NOV	9	95,742	0,00	0,00	0,00	0,00
DIC	6	140,655	0,00	0,00	0,00	0,00
MEDIA	13,3					
TOTAL						1406,40



**Inclinación S=45°.**

Periodos	H (MJ/m2)	H corregida (MJ/m2)	k para S=45°	E (MJ/m2)	Nº de horas de Sol útiles	I (W/m2)
ENE	5,1	5,1	1,442	7,862	8,0	273,504
FEB	7,9	7,9	1,326	10,844	9,0	335,135
MAR	12,4	12,4	1,186	15,385	9,0	475,094
ABR	16,0	16,0	1,046	16,912	9,5	494,724
MAY	18,7	18,7	0,946	17,340	9,5	507,235
JUN	21,5	21,5	0,896	18,614	9,5	544,417
JUL	23,0	23,0	0,946	21,520	9,5	629,277
AGO	20,7	20,7	1,056	20,746	9,5	606,692
SEP	16,7	16,7	1,236	19,984	9,0	616,845
OCT	10,1	10,1	1,442	14,097	9,0	435,401
NOV	6,5	6,5	1,582	10,410	8,0	361,850
DIC	4,5	4,5	1,558	7,030	7,5	260,901
MEDIA	13,6	13,6			8,917	
TOTAL				180,742		

Periodos	Temperatura ambiente	100-m-(tan-taa)/I	Rendimiento (%)	Aportación Solar (MJ/m2)	Energía neta disponible al día (MJ/M2)	Energía neta disponible al mes (MJ/m2)
ENE	5	135,492	0,00	0,00	0,00	0,00
FEB	6	108,503	0,00	0,00	0,00	0,00
MAR	10	70,812	18,21	2,80	2,52	75,60
ABR	12	65,278	23,75	4,02	3,62	108,60
MAY	15	59,687	29,34	5,09	4,58	137,40
JUN	19	50,660	38,36	7,14	6,43	192,90
JUL	22	40,612	48,41	10,42	9,38	281,40
AGO	22	42,128	46,90	9,73	8,76	262,80
SEP	19	44,703	44,32	8,86	7,97	239,10
OCT	14	71,100	17,93	2,53	2,28	68,40
NOV	9	96,726	0,00	0,00	0,00	0,00
DIC	6	141,855	0,00	0,00	0,00	0,00
MEDIA	13,3					
TOTAL						1366,20

**Inclinación S=51,6°.**

Periodos	H (MJ/m2)	H corregida (MJ/m2)	k para S=51,6°	E (MJ/m2)	Nº de horas de Sol útiles	I (W/m2)
ENE	5,1	5,1	1,452	7,916	8,0	275,394
FEB	7,9	7,9	1,317	10,770	9,0	332,866
MAR	12,4	12,4	1,156	14,996	9,0	463,099
ABR	16,0	16,0	0,996	16,103	9,5	471,118
MAY	18,7	18,7	0,878	16,094	9,5	470,838
JUN	21,5	21,5	0,838	17,409	9,5	509,233
JUL	23,0	23,0	0,880	20,018	9,5	585,436
AGO	20,7	20,7	1,008	19,803	9,5	579,156
SEP	16,7	16,7	1,252	20,242	9,0	624,818
OCT	10,1	10,1	1,447	14,146	9,0	436,907
NOV	6,5	6,5	1,605	10,561	8,0	367,098
DIC	4,5	4,5	1,577	7,115	7,5	264,072
MEDIA	13,6	13,6			8,917	
TOTAL				175,174		

Periodos	Temperatura ambiente	100-m-(tam- taa)/I	Rendimiento (%)	Aportación Solar (MJ/m2)	Energía neta disponible al día (MJ/M2)	Energía neta disponible al mes (MJ/m2)
ENE	5	134,568	0,00	0,00	0,00	0,00
FEB	6	109,249	0,00	0,00	0,00	0,00
MAR	10	72,649	16,38	2,46	2,21	66,30
ABR	12	68,557	20,47	3,30	2,97	89,10
MAY	15	64,308	24,72	3,98	3,58	107,40
JUN	19	54,166	34,86	6,07	5,46	163,80
JUL	22	43,660	45,37	9,08	8,17	245,10
AGO	22	44,134	44,89	8,89	8,00	240,00
SEP	19	44,133	44,89	9,09	8,18	245,40
OCT	14	70,854	18,17	2,57	2,31	69,30
NOV	9	96,726	0,00	0,00	0,00	0,00
DIC	6	141,855	0,00	0,00	0,00	0,00
MEDIA	13,3					
TOTAL						1226,40

Tras analizar los resultados obtenidos, podemos ver que la inclinación que mejores resultados da es la de 16,013°. Pero nos decantaremos por la inclinación de 45° (a pesar de que posee un rendimiento ligeramente menor) por los siguientes motivos:

- La inclinación de 45° nos proporciona una distribución más homogénea que en el caso de 16,013°. Esto es debido a que al aumentar la inclinación de nuestros captadores, favorecemos la captación de energía solar en los meses invernales, que a su vez son los meses de más demanda energética.

- Además la inclinación de 45° posee una gran ventaja, que es la facilidad de construir un soporte para conseguir exactamente esos 45°.

- Otro motivo importante es, como hemos dicho anteriormente, la mejor recepción de energía en los meses invernales; que en la provincia de Burgos, se propaga hasta bien entrado el mes de Marzo. La inclinación de 45° favorece la captación en dicho mes, mientras que la de 51,6° (sugerida por la CTE) favorece la captación en Octubre. Desestimaremos la última puesto que la demanda energética es mayor en marzo que en octubre, donde únicamente hay heladas en las mañanas.

- El resto de inclinaciones han sido desestimadas por no poseer la mínima inclinación para localidades de nevadas frecuentes.

De esta forma, recomiendo la inclinación de 45°, y de no ser posible o querer otra en específico, ésta deberá estar dentro de los márgenes establecidos por la CTE y en un baremo de entre 45 y 51,6°. De seleccionar la inclinación de 45°, y tal y como explicamos, podremos adaptarla a la fisonomía del tejado sin grandes complicaciones; de esta forma la instalación sería realizada en la cubierta con pendiente  $S_2$ , donde dijimos que tendrían los paneles un refugio natural contra el viento por la forma de la edificación.

Ésta cubierta,  $S_2$ , posee dimensiones reducidas para la ubicación de los colectores, pero dado a la gran disparidad de modelos y formas de los colectores, supongo que no tendremos problema para encontrar uno que se adapte a nuestras necesidades.

## A.6. Número de paneles solares.

Tras los últimos cálculos, estamos en disposiciones de poder calcular el número de colectores solares que necesitaremos en nuestra instalación. Para ello, calcularemos el área necesaria para nuestras actividades, para posteriormente encontrar, según el modelo de colector, la cantidad de los mismos que necesitamos.

Para obtener el área, dividiremos la demanda energética total del año con la suma la energía total disponible en ese mismo periodo. Debemos recordar que dijimos que a la inclinación elegida (45°), existirían unas pérdidas que calculamos en 2,24%:

Energía disponible	Pérdidas x inclinación	Energía disponible corregida	Demanda energética Solar	Superficie de colectores	Superficie por panel	Número de paneles
1366,200	2,24	1335,597	5777,722	4,326	2,538	1,704
(MJ/m <sup>2</sup> )	(%)	(MJ/m <sup>2</sup> )	(MJ)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	unidades

### **A.7. Cobertura de los paneles solares.**

En el cálculo de la demanda energética utilizaremos el sistema expuesto en el apartado correspondiente a la demanda energética, y la calcularemos de forma mensual y total:

$$\text{Demanda (Q)} = m \cdot c_e \cdot \Delta T$$

Donde:

m: masa del agua

$c_e$ : calor específico del agua (1 cal/g·°C) ó (4,18 J/g °C)

$\Delta T$ : Diferencia térmica entre el agua de la red y la temperatura de uso (60°C).

Para realizar el cálculo de la energía neta que aportará el sistema solar, realizaremos un estudio más detallado. Esto es así ya que nuestra instalación no aportará toda la energía necesaria para poder calentar el agua a los 60°C, sino que la calentará hasta el máximo que pueda aportar, ocupándose un sistema auxiliar de llevar el agua a la temperatura deseada en las épocas donde el sistema solar no pueda. Como nuestro sistema de colectores trabajará siempre por debajo de los 60°C, el rendimiento será mejor que si se utilizasen para alcanzar la temperatura final.

La *Aportación Solar Mensual* de nuestro sistema seguirá la siguiente fórmula:

$$A_{\text{solar mensual}} (\text{MJ}) = E \cdot \eta \cdot S \cdot n$$

Donde:

E: Aportación Solar Diaria en MJ/m<sup>2</sup>.

$\eta$ : Rendimiento de los colectores elegidos.

S: Superficie de captación de los colectores en m<sup>2</sup>.

n: Número de días del mes.

A continuación sustituimos el valor del rendimiento por su expresión; sin olvidarnos de remarcar que en dicha sustitución la temperatura de los colectores será T+6, puesto que nuestro regulador se coloca de modo que impida el funcionamiento del sistema si la diferencia de temperatura entre el colector y el acumulador es inferior a 6°C:

$$A_{\text{solar mensual}} (\text{MJ}) = E \cdot [ .94 \cdot b - m \cdot (T + 6 - t_a^a) / I ] \cdot S$$

Donde:

E: Aportación Solar en MJ/m<sup>2</sup>.

b y m : Parámetros del colector dados por el fabricante.

T: Temperatura del agua del acumulador.

$t_a^a$ : Temperatura ambiente (°C).

I: Intensidad de radiación incidente (W/m<sup>2</sup>).

S: Superficie de captación.

Podremos estresar la fórmula de la energía consumida (que será íntegramente entregada por la instalación) como:

$$\text{Demanda (Q)} = m \cdot c_e \cdot (T - t_{\text{red}}^a)$$

Donde:

m: Masa de agua precalentada (será igual al volumen de agua demandada).

$c_c$ : Calor específico del agua (1 cal/g °C) ó (4,18 J/g °C).

T: Temperatura del agua del acumulador (°C)

$t_{red}^a$ : Temperatura del agua de red (°C)

Tal y como hemos dicho, tanto la energía aportada como la consumida del sistema solar deben ser iguales. De esta forma también se pueden igualar sus expresiones y despejar la temperatura T:

$$E_{aportada} = E_{consumida} \rightarrow E \cdot S \cdot [0,94 \cdot b - m \cdot (T + 6 - t_{red}^a) / I] = m_1 \cdot C_c \cdot (60^\circ - t_{red}^a)$$

$$m_1 \cdot C_c \cdot (T - t_{red}^a) = E \cdot S \cdot [0,94 \cdot b - m \cdot (6 - t_{red}^a) / I] - E \cdot S \cdot m \cdot T / I$$

$$E \cdot S \cdot [0,94 \cdot b - m \cdot (6 - t_{red}^a) / I] = E \cdot S \cdot m \cdot T / I + m_1 \cdot C_c \cdot (T - t_{red}^a)$$

$$E \cdot S \cdot [0,94 \cdot b - m \cdot (6 - t_{red}^a) / I] = E \cdot S \cdot m \cdot T / I + m_1 \cdot C_c \cdot T - m_1 \cdot C_c \cdot t_{red}^a$$

$$E \cdot S \cdot [0,94 \cdot b - m \cdot (6 - t_{red}^a) / I] + m_1 \cdot C_c \cdot t_{red}^a = [(E \cdot S \cdot m / I) + m_1 \cdot C_c] \cdot T$$

$$T = \frac{E \cdot S \cdot [0,94b - m \cdot (6 - t_{red}^a) / I] + m_1 \cdot C_c \cdot t_{red}^a}{[(E \cdot S \cdot m / I) + m_1 \cdot C_c]}$$

Una vez que conocemos la temperatura media del acumulador para cada mes (y la del colector), podemos calcular la energía neta aportada por la instalación y, así, encontrar el aporte solar de cada superficie colectora:

Para S = 45°.

Periodos	H (MJ/m2)	H corregida (MJ/m2)	k para S=45°	E (MJ/m2)	Nº de horas de Sol útiles	I (W/m2)
ENE	5,1	5,1	1,442	7,862	8,0	273,504
FEB	7,9	7,9	1,326	10,844	9,0	335,135
MAR	12,4	12,4	1,186	15,385	9,0	475,094
ABR	16,0	16,0	1,046	16,912	9,5	494,724
MAY	18,7	18,7	0,946	17,340	9,5	507,235
JUN	21,5	21,5	0,896	18,614	9,5	544,417
JUL	23,0	23,0	0,946	21,520	9,5	629,277
AGO	20,7	20,7	1,056	20,746	9,5	606,692
SEP	16,7	16,7	1,236	19,984	9,0	616,845
OCT	10,1	10,1	1,442	14,097	9,0	435,401
NOV	6,5	6,5	1,582	10,410	8,0	361,850
DIC	4,5	4,5	1,558	7,030	7,5	260,901
MEDIA	13,6	13,6			8,917	
TOTAL				180,742		

Periodos	T°Red	T° amb.	T° acum.	$\eta$	A. Solar	E. neta disp.día	E. neta disp.mes	E.neta correg. - 2,24%
(meses)	(°C)	(°C)	(°C)	(%)	(MJ/m2)	(MJ/m2)	(MJ/m2)	(MJ/m2)
ENE	4	5	10,80	74,74	5,88	5,29	158,76	155,20
FEB	5	6	14,61	71,73	7,78	7,00	210,06	205,35
MAR	7	10	21,51	71,73	11,19	10,07	302,13	295,36
ABR	9	12	25,36	70,86	11,98	10,78	323,46	316,21
MAY	10	15	27,42	72,55	12,58	11,32	339,66	332,05
JUN	11	19	30,47	74,86	13,93	12,54	376,11	367,69
JUL	12	22	34,75	75,40	16,23	14,61	438,21	428,39
AGO	11	22	33,06	76,77	15,93	14,34	430,11	420,48
SEP	10	19	30,55	76,43	15,27	13,74	412,29	403,05
OCT	9	14	23,23	74,76	10,54	9,49	284,58	278,21
NOV	7	9	26,80	74,52	7,76	6,98	209,52	204,83
DIC	4	6	10,23	78,10	5,49	4,94	148,23	144,91
<b>MEDIA</b>	<b>8,3</b>	<b>13,3</b>						
<b>TOTAL</b>							<b>3633</b>	<b>3551,74</b>

Periodos	Demanda	E. neces. Mes 61%	E. neta disp.mes	Sup. Colectores	Paneles necesarios	1 Panel		2 Paneles	
						Energía disponible	Energía aportada	Energía disponible	Energía aportada
(meses)	(MJ)	(MJ)	(MJ/m2)	(m2)	Unid.	(MJ/m2)	(%)	(MJ/m2)	(%)
ENE	870,778	531,175	155,15	3,42	1,35	393,77	45,22	787,54	90,44
FEB	772,464	471,203	205,30	2,30	0,91	521,05	67,45	1042,10	134,91
MAR	824,129	502,719	295,33	1,70	0,67	749,55	90,95	1499,10	181,90
ABR	767,448	468,143	316,16	1,48	0,59	802,41	104,56	1604,83	209,11
MAY	777,480	474,263	331,99	1,43	0,56	842,59	108,37	1685,18	216,75
JUN	737,352	449,785	367,77	1,22	0,48	933,40	126,59	1866,80	253,18
JUL	746,381	455,292	428,48	1,06	0,42	1087,48	145,70	2174,96	291,40
AGO	761,930	464,777	420,56	1,11	0,44	1067,38	140,09	2134,76	280,18
SEP	752,400	458,964	402,97	1,14	0,45	1022,74	135,93	2045,48	271,86
OCT	793,030	483,748	278,32	1,74	0,69	706,38	89,07	1412,75	178,15
NOV	797,544	486,502	204,71	2,38	0,94	519,55	65,14	1039,11	130,29
DIC	870,778	531,175	144,88	3,67	1,45	367,71	42,23	735,41	84,45
<b>MEDIA</b>									
<b>TOTAL</b>	<b>9471,714</b>	<b>5777,746</b>	<b>3551,62</b>			<b>9014,012</b>		<b>18028,023</b>	

Como podemos ver los paneles que hemos seleccionado tienen un excelente rendimiento, excesivo según las exigencias legislativas, pero son parte de un diseño que va encaminado a los diseños futuros, donde el aprovechamiento máximo y la reducción del tamaño de los paneles será más importante.

En la tabla anterior podemos apreciar como la mayoría del año pasaríamos con un único panel captador, siendo necesario el segundo (puesto que no se pueden montar trocitos) para los meses invernales. En verano, superaremos muy de largo el 61% exigido por la ley.

De hecho, durante la mayor parte del año generaremos más energía de la necesaria, pero esto ya lo contemplan los CTEs, y dicen textualmente:

*“Con independencia del uso al que se destine la instalación, en el caso de que en algún mes del año la contribución solar real sobrepase el 110% de la demanda energética o en más de tres (3) meses seguidos el 100%, se adoptarán una de las siguientes medidas:*

*a) dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario);*

*b) tapado parcial de captadores. Quedando el captador aislado del calentamiento originado por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario que seguirá atravesando el captador;*

*c) vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares debiendo incluirse este trabajo en ese caso entre las labores del contrato de mantenimiento;*

*d) desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.”*

Después de leer el CTE, tenemos dos opciones válidas:

- El tapado parcial de la superficie de colectores,
- El desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones.

También podríamos optar por otra opción que sería utilizar otro tipo de colectores solares con un peor rendimiento; de esta forma evitaríamos tener que tapar parte de los captadores o tener que utilizar la energía excedente en otras aplicaciones. De optarse por la solución estudiada y no se quisiera aumentar el precio de la misma, se deberían tapar ciertas partes de los colectores en distintas épocas del año. Además esta opción nos permitiría en el futuro poder aumentar las aplicaciones de nuestro sistema solar, sin tener que volver a invertir dinero en captadores.

### **A.8. Ahorro energético.**

En este anexo nos disponemos a comprobar que tipos de ahorros energéticos podríamos obtener con algunas de las soluciones que hemos citado para los meses en que generamos más energía de la necesaria. Suponiendo por tanto:

- Tapar partes de los paneles cuando la contribución real supere el 110%.
- Energía aportada con ese tapado parcial.
- Comparación de la energía obtenida con la demanda total puesto que hemos visto que el 61 % lo superamos ampliamente en cualquier momento del año.
- Tapado no necesario en Enero y Diciembre, un panel en Febrero y Noviembre y el resto del año el de panel y medio.
- Los datos aquí expuestos son orientativos, y es recomendable comprobar con el fabricante si no se han modificado las características de los paneles o si son fiables.

A continuación veremos la tabla anterior con la diferencia de los paneles que taparemos y veremos el ahorro energético:

Periodos	Demanda	E. neces. Mes 61%	E.neta disp.mes	Paneles sin tapar	Energía disponible	Energía aportada	Déficit energía
(meses)	(MJ)	(MJ)	(MJ/m <sup>2</sup> )	Unid.	(MJ)	(%)	(MJ)
ENE	870,778	531,175	155,15	2	787,54	90,44	83,24
FEB	772,464	471,203	205,30	1 1/3	693,00	89,71	79,47
MAR	824,129	502,719	295,33	1	749,55	90,95	74,58
ABR	767,448	468,143	316,16	3/4	601,81	78,42	165,64
MAY	777,480	474,263	331,99	3/4	631,94	81,28	145,54
JUN	737,352	449,785	367,77	3/4	700,05	94,94	37,30
JUL	746,381	455,292	428,48	2/3	724,99	97,13	21,39
AGO	761,930	464,777	420,56	2/3	711,59	93,39	50,34
SEP	752,400	458,964	402,97	2/3	681,83	90,62	70,57
OCT	793,030	483,748	278,32	1	706,38	89,07	86,65
NOV	797,544	486,502	204,71	1 1/2	779,33	97,72	18,21
DIC	870,778	531,175	144,88	2	735,41	84,45	135,37
<b>TOTAL</b>	<b>9471,714</b>	<b>5777,746</b>	<b>3551,62</b>		<b>8505,416</b>		<b>968,304</b>

De esta forma el ahorro energético anual al practicar estos tapados será de **8505,16 MJ** que equivalen a unos **2362,54 kWh**. Hemos de considerar que el fabricante nos dice que la instalación trabajará a un rendimiento óptimo del 90%, por lo tanto el ahorro real será de unos **2126,29 kWh**.

Después de consultar a la familia, he podido saber que el consumo medio anual para la instalación convencional (calefacción y ACS) era de entorno a los 2000 litros de gasóleo por año. De esta cifra estiman que el 10% se destinaba únicamente a servicios de ACS (200 litros). A través del precio actual del combustible para uso doméstico, que está actualmente a 0,8835€/litro (a día 23 de enero de 2.008, en su última modificación), podemos deducir que los 2126,29 kWh ahorrados suponen un ahorro de unos 179 litros de gasóleo C (calefacción y uso doméstico) al año, siendo a su vez un ahorro de unos 158€/año.

### **A.9. Subconjunto de almacenamiento. Dimensionamiento.**

Los tanques de almacenamiento deberán ser proporcionales al consumo, pudiendo garantizar el suministro de un periodo de uno o dos días.

Existe una relación entre la superficie de captación y la del acumulador. Así pueden existir grandes superficies de acumulación con acumuladores pequeños, que generarían poco agua a gran temperatura; o superficies pequeñas de captación con grandes acumuladores, que generarían mucha agua pero a poca temperatura (y la necesidad de una energía auxiliar).

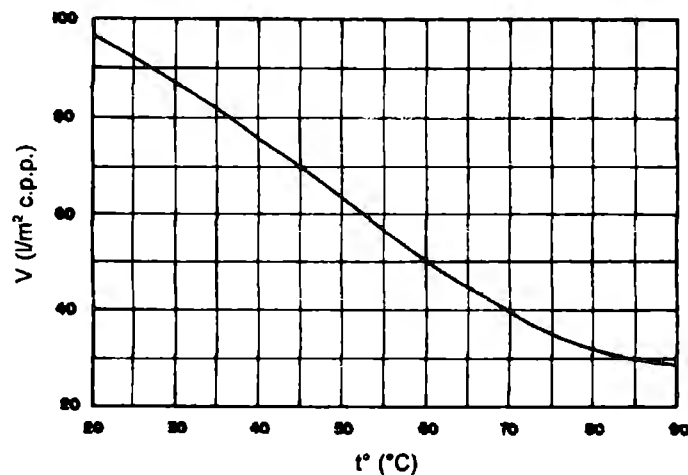
Los criterios de diseño suelen ser bastante equilibrados utilizando el nivel de radiación español para tal efecto:

- 1) Se suele tomar como valor estándar los 70 l/m<sup>2</sup> de superficie captadora.

Siguiendo este criterio obtendríamos un volumen de acumulación de 355,32 litros, puesto que disponemos de 5,076m<sup>2</sup> de superficie captadora (2 paneles de 2,538m<sup>2</sup>).



2) Dimensionado del tanque según la temperatura de uso, como vemos en el gráfico:



Gráfica A2. Determinación del volumen del depósito en función de la tº de acumulación.

En la gráfica podemos observar que necesitaríamos unos 50 l/m<sup>2</sup>, por lo tanto en la instalación nos haría falta un acumulador de 253,8 l. al tener la misma superficie captadora.

3) Dimensionado según el desfase entre captación, almacenamiento y consumo. Si coinciden los periodos de captación y consumo, se toman valores entre 35 y 50 l/m<sup>2</sup>; en desfases no superiores a 24h, se toman valores entre 60 y 90 l/m<sup>2</sup>; y para periodos superiores a 24h e inferiores a 72h, se toma un volumen entre 75 y 150 l/m<sup>2</sup>.

En nuestra instalación, el valor sería de 50 ó 70 l/m<sup>2</sup>, al haber coincidencia en horas entre aporte y consumo. De esta forma obtendríamos un tanque de entre 253,8 y 355,32 litros.

4) Según los RITE, que se basan en los m<sup>2</sup> de paneles instalados. Según está legislación se debe instalar un mínimo de 80 l/m<sup>2</sup>. Así obtendríamos un tanque de 406,08 l.

5) Según los CTE para aplicaciones de ACS, el área deberá cumplir lo siguiente:

$$50 < V / A < 180$$

Donde:

A: Suma de las áreas de los captadores [m<sup>2</sup>].

V: Volumen del depósito de acumulación solar [litros].

Como tenemos una superficie de 5,076m<sup>2</sup>, los límites de nuestro depósito serán mayor a 253,8litos e inferior a 913,68 litros. Teniendo en cuenta que el consumo (según los CTE) de agua es de 30 litros por persona (120litros), tendríamos suficiente con un depósito de 150litros para la familia en cuestión de cuatro miembros. En este tipo de dimensionado se suele aumentar el mismo en un 40% por seguridad; de esta forma estaríamos en unos 170 litros según el CTE.

Después de todos estos análisis, aconsejo por el computo de la unidad familiar y el consumo, un deposito de acumulación solar de unos 200 litros.

Por otro lado, los CTE no nos permiten utilizar un sólo depósito acumulador para una instalación mixta de gasóleo y energía solar, ya que consideran que puede tomar la energía del sistema de apoyo, disminuyéndose de esta forma el ahorro energético previsto inicialmente. Por esta razón utilizaremos dos depósitos, el ya mencionado de 200 litros para la instalación solar y el que actualmente usa la caldera de gasoil de 90 litros.

## **A.10. Subconjunto de termotransferencia. Dimensionamiento.**

### **A.10.1. Intercambiador.**

En el proyecto vamos a utilizar un intercambiador-acumulador con serpentín. Por lo tanto nos fijaremos en las características más importantes:

- Eficacia superior al 0,7.
- Rendimiento mínimo del 95%.
- Superficie útil de intercambio entre 1/5 y 1/3 de la superficie útil de los colectores.

En nuestra instalación, la superficie captadora es de 5,076m<sup>2</sup> y, por tanto, el intercambiador deberá tener una superficie de 1,015 a 1,692m<sup>2</sup>.

Como en nuestro caso el conjunto es un intercambiador incorporado al acumulador, los C.T.E. nos aconsejan una relación entre la superficie útil de intercambio y la superficie total de captación no será inferior a 0,15, por lo que deberíamos tener una superficie útil superior a 0,762m<sup>2</sup>. Con el margen anterior también cumpliríamos el que nos aconseja el CTE, aunque miraremos cuales son los márgenes disponibles en el mercado.

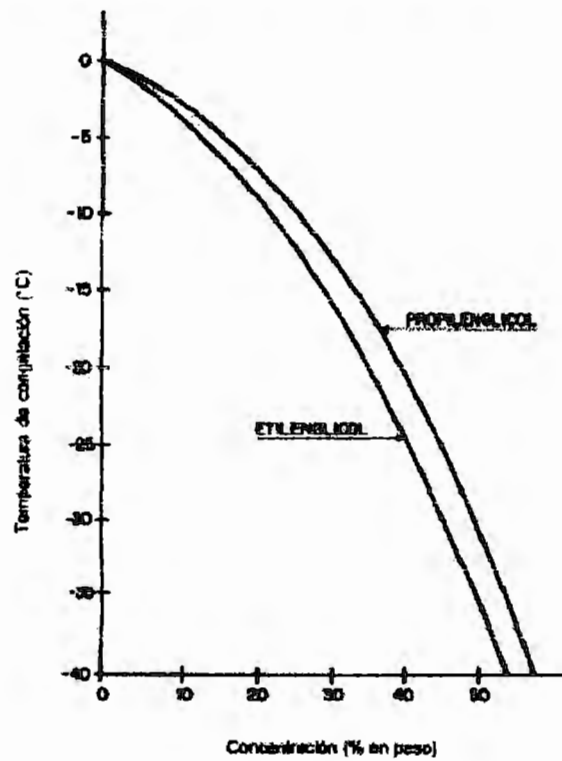
### **A.10.2. Fluido caloportador.**

Según la legislación vigente, el fluido caloportador deberá tener un calor específico no inferior a 3 kJ/kg·°K (0,72 Kcal/kg·°C), en 5 °C por debajo de la mínima histórica registrada en la zona, para no producir daños en el circuito primario de captadores por heladas. De esta forma para la provincia de Burgos, la mínima histórica es de -18°C, por lo que deberemos calcular la cantidad de anticongelante para -23 °C.

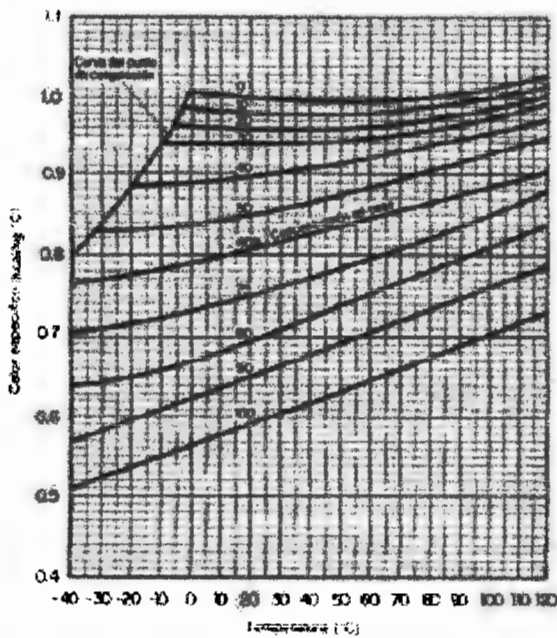
Utilizando las tablas de las curvas de congelación de los dos principales anticongelantes utilizados, determinaremos la cantidad necesaria para conseguir los efectos deseados. Si usamos propilenglicol deberíamos utilizar un porcentaje en peso cercano al 43%; mientras que si el anticongelante es el etilenglicol, el porcentaje sería de un 39%.

El anticongelante que usaremos en la instalación será propilenglicol, ya que posee un mejor rendimiento para la instalación, además de que posee las siguientes características:

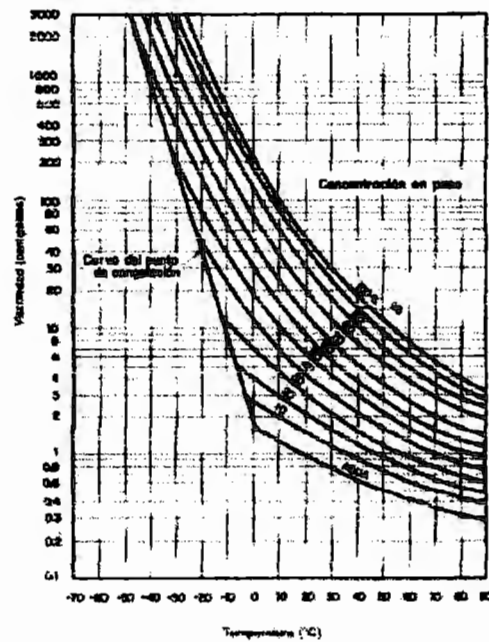
- El calor específico de la mezcla sería el aconsejado por las especificaciones técnicas:
  - 0,91 kcal/kg·°C a 45°C.
  - 0,92 kcal/kg·°C a 60°C.
  - NO inferior a 0,72 Kcal/kg·°C a -23°C.
- El fluido generado tendrá un PH de entre 5 y 9 a una temperatura de 20°C.
- Viscosidad de 1,8 centipoises a 45°C y 0,95 centipoises a 60°C.



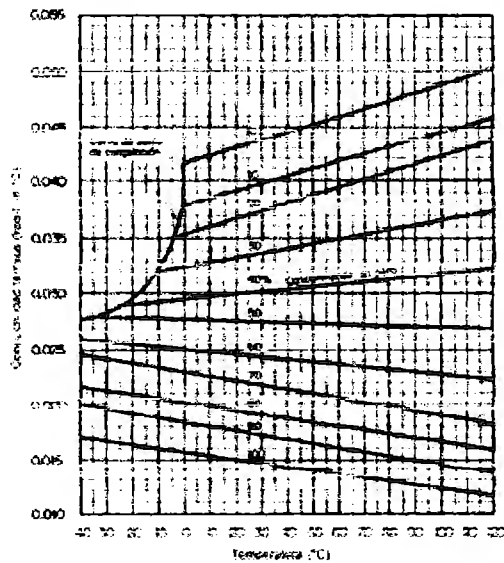
Gráfica 1. Curvas según el anticongelante empleado.



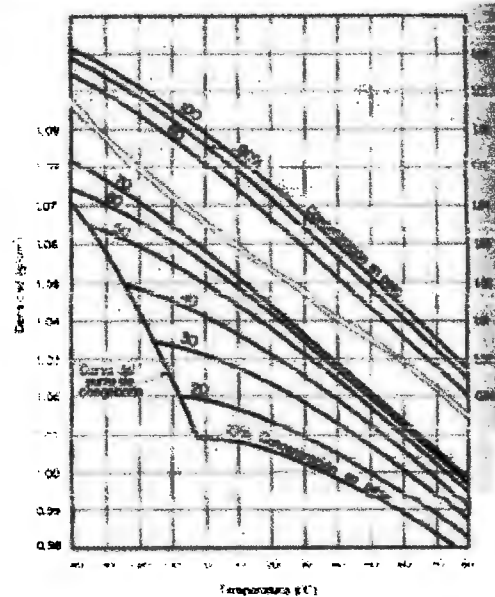
Gráfica 2. Curva del calor específico de la mezcla según la temperatura mínima.



Gráfica 3. Curva de la viscosidad de la mezcla según la temperatura mínima.



Gráfica 4. Curva de conductividad térmica



Gráfica 5. Curva de la densidad de la mezcla según la temperatura mínima.

### A.10.3. Conducciones.

Los cálculos en este tipo de instalaciones y para estos elementos son idénticos al resto de instalaciones. En nuestro caso el caudal del fluido estará comprendido entre 1,2 y 2 litros/s por cada 100 m<sup>2</sup> de red de captadores. El Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE), nos dicen que el valor por cada 100m<sup>2</sup> deberá ser de entre 1,2 y 1,6 litros/s.

A los datos del RITE le modificamos las unidades, pasándolo a unidades de superficie y horas, y nos quedaría un caudal de entre 43,2 y 57,6 litros/h·m<sup>2</sup>. De esta forma dimensionaremos las conducciones para un caudal de 45 litros/h·m<sup>2</sup>, siendo el caudal del circuito primario:

$$C = 45 \text{ litros/h} \cdot \text{Superficie colectora} = 45 \cdot 5,076$$

$$C = 228 \text{ litros/h} = 0,228 \text{ m}^3/\text{h} = 6,35 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}.$$

El fabricante de nuestros paneles ha realizado ensayos a caudales de 2,7 litros/min. Obviamente debería cumplir la legislación vigente (En los fluidos caloportadores, a excepción del agua, se divide el caudal recomendado por el calor específico):

$$C = 2,70 / c_e = 2,70 / 0,91 = 2,96 \text{ l/min} \cdot \text{colector}$$

$$C = 5,93 \text{ litros/min} = 356 \text{ litros/h} = 0,356 \text{ m}^3/\text{h} = 9,89 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}.$$

Podemos ver que el valor ensayado por el fabricante supera los límites recomendados por los CTE. Pero el fabricante nos da un valor oscilante entre los 120 y 150 litros/h y colector, y sabemos que el caudal recomendado por los CTE debería estar entre 109,64 y 146,19 litros/h; de esta forma aumentaremos el caudal inicialmente supuesto para los rendimientos de los paneles con el caudal se aproximen lo máximo a la realidad.

A continuación aumentaremos el caudal de diseño a 55 litros/h·m<sup>2</sup>, obteniendo un caudal:  $C = 55 \cdot 5,076 / 1000 \rightarrow C = 0,279 \text{ m}^3/\text{h} = 7,76 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ . Las conducciones utilizadas en este apartado serán de cobre.

Para calcular el diámetro de las tuberías, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$D = j \cdot C^{0,35}$$

Donde:

**D:** Diámetro de la tubería (cm).

**C:** Caudal (m<sup>3</sup>/h).

**J:** en tuberías metálicas equivale a 2,2.

Al sustituir valores, obtenemos:  $D = 2,2 \cdot 0,279^{0,35} \rightarrow D = 1,41 \text{ cm} = 14,1 \text{ mm}$ .

Después de buscar el diámetro interior más cercano, encontramos el de 16,5 mm (interno) y 18 mm (externo) (ver tabla 6).

#### Longitudes y diámetros de los tramos de tuberías del circuito primario:

Tras solicitar medidas a los familiares, y gracias a la ayuda de mi hermano (Raúl), que se prestó a desplazarse en estas vacaciones de semana santa a la vivienda caso de estudio, para medir in situ los tramos que deberíamos usar en la instalación de nuestras tuberías, he llegado a las siguientes:

Tramos	Longitud (m)	Ø interior (mm)	Ø exterior (mm)
1	0,200	16,5	18
2	0,500	16,5	18
3	10,218	16,5	18
4	2,000	25,0	28
5	0,600	25,0	28
6	1,540	16,5	18
7	0,300	16,5	18
8	1,540	16,5	18
9	0,300	16,5	18
10	8,478	16,5	18
11	1,000	16,5	18
<b>Total</b>	<b>28,516</b>		

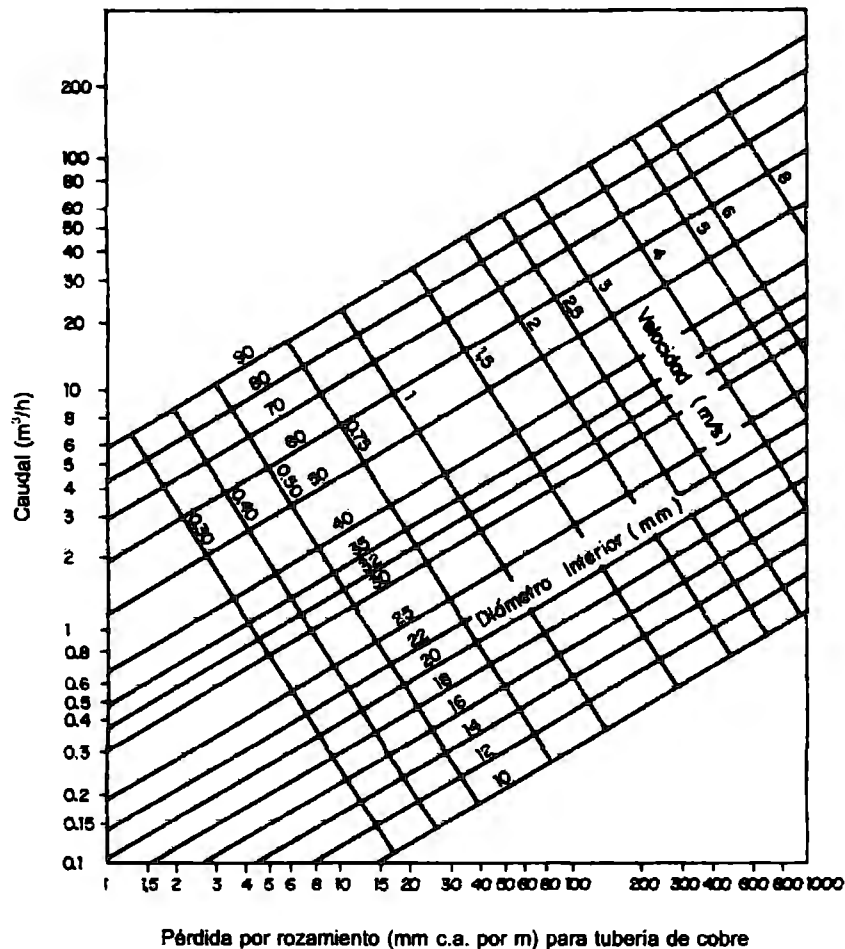
El diámetro de las mismas ha de cumplir las siguientes condiciones:

- Pérdida de carga por metro lineal de tubo no superior a 40 mmca.
- Velocidad de circulación del líquido inferior a 1,5 m/s.
- Pérdida total de carga en el circuito principal no superior a 7 mca.

Utilizando la gráfica A8 determinaremos la pérdida de carga debida al rozamiento y la velocidad del fluido. Debemos tener en cuenta que al ser el fluido caloportador diferente al agua, los resultados se deberán corregir con un valor igual a la raíz cuarta del cociente entre la viscosidad de la disolución y la del agua a 60°C.

En la siguiente tabla encontraremos las viscosidades que nos hacen falta:

Temperatura agua (°C)	Densidad (kg / m <sup>3</sup> )	Viscosidad dinámica $\times 10^{-3}$ (N · s / m <sup>2</sup> )	Viscosidad cinemática $\times 10^{-6}$ (m <sup>2</sup> / s)
0	999.8	1.781	1.785
5	1000.0	1.518	1.519
10	999.7	1.307	1.306
15	999.1	1.139	1.139
20	998.2	1.102	1.003
25	997.0	0.890	0.893
30	995.7	0.708	0.800
40	992.2	0.653	0.658
50	988.0	0.547	0.553
60	983.2	0.466	0.474
70	977.8	0.404	0.413
80	971.8	0.354	0.364
90	965.3	0.315	0.326
100	958.4	0.282	0.294



Gráfica A8. Pérdidas de rozamiento para tuberías de cobre (mmca/m).

Sabemos que la viscosidad del fluido caloportador es 0,95 centipoises a 60°C.

$$[\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2] = [\text{Pa}\cdot\text{s}] = [10 \text{ P}] \text{ (poise)}$$

A 60°C el agua tiene una viscosidad =  $0.466 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2 = 0,466 \cdot 10^{-2} \text{ P}$ .

Aplicaremos el factor de corrección antes mencionado, así que obtendremos:

$$\text{factor} = \sqrt[2]{(0,95 \cdot 10^{-2} / 0,466 \cdot 10^{-2})} = 1,195.$$

Al mirar la tabla podemos ver que tenemos una pérdida de carga de 13mmca/m.

Si aplicamos el factor calculado obtendremos la pérdida real, que ascendería a:

$$13 \cdot 1,195 = 15,535 \text{ mmca/m}$$

En la misma tabla A8, podemos ver que la velocidad que le corresponde sería aproximadamente de 0,39 m/s para los tramos de cobre de diámetro interno 16,5 mm.

Las tuberías flexibles de acero inoxidable de diámetro interno 25 mm, consideramos que tendrán una velocidad de:  $V = 0,279 / [\pi \cdot (25 \cdot 10^{-3} / 2)^2] \rightarrow V = 568,37 \text{ m/h} \sim 0,16 \text{ m/s}$ .

Para las pérdidas de carga por metro, utilizaremos un valor de 1,5mmca/m, que después de aplicarle el factor de corrección, será de  $1,5 \cdot 1,195 = 1,793 \text{ mmca/m}$ .

#### A.10.4. Pérdida total del circuito primario.

En este apartado calcularemos las pérdidas existentes en el circuito primario por acción de todos los elementos que intervienen en él.

**Pérdidas de carga totales en los tramos de tuberías rectos:**

Tramos	Longitud (m)	Pérdida de carga (mm. c. a. / m.)	Pérdida de carga (mm. c. a.)
1	0,200	15,54	3,108
2	0,500	15,54	7,770
3	10,218	15,54	158,788
4	2,000	1,793	3,586
5	0,600	1,793	1,076
6	1,540	15,54	23,932
7	0,300	15,54	4,662
8	1,540	15,54	23,932
9	0,300	15,54	4,662
10	8,478	15,54	131,748
11	1,000	15,54	15,540
<b>Total</b>	<b>28,516</b>		<b>378,804</b>

**Pérdidas de carga totales en las resistencias simples.**

Las pérdidas debidas a accesorios se calculan a partir de los respectivos coeficientes k. En nuestro circuito primario tenemos los siguientes puntos de pérdidas localizados:

Resistencias simples	Unidades
Entradas de depósito	1
Salidas de depósito	1
Codos	10
Derivaciones en T	0
Válvulas de bola (o de paso)	6
Válvulas de retención (o antirretorno).	2
Uniones (de purgador, de purgador-desaireador y de vaso de expansión)	3
Contracciones bruscas	1
Ensanchamientos bruscos	1

En el circuito primario, 2 válvulas de corte y 1 purgador están situadas en las tuberías flexibles; por lo que  $\Sigma K$  para las tuberías de cobre de diámetro interior de 16,5 será de:

$$\Sigma K = 1 \cdot 1,6 + 1 \cdot 1,2 + 10 \cdot 1,2 + 0 \cdot 1,4 + 4 \cdot 0,5 + 2 \cdot 1,2 + 2 \cdot 0,7 + 1 \cdot 0,6 + 1 \cdot 1$$

$$\Sigma K = 43,8.$$

Y su pérdida de carga valdrá:

$$\Delta p = \Sigma K \cdot v^2 / (2 \cdot g)$$

$$\Delta p = 43,8 \cdot 0,38^2 / (2 \cdot 9,8) = 0,323 \text{ mca.}$$

Por su parte la  $\Sigma K$  para las tuberías flexibles de acero inoxidable de  $\phi_{\text{interior}} 25$  será de:

$$\Sigma K = 2 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,7$$

$$\Sigma K = 1,7.$$

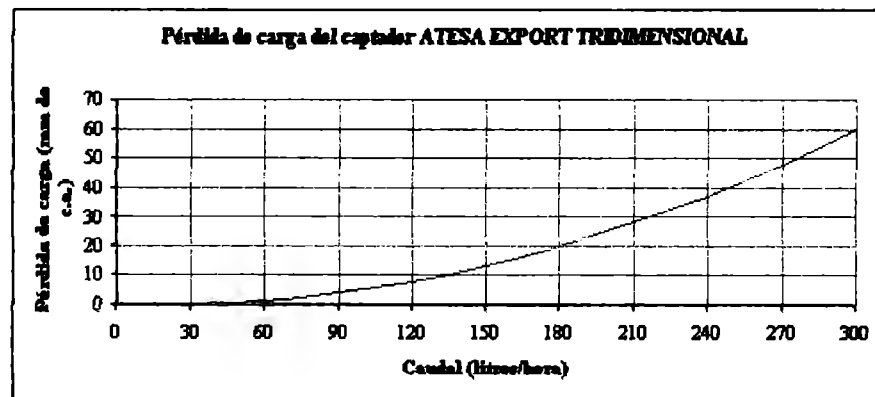
Y su pérdida de carga valdrá:

$$\Delta p = \Sigma K \cdot v^2 / (2 \cdot g)$$

$$\Delta p = 1,7 \cdot 0,16^2 / (2 \cdot 9,8) = 2,22 \cdot 10^{-3} \text{ mca.}$$

### Pérdidas de carga totales en los colectores.

El fabricante nos suministra la siguiente gráfica para encontrar las pérdidas:



Gráfica A9. Pérdidas de carga del colector en función del caudal del fluido caloportador.



Al tener el colector en su interior el fluido caloportador con un caudal de  $C = 0,279 \text{ m}^3/\text{h} = 279 \text{ litros/h}$ , tendremos una pérdida de carga de 51 mmca en cada colector. En total las pérdidas serán de **102 mmca**.

#### **Pérdidas de carga totales en el intercambiador.**

Este dato es suministrado por el fabricante y asciende a **0,204 mca**.

### **A.10.5. Bombas de circulación.**

En la elección de la bomba de circulación deberemos calcular, antes, las pérdidas de carga en el circuito debido a las tuberías, accesorios, colectores e intercambiador. Por lo tanto la pérdida total de presión que debe de soportar el circulador es:

Pérdidas de las conducciones:	378,804 mmca =	0,379 mca.
De los accesorios:	$0,323 \text{ mca.} + 2,22 \cdot 10^{-3} \text{ mca.}$	= 0,325 mca.
De los colectores:	102 mmca =	0,102 mca.
Del intercambiador:		0,204 mca.
Total de pérdidas de carga de la instalación:		<b>1,01 mca.</b>

Por consiguiente, la bomba deberá ser capaz de suministrar esta caída de presión, además de un margen de un **20%** (por futuras pérdidas de rendimiento). De esta forma, deberá proveer una presión mínima de **1,22 mca** para un caudal de **0,279 m<sup>3</sup>/h**.

A partir de estos datos, y con la fórmula siguiente, sacaremos la potencia de la electrobomba:

$$P = C \cdot \Delta p$$

Donde:

**P:** Potencia eléctrica (W).

**C:** Caudal ( $0,279 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s/h} = 7,75 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ )

**$\Delta p$ :** Pérdida de carga de la instalación ( $1,22 \text{ mca} \cdot 9,81 \cdot 10^3 (\text{N/m}^2)/\text{mca} = 11968,2 \text{ N/m}^2$ )

El resultado de la potencia de la bomba será:  $P = 7,75 \cdot 10^{-5} \cdot 11968,2 \rightarrow P = 0,928 \text{ W}$ .  
Dado que se trata de un electrocirculador de pequeña potencia, la potencia real (o nominal) será aproximadamente un 75% mayor, tal y como podemos ver:

$$P_n = P/0,25$$

$$P_n = 0,928/0,25 \rightarrow P = 3,71 \text{ W.}$$

Tras buscar en el mercado una bomba de las características descritas, sólo he encontrado en el mercado bombas con potencias 10 veces mayor. El modelo elegido es de 30W, por lo que se cubrirá la posible pérdida de carga de la propia bomba y, además, la instalación ante posibles ampliaciones futuras.

Según el RITE, colocaremos entre la tubería de aspiración y la de impulsión de la bomba, un manómetro en by-pass, para medir la pérdida de carga de la instalación. Las bombas de más de 1,5kW de potencia y las válvulas automáticas de  $\phi > 20\text{mm}$  se protegerán con filtros situados antes de las mismas. En el resto se colocará un filtro en cada circuito independiente para proteger las válvulas de regulación de las unidades terminales.

### A.10.6. Vaso de expansión.

Para calcular el volumen del vaso de expansión podemos seguir dos procedimientos:

#### Primer procedimiento (Norma UNE 100-155-88).

Según dicha norma:

$$V = V_t \cdot C_e \cdot C_p$$

Donde:

$V_t$ : Volumen total del circuito primario.

$C_e$ : Coeficiente de dilatación del fluido.

$C_p$ : Coeficiente de presión del gas.

#### Coeficiente de dilatación ( $C_e$ ).

FLUIDO	MARGEN TEMPERATURAS		VALOR DE $C_e$
AGUA	30	70	$(0,0036t^2 + 0,064t - 1,75) \cdot 10^{-3}$
AGUA	30	120	$(3,24t^2 + 102,13t - 2708,3) \cdot 10^{-6}$
GLICOL	65	115	$fc = a \cdot (1,8t + 32)^b$

Donde:

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

$$b = 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot (G^2 - 94,57G + 500)$$

En el caso del Glicol, se aplica el factor de corrección anteriormente expuesto, siempre y cuando exista un contenido entre 20 y 50% en volumen.

#### Coeficiente de presión ( $C_p$ ).

$$C_p = V_t / V_u$$

Donde:

$V_t$ : Volumen total del circuito primario.

$V_u$ : Volumen de fluido expansionado.

#### Volumen total del circuito primario

El volumen total será:

$$V_t = V_{tub} + V_{col} + V_{ser}$$

Donde:

$V_{tub}$ : Volumen del fluido circulante por las tuberías.

$V_{col}$ : Volumen del fluido en los colectores.

$V_{ser}$ : Volumen del fluido en el serpentín del acumulador.

El volumen de las tuberías del circuito primario se calcula mediante la ecuación:

$$V_{tub} = \sum I \cdot \pi \cdot (\phi / 2)^2$$

Donde:

$\varphi$ : Diámetro de la tubería (para cada tramo).

l: Longitud de tubería (para cada tramo).

$$V_{\text{tub}} = \pi \cdot (16,5 \cdot 10^{-3} / 2)^2 \cdot (\Sigma \text{ tramos de } 16,5\text{mm}) + \pi \cdot (16,5 \cdot 10^{-3} / 2)^2 \cdot (\Sigma \text{ tramos de } 25\text{mm})$$

$$V_{\text{tub}} = 25,916 \cdot \pi \cdot (16,5 \cdot 10^{-3} / 2)^2 + 2,6 \cdot \pi \cdot (25 \cdot 10^{-3} / 2)^2 \rightarrow V_{\text{tub}} = 6,818 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \sim 6,818 \text{ litros.}$$

El volumen en el colector (fabricante) es de 2,828 litros, siendo  $V_{\text{col}} = 5,656$  litros.

El volumen del serpentín (fabricante) es de 10 litros, siendo  $V_{\text{ser}} = 10$  litros.

Por lo tanto ya tenemos todas las incógnitas para saber cuál es el volumen de nuestro circuito primario:

$$V_t = 6,818 + 5,656 + 10 \rightarrow V_t = 22,474 \text{ l.}$$

Considerando:

$$C_e = 0,02 \cdot 2 = 0,04$$

$$C_p = 2$$

Sustituyendo todos los valores en la fórmula inicial, obtenemos un volumen de vaso de expansión de:

$$\begin{aligned} V &= V_t \cdot C_e \cdot C_p \\ V &= 22,4764 \cdot 0,04 \cdot 2 \\ V &= 1,8 \text{ litros} \end{aligned}$$

### **Segundo procedimiento (Práctica habitual).**

Existe otra forma de calcular el volumen del depósito de expansión, a parte del empleado en la norma UNE. Consiste en seguir la siguiente fórmula:

$$V = V_T \cdot (0,2 + 0,01 \cdot h)$$

Donde:

$V_T$ : Volumen total del circuito primario.

h: Diferencia de alturas (m) entre los colectores y el depósito de expansión.

De esta manera obtenemos un volumen entorno a 6,72 litros. La diferencia respecto a la norma UNE es bastante amplia, pero este es el procedimiento habitual para el cálculo de este tipo de instalaciones y, por tanto, emplearemos este valor como el válido. Pero hemos de tener en cuenta que en la legislación vigente: “*el depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo, incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores más un 10%*”. Por lo que utilizaremos un volumen mínimo de **7,39 litros**.

### A.10.7. Purgadores y desaireadores.

Se colocará un sistema de purga en la batería de colectores, con un volumen de botellín de desaireación de  $15\text{cm}^3/\text{m}^2$  de colector., que en nuestro caso equivaldrá a  $38,07\text{cm}^3$ .

### A.11. Aislamiento.

Como hemos calculado anteriormente las conducciones de cobre de nuestra instalación tendrán un diámetro exterior de 18mm, mientras que el resto (tubos flexibles) serán de 28mm.

Siguiendo las indicaciones del RITE, deberemos poner un grosor de aislamiento determinado en cada sección, y en las instalaciones donde la temperatura sobrepase los  $40^\circ\text{C}$  se colocará un aislamiento térmico equivalente a los espesores que se indican en la siguiente tabla con un coeficiente de conductividad ( $\lambda$ ) de  $0,04\text{ W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$ .

Diámetro exterior (mm)	Temperatura del fluido ( $^\circ\text{C}$ ) (**)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
$D \leq 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

(\*) Diámetro exterior de la tubería sin aislar.

(\*\*) Se escoge la temperatura máxima en la red.

Tabla A2. Relación de espesores de aislamiento en función del diámetro de la tubería y de la  $t^\circ$  del fluido que transporta.

Según el RITE, para conducciones interiores (según la tabla correspondiente del mismo), el valor del espesor será de 20mm; mientras que para conducciones externas el espesor se aumenta en 10mm para fluidos calientes (30mm).

Los cálculos realizados son para materiales con una conductividad térmica  $0,04\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$  a  $20^\circ\text{C}$ , para calcularlos para conductividades usaremos la siguiente fórmula:

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

Donde:

e: Espesor del aislamiento buscado,

$e_{ref}$ : Espesor de referencia

$D_i$ : es el diámetro interior de la sección circular

$\lambda$  y  $\lambda_{ref}$ : Conductividades térmicas respectivas. ( $\lambda_{ref} = 0,04$ )

Estos datos (recomendados por el reglamento) son muy parecidos a los que encontraríamos en los datos suministrados por el fabricante.

## **B. ANEXO DE ESPECIFICACIONES DE LOS FABRICANTES.**

### ***B.1. Recomendaciones del distribuidor de colectores solares.***

Con el fin de garantizar el mantenimiento de las prestaciones energéticas de nuestros captadores solares durante el mayor tiempo posible, ATESA nos recomienda la utilización de los mismos en circuitos cerrados, ya que éstos evitan las deposiciones calcáreas en el interior de los tubos, reduciendo el rendimiento y su vida útil.

Este tipo de colectores está pensado para ser conectados en paralelo, a través de uniones roscadas, con un máximo de hasta 6 colectores. La entrada del fluido siempre será por la parte inferior, y la salida por la parte superior del último colector.

Cada grupo de colectores se podrá unir a otros para formar campos de captación del tamaño que la instalación haga necesarios.

Se recomienda utilizar una válvulas de aislamiento a la entrada y la salida de cada grupo de captadores para posibilitar y agilizar posibles reparaciones.

En la salida de cada grupo, se instalará un purgador de aire que soporte temperaturas de hasta 120°C, a ser posible automático y con válvula de aislamiento, para facilitar tanto la puesta en marcha de la instalación como operaciones de mantenimiento.

Las uniones entre los grupos de captadores y las tuberías del circuito primario deben realizarse de forma que al dilatarse las últimas, no se generen esfuerzos sobre los puntos de unión de los primeros.

El fluido caloportador **OBLIGATORIAMENTE** deberá ser apto para su utilización en tuberías de cobre. Además, en zonas con riesgo de heladas, el circuito primario de captadores deberá ser protegido con la adición de líquidos anticongelantes en proporción suficiente para eliminar cualquier riesgo de congelación o un método de similar eficacia.

El caudal recomendado para el circuito primario de captadores está comprendido entre 120 y 150 litros/hora y captador. En instalaciones con más de un grupo de captadores, se deberá tomar las precauciones necesarias para garantizar que el reparto del caudal del circuito primario se realiza de forma homogénea, con la instalación de válvulas de equilibrado hidráulico o mediante el trazado de circuitos con retorno invertido.

## C.- ANEXO DE TABLAS.

### C.1. Tablas.

En este apartado, están expuestas todas aquellas tablas, gráficas, documentos y demás a los cuales se ha hecho referencia con anterioridad, que han servido para la realización o que pueden ayudar a la consulta de este proyecto, y que no era conveniente su inclusión en cada parte que era necesaria su consulta.

**Tabla C1. Energía H (MJ) que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes.**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1 ALAVA	4.6	6.9	11.2	13	14.8	16.6	18.1	17.3	14.3	9.5	5.5	4.1	11.3
2 ALBACETE	6.7	10.5	15	19.2	21.2	25.1	26.7	23.2	18.8	12.4	8.4	6.4	16.1
3 ALICANTE	8.5	12	16.3	18.9	23.1	24.8	25.8	22.5	18.3	13.6	9.8	7.6	16.6
4 ALMERIA	8.9	12.2	16.4	19.6	23.1	24.6	25.3	22.5	18.5	13.9	10	8	16.9
5 ASTURIAS	5.3	7.7	10.6	12.2	15	15.2	16.8	14.8	12.4	9.8	5.9	4.6	10.9
6 AVILA	6	9.1	13.5	17.7	19.4	22.3	26.3	25.3	18.8	11.2	6.9	5.2	15.1
7 BADAJOZ	6.5	10	13.6	18.7	21.8	24.6	25.9	23.8	17.9	12.3	8.2	6.7	15.8
8 BALEARES	7.2	10.7	14.4	16.2	21	22.7	24.2	20.6	16.4	12.1	8.5	6.5	15
9 BARCELONA	6.5	9.5	12.9	16.1	18.6	20.3	21.6	18.1	14.6	10.8	7.2	5.8	13.5
10 BURGOS	5.1	7.9	12.4	16	19.7	21.5	23	20.7	16.7	10.1	6.5	4.5	13.6
11 CACERES	6.8	10	14.7	19.6	22.1	25.1	25.4	19.7	12.7	8.9	6.6	6.6	16.6
12 CADIZ	8.1	11.5	15.7	18.5	22.2	23.8	25.9	23	18.1	14.2	10	7.4	16.5
13 CANTABRIA	5	7.4	11	13	16.1	17	19.4	15.5	13	9.5	5.9	4.5	11.3
14 CASTELLÓN	8	12.2	15.5	17.4	20.6	21.4	23.9	19.5	16.6	13.1	8.6	7.3	15.3
15 CEUTA	8.9	13.1	18.6	21	24.3	26.7	26.8	24.3	19.1	14.2	11	8.6	18.1
16 CIUDAD REAL	7	10.1	15	18.7	21.4	23.7	25.3	23.2	18.8	12.5	8.7	6.9	15.9
17 CORDOBA	7.2	10.1	15.1	18.5	21.8	25.9	28.5	25.1	19.9	12.6	8.6	6.9	16.7
18 LA CORUÑA	5.4	8	11.4	12.4	15.4	16.2	17.4	15.3	13.9	10.9	6.4	5.1	11.5
19 CUENCA	5.9	8.8	12.9	17.4	18.7	22	25.6	22.3	17.5	11.2	7.2	5.5	14.6
20 GERONA	7.1	10.5	14.2	15.9	18.7	19	22.3	18.5	14.9	11.7	7.8	6.6	13.9
21 GRANADA	7.8	10.8	15.2	18.5	21.9	24.8	26.7	23.6	18.8	12.9	9.6	7.1	16.5
22 GUADALAJARA	6.5	9.2	14	17.9	19.4	22.7	25	23.2	17.0	11.7	7.8	5.6	15.1
23 GUIPUZCOA	5.5	7.7	11.3	11.7	14.6	16.2	16.1	13.6	12.7	10.3	6.2	5	10.9
24 HUELVA	7.6	11.3	16	19.5	24.1	25.6	28.7	25.6	21.2	14.5	9.2	7.5	17.6
25 HUESCA	6.1	9.6	14.3	18.7	20.3	22.1	23.1	20.9	16.9	11.3	7.2	5.1	14.6
26 JAEN	6.7	10.1	14.4	18	20.3	24.4	26.7	24.1	19.2	11.9	8.1	6.5	15.9
27 LEON	5.8	8.7	13.8	17.2	19.5	22.1	24.2	20.9	17.2	10.4	7	4.8	14.3
28 LERIDA	6	9.9	18	18.8	20.9	22.6	23.8	21.3	16.8	12.1	7.2	4.8	15.2
29 LUGO	5.1	7.6	11.7	15.2	17.1	19.5	20.2	18.4	15	9.9	6.2	4.5	12.5
30 MADRID	6.7	10.6	13.6	18.8	20.9	23.5	26	23.1	16.9	11.4	7.5	5.9	15.4
31 MALAGA	8.3	12	15.5	18.5	23.2	24.5	26.5	23.2	19	13.6	9.3	8	16.8
32 MELILLA	9.4	12.6	17.2	20.3	23	24.8	24.8	22.6	18.3	14.2	10.9	8.7	17.2
33 MURCIA	10.1	14.8	16.6	20.4	24.2	25.6	27.7	23.5	18.6	13.9	9.8	8.1	17.8
34 NAVARRA	5	7.4	12.3	14.5	17.1	18.9	20.5	18.2	16.2	10.2	6	4.5	12.6
35 ORENSE	4.7	7.3	11.3	14	16.2	17.6	18.3	16.6	14.3	9.4	5.6	4.3	11.6
36 PALENCIA	5.3	9	13.2	17.5	19.7	21.8	24.1	21.6	17.1	10.9	6.6	4.6	14.3
37 LAS PALMAS	11.2	14.2	17.8	19.6	21.7	22.5	24.3	21.9	19.8	15.1	12.3	10.7	17.6
38 PONTEVEDRA	5.5	8.2	13	15.7	17.5	20.4	22	18.9	15.1	11.3	6.8	5.5	13.3
39 LA RIOJA	5.6	8.8	13.7	16.6	19.2	21.4	23.3	20.8	16.2	10.7	6.8	4.8	14
40 SALAMANCA	6.1	9.5	13.5	17.1	19.7	22.8	24.6	22.6	17.5	11.3	7.4	5.2	14.8
41 STA.C.TENERIFE	10.7	13.3	18.1	21.5	25.7	26.5	29.3	26.6	21.2	16.2	10.8	9.3	19.1
42 SGOVIA	5.7	8.8	13.4	18.4	20.4	22.6	25.7	24.9	18.8	11.4	6.8	5.1	15.2
43 SEVILLA	7.3	10.9	14.4	19.2	22.4	24.3	24.9	23	17.9	12.3	8.8	6.9	16
44 SORIA	5.9	8.7	12.8	17.1	19.7	21.8	24.1	22.3	17.5	11.1	7.6	5.6	14.5
45 TARRAGONA	7.3	10.7	14.9	17.6	20.2	22.5	23.8	20.5	16.4	12.3	8.8	6.3	15.1
46 TERUEL	6.1	8.8	12.9	16.7	18.4	20.6	21.8	20.7	16.9	11	7.1	5.3	13.9
47 TOLEDO	6.2	9.5	14	19.3	21	24.4	27.2	24.5	19.1	11.9	7.6	5.6	15.8
48 VALENCIA	7.6	10.6	14.9	18.1	20.6	22.8	23.8	20.7	16.7	12	8.7	6.6	15.3
49 VALLADOLID	5.5	8.8	13.9	17.2	19.9	22.6	25.1	23	18.3	11.2	6.9	4.2	14.7
50 VIZCAYA	5	7.1	10.8	12.7	15.5	16.7	17.9	15.7	13.1	9.3	6	4.6	11.2
51 ZAMORA	5.4	8.9	13.2	17.3	22.2	21.6	23.5	22	17.2	11.1	6.7	4.6	14.5
52 ZARAGOZA	6.3	9.8	15.2	18.3	21.8	24.2	25.1	23.4	18.3	12.1	7.4	5.7	15.6

**Tablas C2 y C3. Factor de corrección k para superficies inclinadas. Representa el cociente entre la energía total incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal. (Fuente: CENSOLAR).**

**LATITUD 41°**

Inclinación	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
0°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5°	1,08	1,06	1,05	1,03	1,02	1,02	1,02	1,04	1,06	1,08	1,09	1,09
10°	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,03	1,04	1,06	1,11	1,15	1,18	1,17
15°	1,21	1,17	1,13	1,08	1,04	1,03	1,04	1,09	1,15	1,22	1,26	1,25
20°	1,27	1,21	1,15	1,09	1,04	1,03	1,05	1,10	1,18	1,28	1,34	1,32
25°	1,32	1,25	1,17	1,09	1,04	1,01	1,04	1,10	1,21	1,33	1,40	1,38
30°	1,36	1,28	1,19	1,09	1,02	1	1,02	1,10	1,23	1,37	1,46	1,44
35°	1,39	1,30	1,19	1,08	1	0,97	1	1,09	1,23	1,40	1,51	1,48
40°	1,42	1,31	1,19	1,06	0,97	0,94	0,97	1,08	1,24	1,42	1,54	1,52
45°	1,43	1,32	1,18	1,04	0,94	0,90	0,94	1,05	1,23	1,43	1,57	1,54
50°	1,44	1,31	1,16	1	0,89	0,86	0,90	1,02	1,21	1,44	1,59	1,56
55°	1,44	1,30	1,13	0,97	0,85	0,80	0,85	0,98	1,19	1,43	1,59	1,57
60°	1,43	1,28	1,10	0,92	0,79	0,75	0,80	0,93	1,15	1,41	1,59	1,57
65°	1,41	1,25	1,06	0,87	0,74	0,69	0,74	0,88	1,11	1,39	1,57	1,55
70°	1,38	1,21	1,01	0,81	0,67	0,62	0,67	0,82	1,07	1,35	1,55	1,53
75°	1,35	1,17	0,96	0,75	0,60	0,55	0,60	0,76	1,01	1,31	1,52	1,50
80°	1,30	1,12	0,90	0,68	0,53	0,48	0,53	0,69	0,95	1,25	1,47	1,46
85°	1,25	1,06	0,83	0,61	0,46	0,40	0,46	0,62	0,88	1,19	1,42	1,41
90°	1,19	1	0,76	0,54	0,38	0,32	0,38	0,54	0,81	1,12	1,36	1,35

**LATITUD 42°**

Inclinación	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
0°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5°	1,08	1,07	1,05	1,03	1,02	1,02	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,09
10°	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,03	1,04	1,07	1,11	1,16	1,19	1,18
15°	1,22	1,18	1,13	1,08	1,05	1,03	1,05	1,09	1,15	1,23	1,27	1,26
20°	1,28	1,22	1,16	1,09	1,05	1,03	1,05	1,10	1,19	1,29	1,35	1,33
25°	1,33	1,26	1,18	1,10	1,04	1,02	1,04	1,11	1,22	1,34	1,42	1,40
30°	1,37	1,29	1,20	1,10	1,03	1	1,03	1,11	1,24	1,38	1,48	1,45
35°	1,41	1,31	1,20	1,09	1,01	0,98	1,01	1,10	1,25	1,42	1,52	1,50
40°	1,43	1,33	1,20	1,07	0,98	0,95	0,98	1,09	1,25	1,44	1,56	1,54
45°	1,45	1,33	1,19	1,05	0,95	0,91	0,95	1,06	1,24	1,45	1,59	1,57
50°	1,46	1,33	1,17	1,02	0,91	0,87	0,91	1,03	1,23	1,46	1,61	1,58
55°	1,46	1,32	1,15	0,98	0,86	0,82	0,86	1	1,21	1,45	1,62	1,59
60°	1,45	1,30	1,12	0,94	0,81	0,76	0,81	0,95	1,17	1,44	1,62	1,59
65°	1,43	1,27	1,08	0,89	0,75	0,70	0,75	0,90	1,13	1,41	1,61	1,58
70°	1,41	1,23	1,03	0,83	0,69	0,64	0,69	0,84	1,09	1,38	1,58	1,56
75°	1,37	1,19	0,98	0,77	0,62	0,57	0,62	0,78	1,03	1,34	1,55	1,53
80°	1,33	1,14	0,92	0,70	0,55	0,49	0,55	0,71	0,97	1,28	1,51	1,49
85°	1,28	1,08	0,85	0,63	0,47	0,42	0,47	0,64	0,90	1,22	1,45	1,44
90°	1,22	1,02	0,78	0,56	0,40	0,34	0,39	0,56	0,83	1,16	1,39	1,38

**Tabla C4. Temperatura ambiente media durante las horas de sol, en °C.**

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1	ALAVA	7	7	11	12	15	19	21	21	19	15	10	7	13.7
2	ALBACETE	6	8	11	13	17	22	26	26	22	16	11	7	15.4
3	ALICANTE	13	14	16	18	21	25	28	28	26	21	17	14	20.1
4	ALMERIA	15	15	16	18	21	24	27	28	26	22	18	16	20.5
5	ASTURIAS	9	10	11	12	15	18	20	20	19	16	12	10	14.3
6	AVILA	4	5	8	11	14	16	22	22	16	13	6	5	12.3
7	BADAJOS	11	12	15	17	20	25	28	28	25	20	15	11	18.9
8	BALEARES	12	13	14	17	19	23	26	27	25	20	16	14	18.8
9	BARCELONA	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12	18.5
10	BURGOS	5	6	9	11	14	18	21	21	18	13	9	5	12.5
11	CACERES	10	11	14	16	19	25	28	28	25	19	14	10	18.3
12	CADIZ	13	15	17	19	21	24	27	27	25	22	18	15	20.3
13	CANTABRIA	11	11	14	14	16	19	21	21	20	17	14	12	15.8
14	CASTELLON	13	13	15	17	20	24	26	27	25	21	16	13	19.2
15	CEUTA	15	15	16	17	19	23	25	26	24	21	18	16	19.6
16	CIUDAD REAL	7	9	12	15	18	23	28	27	20	17	11	8	16.3
17	CORDOBA	11	13	16	18	21	26	30	30	26	21	16	12	20
18	LA CORUÑA	12	12	14	14	16	19	20	21	20	17	14	12	15.9
19	CURNCA	5	6	9	12	15	20	24	23	20	14	9	6	13.6
20	GERONA	9	10	13	15	19	23	26	25	23	18	13	10	17
21	GRANADA	9	10	13	16	18	24	27	27	24	18	13	9	17.3
22	GUADALAJARA	7	8	12	14	18	22	26	26	22	16	10	8	15.8
23	GUIPUZCOA	10	10	13	14	16	19	21	21	20	17	13	10	15.3
24	HUELVA	13	14	16	20	21	24	27	27	25	21	17	14	19.9
25	HUESCA	7	8	12	15	18	22	25	25	21	16	11	7	15.6
26	JAEÑ	11	11	14	17	21	26	30	29	25	19	15	10	19
27	LEÓN	5	6	10	12	15	19	22	22	19	14	9	6	13.3
28	LERIDA	7	10	14	15	21	24	27	27	23	18	11	8	17.1
29	LUGO	8	9	11	13	15	18	20	21	19	15	11	8	14
30	MAURITIO	6	8	11	13	18	23	28	26	21	15	11	7	15.6
31	MALAGA	15	15	17	19	21	25	27	28	26	22	18	15	20.7
32	MELILLA	15	15	16	18	21	25	27	28	26	22	18	16	20.6
33	MURCIA	12	12	15	17	21	25	28	28	25	20	16	12	19.3
34	NAVARRA	7	7	11	13	16	20	22	23	20	15	10	8	14.3
35	ORENSE	9	9	13	15	18	21	24	23	21	16	12	9	15.8
36	PALENCIA	5	7	10	13	16	20	23	23	20	14	9	6	13.8
37	LAS PALMAS	20	20	21	22	23	24	25	25	26	25	23	21	22.9
38	PONTEVEDRA	11	12	14	16	18	20	22	23	20	17	14	12	16.6
39	LA RIOJA	7	9	12	14	17	21	24	24	21	16	11	8	15.3
40	SALAMANCA	6	7	10	13	16	20	24	23	20	14	9	6	14
41	STA.C.TENERIFE	19	20	20	21	22	24	26	27	26	25	23	20	22.8
42	SEGOVIA	4	6	10	12	15	20	24	23	20	14	9	5	13.5
43	SEVILLA	11	13	14	17	21	25	29	29	24	20	16	12	19.3
44	SORIA	4	6	9	11	14	19	22	22	18	13	8	5	12.6
45	TARRAGONA	11	12	14	16	19	22	25	26	23	20	15	12	17.9
46	TERUEL	5	6	9	12	16	20	23	24	19	14	9	6	13.6
47	TOLEDO	8	9	13	15	19	24	28	27	23	17	12	8	16.9
48	VALENCIA	12	13	15	17	20	23	26	27	24	20	16	13	18.6
49	VALLADOLID	4	6	9	12	17	21	24	23	18	13	8	4	13.3
50	VIZCAYA	10	11	12	13	16	20	22	22	20	16	13	10	15.4
51	ZAMORA	6	7	11	13	16	21	24	23	20	15	10	6	14.3
52	ZARAGOZA	8	10	13	16	19	23	26	26	23	17	12	9	16.3



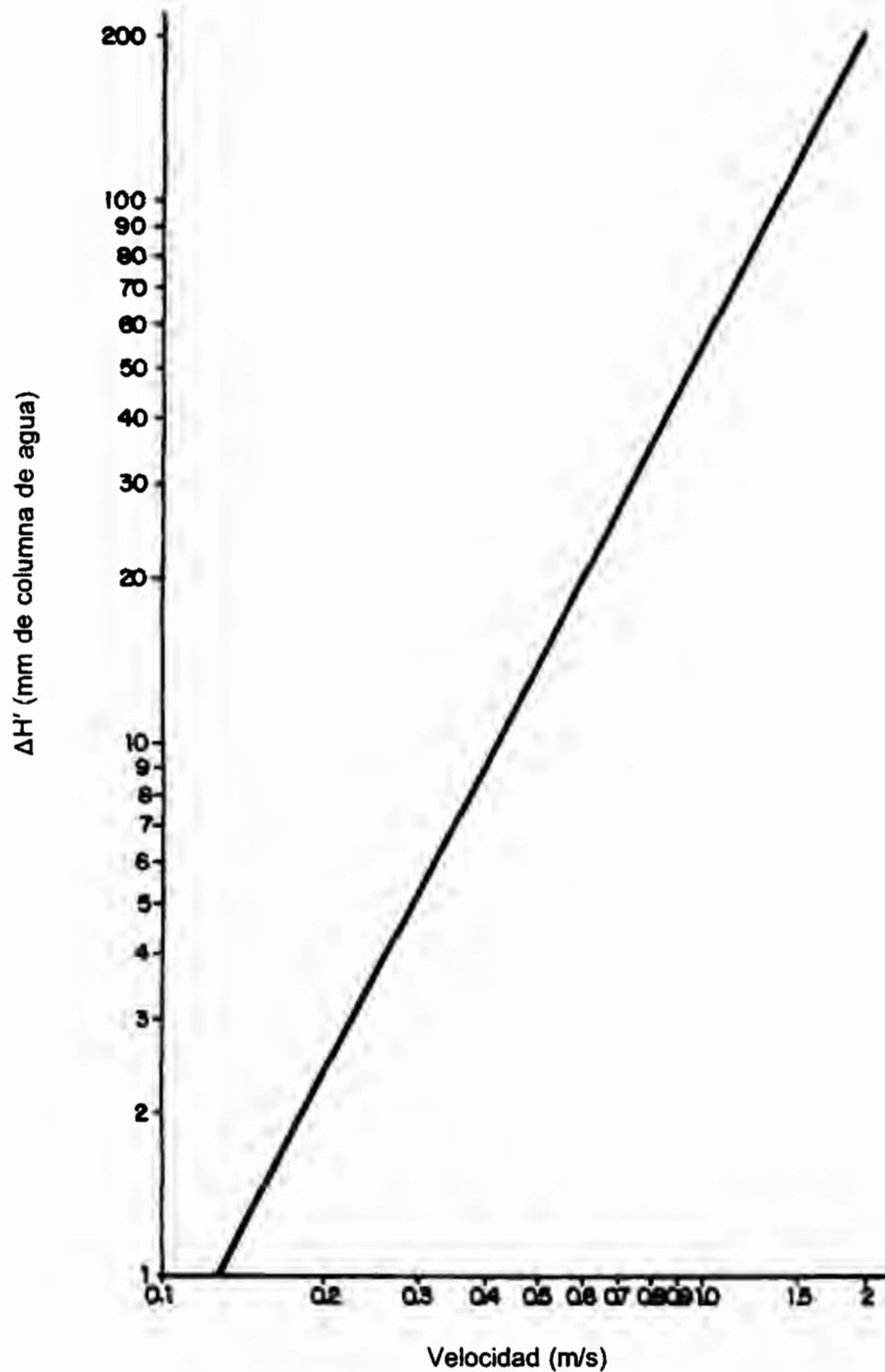
**Tabla C5. Altitud, latitud, longitud y temperatura mínima histórica.**

PROVINCIA	ALTITUD (m) (de la capital)	LATITUD (°) (de la capital)	LONGITUD (°) (de la capital)	TEMP. MÍNIMA HISTÓRICA (°C)
1 ÁLAVA	542	42.9	2.7 W	-18
2 ALBACETE	686	39.0	1.8 W	-23
3 ALICANTE	7	38.4	0.5 W	-5
4 ALMERÍA	65	36.9	2.4 W	-1
5 ASTURIAS	232	43.4	5.8 W	-11
6 ÁVILA	1126	40.7	4.9 W	-21
7 BADAJOZ	186	38.9	7.0 W	-6
8 BALEARES	28	39.6	2.6 E	-4
9 BARCELONA	95	41.4	2.2 E	-7
10 BURGOS	929	42.3	3.7 W	-18
11 CÁCERES	459	39.5	6.4 W	-6
12 CÁDIZ	28	36.5	6.3 W	-2
13 CANTABRIA	69	43.5	3.8 W	-4
14 CASTELLÓN	27	40.0	0	-8
15 CEUTA	206	35.9	5.3 W	-1
16 CIUDAD REAL	628	39.0	3.9 W	-10
17 CÓRDOBA	128	37.9	4.8 W	-6
18 LA CORUÑA	54	43.4	8.4 W	-9
19 CUENCA	949	40.1	2.1 W	-21
20 GERONA	95	42.0	2.7 E	-11
21 GRANADA	775	37.2	3.7 W	-13
22 GUADALAJARA	685	40.6	3.2 W	-14
23 GUIPÚZCOA	181	43.3	2.0 W	-12
24 HUELVA	4	37.3	6.9 W	-6
25 HUESCA	488	42.1	0.4 W	-14
26 JAÉN	586	37.8	3.8 W	-8
27 LEÓN	908	42.6	5.6 W	-18
28 LÉRIDA	323	41.7	1.2 E	-11
29 LUGO	465	43.0	7.6 W	-8
30 MADRID	667	40.4	3.7 W	-16
31 MÁLAGA	40	36.7	4.4 W	-4
32 MELILLA	47	35.3	3.0 W	-1
33 MURCIA	42	38.0	1.1 W	-5
34 NAVARRA	449	42.8	1.6 W	-16
35 ORENSE	139	42.3	7.8 W	-8
36 PALENCIA	734	42.0	4.5 W	-14
37 LAS PALMAS	6	28.2	15.4 W	+6
38 PONTEVEDRA	19	42.4	8.6 W	-4
39 LA RIOJA	380	42.5	2.4 W	-12
40 SALAMANCA	803	41.0	5.6 W	-16
41 STA. CRUZ DE TENERIFE	37	28.5	16.2 W	+3
42 SEGOVIA	1002	41.0	4.1 W	-17
43 SEVILLA	30	37.4	6.0 W	-6
44 SORIA	1063	41.8	2.5 W	-16
45 TARRAGONA	60	41.1	1.2 E	-7
46 TERUEL	915	40.4	1.1 W	-14
47 TOLEDO	540	39.9	4.0 W	-9
48 VALENCIA	10	39.5	0.4 W	-8
49 VALLADOLID	694	41.7	4.7 W	-16
50 VIZCAYA	32	43.3	3.0 W	-8
51 ZAMORA	649	41.5	5.7 W	-14
52 ZARAGOZA	200	41.7	0.9 W	-11

**Tabla C6. Características de los tubos de cobre comprendidos en la norma UNE37.141-76.**

Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Diámetro interior (mm)	Peso lineal (kg/m)	Superficie pared exterior (cm <sup>2</sup> / m)	Sección interior (mm <sup>2</sup> )	Capacidad (l/m)	Resistencia útil (kp/cm <sup>2</sup> )	Resistencia rotura (kp/cm <sup>2</sup> )
6	0.75	4.5	0.110	188	16	0.016	147	733
	1	4	0.140	188	13	0.013	220	1100
8	0.75	6.5	0.152	251	33	0.033	102	510
	1	6	0.196	251	28	0.028	147	733
10	0.75	8.5	0.194	314	57	0.057	78	388
	1	8	0.252	314	50	0.050	110	550
12	0.75	10.5	0.236	377	87	0.087	63	314
	1	10	0.308	377	78	0.078	88	440
15	0.75	13.5	0.299	471	143	0.143	49	244
	1	13	0.391	471	133	0.133	68	338
18	0.75	16.5	0.362	565	214	0.214	40	199
	1	16	0.475	565	201	0.201	55	275
22	1	20	0.587	691	314	0.314	44	220
	1.2	19.6	0.698	691	302	0.302	54	269
	1.5	19	0.860	691	284	0.284	69	347
28	1	26	0.753	880	531	0.531	34	169
	1.2	25.6	0.899	880	515	0.515	41	206
	1.5	25	1.111	880	491	0.491	53	264
35	1	33	0.951	1100	855	0.855	27	133
	1.2	32.6	1.134	1100	835	0.835	32	162
	1.5	32	1.405	1100	804	0.804	41	206
42	1	40	1.146	1319	1257	1.257	22	110
	1.2	39.6	1.369	1319	1232	1.232	27	133
	1.5	39	1.699	1319	1195	1.195	34	169
54	1.2	51.6	1.172	1696	2091	2.091	20	102
	1.5	51	2.202	1696	2043	2.043	26	129
63	1.5	60	2.579	1979	2827	2.827	22	110
	2	59	3.411	1979	2734	2.734	30	149
80	1.5	77	3.292	2513	4657	4.657	17	86
	2	76	4.362	2513	4356	4.356	23	116
100	2	96	5.840	3142	7238	7.238	18	92
	2.5	95	6.815	3142	7088	7.088	23	116

**Tabla C7. Valor de las pérdidas de carga localizadas  $k \cdot (v^2/2g)$  en función de la velocidad del agua y para  $k = 1$ .**



**Tabla C8. Coeficientes K de pérdidas localizadas para algunas piezas o accesorios.**

<i>Denominación del accesorio o singularidad</i>	<i>K</i>
Cambios de dirección a 45°	0.3
Cambios de dirección a 90° de radio medio	0.4
Codos	1.2
Contracciones bruscas	0.6
Derivación en T	1.4
Ensanchamientos bruscos	1
Entradas de depósitos	1.6
Salidas de depósitos	1.2
Uniones lisas	0.05
Uniones diversas	0.7
Válvulas de compuerta:	
Abiertas	0.5
Medio abiertas	5
Tres cuartos cerradas:	25
Válvulas de asiento	
Abiertas	6
Medio abiertas	36
Tres cuartos cerradas	112
Válvulas de mariposa:	
Abiertas	0.5
Medio abiertas	25
Tres cuartos cerradas	250
Válvula de retención de clapeta	12
Válvulas de bola (abiertas)	0.5

**Tabla C.9. Características de algunos aislantes fibrosos.**

	Presentación. Utilización principal	Temperat. límite (°C)	Corro- sion	Igni- fugo	Resistencia mecánica	Resistencia al agua	Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	Conf. conductividad (W/m·K)
AMIANTO	Borra, placas	500 °C	No (salvo	Muy buen	En aglo-	Muy débil	160 a 200	0 °C 0.04
Fibras cortas	Coquillas	a	aglome-		merantes			50 °C 0.042
Fibras largas		600 °C	ntante)		bucna			100 °C 0.047
FIBRA DE	Normal	500 °C	No	Total	Débil	Muy	4 a 300	0 °C 0.039
VIDRIO	Estrado	a	Según	Según	Según	débil		50 °C 0.041
de vidrio	Con resina	700 °C	resina	resina	resina			100 °C 0.046
funcionao. chorro de vapor o de gas)		var. con resina						
FIBRA MINE- RAL	Borra, placas	600 °C	Depende	Total	Débil	Muy	30 a 300	0 °C 0.04 a 0.04
Estirado de rocas	Coquillas, fi- bras	a	del conte- nido de	Salvo con	Según	débil		50 °C 0.042 a 0.04
naturales o artificiales	con aglome- rante	700 °C	nido de sulfuro y de la resi- na	resina	resina			100 °C 0.047 a 0.05
FIBRA ANIMAL Y VEGETAL	Borra, placas	60 °C	No	Muy malo	Media	Muy mala	200	0 °C 0.04 kcal/ h·m·°C
	Coquillas							
	Anticandentes							

**Tabla C10. Características de algunos aislantes granulados.**

	Presentación. Utilización principal	Temperat. límite (°C)	Corro- sión	Igni- fugo	Resistencia mecánica	Resistencia al agua	Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	Coef. conductividad (W/m·K)	
<b>PERLITE</b> Material volcánico expandido	A granel, grá- nulos, placas, coquillas. Baja tempera- tura	-200 +900	No	Bueno	Débil	Mala	40 a 100	50 °C 0 °C 50 °C 100 °C	0.04 0.045 0.052 0.056
<b>VERMICULITE</b> Silicato de alúmi- na y magnesio ex- pandido	Fabricación de hormigón refractario. Coquillas, placas, borra	1000	No (salvo el aglomerante).	Muy buen (salvo aglom.)	Débil (según aglom.)	Muy débil	70 a 110	50 °C 100 °C	0.092 0.095
<b>KIESELGUHR</b> diatomáceas fosfa- tadas, secadas o calcinadas (Fire- backing)	A granel, pla- cas, coquillas, pasta	900	Sí, en for- ma de pasta	Muy bueno	Débil a buena	Muy débil	200 a 300	0 °C 50 °C 100 °C	0.05 0.055 0.06
<b>SILICATO DE CALCIO</b> -Kieselguhr artificial- (kaylo)	Placas, coqui- llas	900	Ataca el aluminio	Bueno	Buena	Muy débil	200	50 °C 100 °C	0.055 0.062
<b>MAGNESIA</b> Carbonato hidra- tado de magnesio por calcinación de dolomita	Placas, coqui- llas, a granel	300	Pa. 9 a 10 Ataca el aluminio	Bueno	Buena	Muy débil	200		

**Tabla C11. Características de algunos aislantes celulares.**

	Presentación (Utilización principal)	Temperat. límite (°C)	Corro- sión	Igni- fugo	Resistencia mecánica	Resistencia al agua	Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	Coef. conductividad (W/m·K)	
<b>CORCHO</b> expandido	Polvos, gránu- los, placas, coquillas	-100 °C a 80 °C	No	Mal	Buena	Débil	100 a 200	-50 °C 0 °C 50 °C	0.04 0.047 0.052
<b>ESPUMA DE VIDRIO</b> Expansión de vidrio por gas pesado	Placas, coqui- llas	-200 °C a 450 °C	No	Muy bueno	Buena	Excelente	130 a 160	-50 °C 0 °C 50 °C 100 °C	0.043 0.05 0.059 0.068
<b>HORMIGÓN EXPANDIDO</b> (hormigón + arena oxigenada)	Placas, coqui- llas ladrillos	-20 °C a 120 °C	No	Bueno	Buena	Muy débil	800 a 2000	0 °C 50 °C 100 °C	0.071 0.079 0.085
<b>RESINAS SIN- TÉTICAS EX- PANDIDAS</b> (Urea, formal, poliéster, poliesti- reno, polietileno, etc.)	Utilización a baja temperatura	Variable -150 °C a 170 °C, se- gún tipo	No	De regu- lar a débil	Media	Variable, según cé- lulas	De 10 a 80		0.029 a 0.045
<b>ESPUMAS ELASTOMÉRI- CAS</b>	Coquillas, Planchas Cintas	105 °C	No	Auto extingui- bles	Media	Muy bue- na	60	20 °C	0.035

# PRESUPUESTO.



Sergio Jiménez Delgado

A01212207

Presupuesto.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## Índice.

Índice.	3
1. Mediciones – Unidades de obra.	5
2. Precios unitarios descompuestos.	6
3. Presupuesto general	10

## 1. Mediciones - Unidades de obra.

	Componentes	Unidades
1	Soporte tejado (para 2 colectores) (opcional)	1,0 u
2	Paneles solares (incl. juego de conexiones)	2,0 u
3	Interacumulador solar	1,0 u
4	Tubería flexible de 28 mm	2,6 m
5	Tubería de cobre de 18 mm	30,5 m
6	<b>Aislamiento.</b>	
	Coquilla de 20 mm	29,5 m
	Coquilla de 30 mm	3,0 m
	Planchas	6,0 m <sup>2</sup>
	Pintura	5,0 l
7	Bomba de circulación	2,0 u
8	Manómetro	1,0 u
9	Depósito de expansión ACS (con autollenado)	1,0 u
10	<b>Purgación.</b>	
	Purgador	1,0 u
	Purgador-desaireador	1,0 u
11	Termómetro	2,0 u
12	<b>Válvulas y accesorios.</b>	
	V. de paso	11,0 u
	V. de retención	2,0 u
	V. de 3 vías	1,0 u
	Grifo de vaciado	1,0 u
13	Filtro	2,0 u
14	Depósito fluido caloportador de 20 litros	1,0 u
15	Abrazaderas	24,0 u
16	<b>Sistema de regulación y control.</b>	
	Regulador	1,0 u
	Sonda	1,0 u



## 2. Precios unitarios descompuestos.

Los precios por unidad de tiempo y por tipo de operario son los básicos para este tipo de trabajos contemplados en la normativa vigente según instalaciones anteriores.

### 1. Soporte tejado (para 2 colectores) (opcional).

3 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	27,00 €
0,25 h	Grúa.	39,00 €/h	9,75 €
	<b>Total partida.</b>		<b>36,75 €</b>

### 2. Panel solar.

2 u.	Colector solar Atesa Export Tridimensional.	343,75 €/u	687,50 €
1 u.	Juego acoplamiento-conexiones para colectores.	4,00 €/u	4,00 €
1 u.	Juego acoplamiento-conexiones entre colectores.	4,80 €/u	4,80 €
0,5 h	Grúa.	39,00 €/h	19,50 €
1,5 h	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	27,00 €
4 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	36,00 €
	<b>Total partida.</b>		<b>778,80 €</b>

### 3. Interacumulador solar.

1 u.	Interacumulador solar BRV-200.	987,00 €/u	987,00 €
1,5 h	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	27,00 €
2 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	18,00 €
	<b>Total partida.</b>		<b>1032,00 €</b>

### 4. Tubería flexible $\phi_{ext}$ 28.

2,6 m	Tubería flexible $\phi_{ext}$ 28 de acero inoxidable Comercial Gassó (temp. - 200 a 800°C).	12,33 €/m	32,06 €
0,45 h	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	8,10 €
	<b>Total partida.</b>		<b>40,16 €</b>

### 5. Tubería de cobre $\phi_{ext}$ 18.

30,5 m	Tubería de cobre $\phi_{ext}$ 18.	7,34 €/m	223,87 €
6 h	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	108,00 €
1,5 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	13,50 €
	<b>Total partida.</b>		<b>345,37 €</b>

**6. Aislamiento.****6.1. Coquilla Armaflex 20 mm.**

29,5 m	Coquilla Armaflex 20 mm. Coef. conductividad de 0.035 W/(m·K) a 20°C. T <sub>lim</sub> =105°C. No corrosible. Autoextinguible.	5,12 €/m	151,04 €
2,5 h	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	45,00 €
<b>Total partida.</b>			<b>196,04 €</b>

**6.2. Coquilla Armaflex 30 mm.**

3 m	Coquilla Armaflex 30 mm. Coef. Conductividad de 0.035 W/(m·K) a 20°C. T <sub>lim</sub> =105°C. No corrosible. Autoextinguible.	6,84 €/m	20,52 €
0,5 h	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	9,00 €
<b>Total partida.</b>			<b>29,52 €</b>

**6.3. Plancha Armaflex 25 mm.**

6 m <sup>2</sup>	Plancha 25 mm AF Armaflex.	8,00 €/m <sup>2</sup>	48,00 €
0,75 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	6,75 €
<b>Total partida.</b>			<b>54,75 €</b>

**6.4. Pintura Armafinish 20.**

5 l.	Pintura Armafinish.	4,21 €/l	21,05 €
0,50 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	4,50 €
<b>Total partida.</b>			<b>25,55 €</b>

**7. Bomba de circulación.**

2 u	Bomba de circulación modelo SB-5 Y de Roca.	147,00 €/u	294,00 €
3,5 h	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	63,00 €
0,25 h.	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	2,25 €
<b>Total partida.</b>			<b>359,25 €</b>

**8. Manómetro.**

1 u	Termohidrómetro modelo 60 mca vertical (Roca).	4,68 €/u	4,68 €
0,85 h	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	15,30 €
0,15 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	1,35 €
<b>Total partida.</b>			<b>21,33 €</b>

**9. Depósito de expansión A.C.S. (con autollenado).**

1,00 u	Depósito de expansión ACS de Salvador Escoda, mod CMF 8 l. Con membrana fija y $P_{m\acute{a}x}=4$ bar.	21,31 €/u	21,31 €
0,50 h	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	9,00 €
	<b>Total partida.</b>		<b>30,31 €</b>

**10. Purgadores.****10.1 Purgador.**

1,00 u	Purgador automático de aire Flexvet (Roca). $T_{m\acute{a}x}^{a}=110^{\circ}\text{C}$ de latón, con válvula de cierre. $P_{m\acute{a}x}=10$ bar.	11,60 €/u	11,60 €
0,50 h	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	9,00 €
	<b>Total partida.</b>		<b>20,60 €</b>

**10.2 Purgador – desaireador.**

1,00 u	Purgador – Desaireador Flexair 32 sk (Roca). $T_{m\acute{a}x}^{a}=110^{\circ}\text{C}$ , $P_{m\acute{a}x}=10$ bar. De latón, con válvula de cierre y separador	19,99 €/u	19,99 €
0,50 h	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	9,00 €
	<b>Total partida.</b>		<b>28,99 €</b>

**11. Termómetro.**

2,00 u	Termómetro modelo TV-80 (Roca) Temp de 0 a $120^{\circ}\text{C}$ . $\phi_{esfera}=80$ mm.	9,95 €/u	19,90 €
1,50 h	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	27,00 €
0,30 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	2,70 €
	<b>Total partida.</b>		<b>49,60 €</b>

**12. Válvulas y accesorios.****12.1. Válvula de paso.**

11,0 u	Válvula de paso.	11,22 €/u	123,42 €
2,00 h	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	36,00 €
1,50 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	13,50 €
	<b>Total partida.</b>		<b>172,92 €</b>

**12.2. Válvula de retención.**

2,00 u	Válvula de retención.	4,10 €/u	8,20 €
0,25 h	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	4,50 €
0,45 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	4,05 €
	<b>Total partida.</b>		<b>16,75 €</b>

**12.3. Grifo.**

1,00 u	Grifo (sistema de vaciado).	4,00 €/u	4,00 €
0,25 h.	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	4,50 €
0,10 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	0,90 €
<b>Total partida.</b>			<b>9,40 €</b>

**12.4. Válvula de 3 vías.**

1,00 u	Válvula 3 vías motorizada.	70,00 €/u	70,00 €
0,50 h.	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	9,00 €
0,10 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	0,90 €
<b>Total partida.</b>			<b>79,90 €</b>

**13. Filtro.**

2,00 u	Filtro.	17,90 €/u	35,80 €
0,30 h.	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	5,40 €
<b>Total partida.</b>			<b>41,20 €</b>

**14. Depósito fluido caloportador.**

1,00 u	Depósito fluido caloportador (propilenglicol) 20 l.	88,00 €/u	88,00 €
0,25 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	2,25 €
<b>Total partida.</b>			<b>90,25 €</b>

**15. Abrazaderas.**

24,0 u	Abrazaderas.	1,82 €/u	43,68 €
5,00 h.	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	90,00 €
2,50 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	22,50 €
<b>Total partida.</b>			<b>156,18 €</b>

**16. Sistema de reg. y control.****16.1. Control electrónico.**

1,00 u	Control electrónico Cosmocell modelo CP.	250,00 €/u	250,00 €
6,50 h.	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	117,00 €
0,80 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	7,20 €
<b>Total partida.</b>			<b>374,20 €</b>

**16.2. Sonda.**

1,00 u	Sonda (salida paneles solares).	18,00 €/u	18,00 €
0,50 h.	Oficial 1ª fontanero calefactor.	18,00 €/h	9,00 €
0,20 h	Peón especializado del albañil.	9,00 €/h	1,80 €
<b>Total partida.</b>			<b>28,80 €</b>

### 3. Presupuesto general

	Componentes	EUROS (€)	PESOS (\$)
		Total	Total
1	Soporte tejado (opcional)	36,75 €	\$615,56
2	Paneles solares	778,80 €	\$13.044,90
3	Interacumulador solar	1.032,00 €	\$17.286,00
4	Tubería flexible de 28 mm	40,16 €	\$672,68
5	Tubería de cobre de 18 mm	345,37 €	\$5.784,95
6	<b>Aislamiento.</b>		
	Coquilla de 20 mm	196,04 €	\$3.283,67
	Coquilla de 30 mm	29,52 €	\$494,46
	Planchas	54,75 €	\$917,06
	Pintura	25,55 €	\$427,96
7	Bomba de circulación	359,25 €	\$6.017,44
8	Manómetro	21,33 €	\$357,28
9	Depósito de expansión ACS (con	30,31 €	\$507,69
10	<b>Purgación.</b>		
	Purgador	20,60 €	\$345,05
	Purgador-desaireador	28,99 €	\$485,58
11	Termómetro	49,60 €	\$830,80
12	<b>Válvulas y accesorios.</b>		
	V. de paso	172,92 €	\$2.896,41
	V. de retención	16,75 €	\$280,56
	V. de 3 vías	79,90 €	\$1.338,33
	Grifo de vaciado	9,40 €	\$157,45
13	Filtro	41,20 €	\$690,10
14	Dep.fluido caloportador 20 l.	90,25 €	\$1.511,69
15	Abrazaderas	156,18 €	\$2.616,02
16	<b>Sist. de regulación y control.</b>		
	Regulador	374,20 €	\$6.267,85
	Sonda	28,80 €	\$482,40
	<b>TOTAL</b>	<b>4.018,62 €</b>	<b>\$ 67.311,89</b>



Sergio Jiménez Delgado  
A01212207  
Presupuesto.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

---

<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL (€).</b>		<b>4.018,62 €</b>
Gastos generales extras.	15,00%	602,79 €
<b>SUBTOTAL.</b>		<b>4.621,41 €</b>
I.V.A.	16,00%	739,43 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO (€)</b>		<b>5.360,84 €</b>

El precio asciende a la cantidad señalada de CINCO MIL TRESCIENTOS SESENTA EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS DE EURO.

---

<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL (\$) (1 € = \$ 16,75 MXN).</b>		<b>\$ 67.311,89</b>
Gastos generales extras.	15,00%	\$ 10.096,78
<b>SUBTOTAL.</b>		<b>\$ 77.408,67</b>
I.V.A.	16,00%	\$ 12.385,39
<b>TOTAL PRESUPUESTO (€)</b>		<b>\$ 89.794,05</b>

El precio asciende a la cantidad señalada de OCHENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS NOVENTA Y CUATRO PESOS CON CINCO CENTAVOS.

---

Ciudad de México, a 01 de Abril de 2.008.

El Instalador.

El Ingeniero.

# PLIEGO DE CONDICIONES.

**Índice.**

Índice.	3
1. Legislación vigente.	5
1.1. Normas UNE (AENOR).	6
1.2. Normas Internacionales (CEN e ISO).	7
2. Descripción de la obra.	8
2.1 Colectores.	8
2.2. Interacumulador.	8
2.3. Tuberías de circuitos y otros elementos.	8
2.4. Hormigón	8
2.5. Materiales de acero.	8
3. Materiales y equipos. Condiciones.	9
3.1. Materiales.	9
3.2. Reconocimiento de materiales.	9
4. Ejecución de la obra.	9
4.1. Generalidades.	9
4.2. Montaje.	10
4.2.1. Captadores y estructura soporte.	10
4.2.2. Interacumulador.	10
4.2.3. Bombas.	11
4.2.4. Tuberías y accesorios.	11
4.2.5. Aislamiento.	11





## 1. Legislación Vigente.

Las principales normas usadas, bajo las que deberemos basar este proyecto son:

- R.D. 891/1980:** Real Decreto sobre homologación de los paneles solares de 14/04/1980. (BOE de 12/05/1980).
- R.D. 1495/1991:** Real Decreto de 25/06/1987, por el cual se publica el Reglamento de recipientes a presión (BOE 08/08/1987).
- R.D. 1627/1997:** Real Decreto de 24/10/1997 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- R.D. 1751/1998:** Real Decreto de 31/07/1998, que aprueba el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus instrucciones técnicas complementarias (ITE), (BOE 05/08/1998).
- R.D. 842/2002:** Real Decreto de 02/08/2002, por el cual se modifica el R.D. 2413/1973 de 20/09/1973, en el cual se aprobaba el RBT (Reglamento electrotécnico de baja tensión). (BOE 28/09/2002).
- R.D. 1218/2002:** Real Decreto de 22/11/2002, por el que se modifica el R.D. 1751/1998, de 31/07/1998, en el que se aprobó el RITE y sus ITE y se crea la Comisión Asesora para Instalaciones Térmicas de los Edificios. (BOE 03/12/1998).
- R.D. 865/2003:** Real Decreto de 04/07/2003, por el que se establecen criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- R.D. 1371/2007:** Real Decreto de 19/10/2007, por el cual se modifica el CTE (Código Técnico de la Edificación) de 2006. (BOE 23/10/2007) y corrección de errores (BOE 25/01/2008).
- Orden 28/07/1980:** Orden por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias (ITE) para la homologación de los paneles solares (BOE de 18/08/1980).
- Orden 09/04/1981:** Orden por la que se especifican las exigencias técnicas que deben cumplir los sistemas solares para agua caliente y climatización, a efectos de la concesión de subvenciones a los propietarios, en el desarrollo del artículo 13 de la ley 82/1980, de 30/12/1980, sobre conservación de la energía (BOE 25/04/1981).
- Ley 82/1980:** Ley de 30/12/1980, sobre conservación de la energía (BOE 27/01/1981).
- Ley 31/1995:** Ley del 08/11/1995 sobre la prevención de riesgos laborales (BOE 10/11/1995).

**Resolución IDAE:** Resolución de la Dirección General del IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) de 12/03/2002, por la que se establecen las bases reguladoras y la convocatoria para la concesión de ayudas para apoyo a la energía solar térmica, en el marco del Plan de Fomento de las Energías Renovables.

**Resolución CICT:** Resolución de la Consejería de Industria, Comercio y Turismo de 05/11/2001, por la que se aprueban las bases que han de regir las convocatorias públicas de subvenciones para programas de ahorro energético y uso de energías renovables en el año 2002.

**Pliego IDAE:** Pliego de condiciones técnicas de las instalaciones de energía solar térmica (IDAE) (ref. PET-REV-16.6.18.5/I-01).

Se considerará la edición más reciente de las normas antes mencionadas, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

### **1.1. Normas UNE (AENOR).**

Se seguirá en lo posible las normas UNE de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR):

**UNE 100.152:** Dimensionado, distancia y disposición de los soportes de tubería.

**UNE 157001:2002:** Documentos del proyecto.

**UNE 50-132:94:** Numeración de las divisiones y subdivisiones de los escritos.

**UNE-EN 12975-1:** Sistemas solares térmicos y componentes - Captadores Solares - Requisitos Generales.

**UNE-EN 12975-2:** Sistemas solares térmicos y componentes - Captadores Solares - Parte 2: Métodos de Ensayo.

**UNE-EN 12976-1:** Sistemas solares térmicos y componentes - Captadores Solares prefabricados - Parte 1: Requisitos Generales

**UNE-EN 12976-2:** Sistemas solares térmicos y componentes - Captadores Solares prefabricados - Parte 2: Métodos de Ensayo.

**UNE-EN 12977-1:** Sistemas solares térmicos y componentes - Captadores Solares a medida - Parte 1: Requisitos Generales

**UNE-EN 12977-2:** Sistemas solares térmicos y componentes - Captadores Solares a medida - Parte 2: Métodos de Ensayo.

**UNE 1032:1982:** Regulación sobre aspectos técnicos de la representación de planos.

**UNE 1034-1:1975:** Regulación sobre aspectos técnicos de la representación de planos.

Se considerará la edición más reciente de las normas antes mencionadas, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.



## **1.2. Normas Internacionales (CEN e ISO).**

Además de las anteriores normas UNE, se seguirá en lo posible las normas internacionales CEN e ISO:

- prEN 806-1:** Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption - Part 1: General.
- prEN 1717:** Protection against pollution of potable water in drinking water installations and general requirements of devices to prevent pollution by back flow.
- ENV 1991-2-3, E1:** Basis of design and actions on structures - Part 2 - 3: Action on structures; snow loads.
- ENV 1991-2-4, E1:** Basis of design and actions on structures - Part 2 - 4: Action on structures; wind loads.
- EN 60335-1-1995:** Safety of household and similar electrical appliances - Part 1: General requirements (IEC 335-1:1991 modified).
- EN 60335-2-21:** Safety of household and similar electrical appliances - Part 2: Particular requirements for storage water heaters (IEC 335-2-21:1989 + Amendments 1:1990 and 2:1990, modified).
- ENV 61024-1:** Protection of structures against lightning Part .1: General principles (IEC 1024-1:1990, modified).
- ISO 9488:** Energía Solar - Vocabulario.

Se considerará la edición más reciente de las normas antes mencionadas, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

## **2. Descripción de la obra.**

### **2.1. Colectores.**

Los colectores nos serán suministrados empacados en cajas de madera, que harán adecuado su traslado o elevación mediante carretillas elevadoras.

Deberemos almacenar dichas cajas en un suelo plano, cubierto y tapadas de las inclemencias climáticas. De estar en exteriores, además, se deberán proteger del agua de lluvia. Si una vez desempacados, los colectores se debieran almacenar o guardar por algún motivo, antes de su instalación; éstos serán colocados en un ángulo de inclinación mínimo de 20° y máximo de 80°, con la cubierta de cristal hacia arriba.

Los colectores deberán ser cubiertos a exposiciones solares, hasta que estén llenos del fluido caloportador, evitándose así grandes dilataciones de los mismos.

### **2.2. Interacumulador.**

Se instalará en un cuarto existente en la terraza. La altura mínima de instalación deberá ser de 500 mm (0,5m) y se sujetará a la pared, mediante los espárragos roscados suministrados en el mismo.

Su almacenamiento hasta el momento de instalación, puede ser tanto horizontal como vertical, siempre sin desembalarlo.

### **2.3. Tuberías de circuitos y otros elementos.**

Deberán cumplir las indicaciones mínimas para este tipo de instalaciones, siendo de esta forma de primera calidad. Su almacenamiento hasta el momento de instalación deberá ser dentro de su embalaje original, sin ser expuestos a golpes.

### **2.4. Hormigón.**

En el proyecto se utilizará hormigón para crear la base o soporte de los colectores. Sus características serán las especificadas en mediciones.

Según legislación vigente, el árido empleado será limpio, suelto y áspero, libre de sustancias orgánicas o partículas terrosas, tamizado y lavado con agua potable si es necesario. El cemento debe ser lento y perfectamente seco; poseer un peso específico mínimo de 3,05 kg/dm<sup>3</sup>; y finura de molido de 5% de residuo (tamiz de 900 mallas) y 20% (en el de 4900).

### **2.5. Materiales de acero.**

Serán materiales de buena calidad, sin deformaciones, roturas u otros defectos. No serán posibles empalmes o acopladuras en las piezas que formen parte de las estructuras. El límite elástico será de 24 kg/mm<sup>2</sup> (aceros tipo A-41).



### **3. Materiales y equipos. Condiciones.**

#### **3.1. Materiales.**

Todos los materiales empleados en la construcción de este proyecto serán de calidad contrastada y de una marga reconocida. Deberán tener las dimensiones exactas indicadas en los documentos del presente.

#### **3.2. Reconocimiento de los materiales.**

Los materiales, una vez recibidos, deberán ser comprobados por el contratista y, sin cuya aprobación no podrán ser empleados en la obra. Los ensayos y análisis que se crean necesarios deberán realizarse en laboratorios autorizados para ello.

Los accesorios, codos, latiguillos, racores, etc., además de ser de buena calidad, deberán estar exentos de defectos, tanto en su fabricación como en la calidad de los materiales utilizados.

### **4. Ejecución de la obra.**

#### **4.1. Generalidades.**

La obra para la instalación del sistema se ejecutará según lo expuesto en el presente proyecto y lo que dictamine el director de obra, que también se encargará del replanteo de las instalaciones, en caso de ser necesario, marcando claramente todos los puntos necesarios para la ejecución de la obra en presencia del contratista y según proyecto.

El contratista deberá facilitar todos los elementos indispensables y necesarios para la ejecución de los replanteos, sin poder modificar bajo ninguna circunstancia las señales o datos fijados. Además, si en la ejecución de la obra se produjesen desperfectos en las propiedades colindantes, deberá restaurarlas, por su cuenta, dejándolas en el estado que las encontró al dar comienzo las obras de la instalación solar.

La instalación del sistema deberá realizarse en su totalidad con los materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento; debiéndose tener en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de los componentes empleados.

El suministrador será responsable de comprobar que el edificio reúne las condiciones necesarias para soportar la instalación, indicándolo expresamente en la documentación. Deberá comprobar la calidad de los materiales y del agua utilizada para que se ajusten a lo que se especifica en las normas, evitándose así el uso de materiales incompatibles entre sí. Y, además, será responsable de la custodia y vigilancia de sus materiales hasta su montaje.

Se deberá tener especial cuidado con materiales frágiles y delicados (luminarias, mecanismos, equipos de medida, etc.) que deberán quedar debidamente protegidos.

Durante el montaje, el suministrador deberá limpiar los excedentes de materiales de la obra tras su utilización (retales de conducciones y cables); además al final de la obra, deberá limpiar perfectamente todos los equipos (captadores, acumuladores), cuadros eléctricos e instrumentos de medida de cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado.

Las canalizaciones deberán analizarse antes de su colocación, limpiándose todos los cuerpos extraños que se vean. Su alineación, en uniones y cambios de dirección, se realizará con los correspondientes accesorios y/o cajas, centrando sus ejes con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzarlas.

Si en el transporte de los equipos, éstos quedasen dañados por roces, el suministrador deberá repararlos aplicando pintura rica en zinc u otro material equivalente. Los elementos metálicos que puedan oxidarse, deberán protegerse recubriéndolos con dos capas de pintura antioxidante.

La instalación de todos los elementos de nuestro sistema deberá ser de tal forma que pueda accederse a ellos de forma sencilla y sin riesgos en posteriores tareas de mantenimiento, reparación o desmontaje. Además al instalarlos, deberán quedar las placas de características en zonas visibles.

Deberá existir la posibilidad de poder vaciar, tanto parcial como totalmente, los equipos y circuitos de la instalación. Esta tarea se realizará desde los puntos más bajos de la instalación. Las conexiones entre los puntos de vaciado y desagües se realizarán de forma que el paso del agua quede perfectamente visible. Los botellines de purga estarán siempre en lugares accesibles y visibles.

## **4.2. Montaje.**

### **4.2.1. Captadores y estructura soporte.**

En instalaciones donde los captadores se monten en el tejado de edificios, se deberá asegurar la estanqueidad de los puntos de anclaje. Además su instalación deberá permitir un acceso sencillo y sin riesgo a los mismos, para posibles desmontajes por rotura.

Si es preciso el desmontaje de los captadores, el suministrador deberá evitar exponerlos al Sol por periodos prolongados, dejando las conexiones de los mismos abiertas, pero evitando que entre suciedad en su interior.

### **4.2.2. Interacumulador.**

La estructura soporte para depósitos y su fijación se realizará según la normativa vigente. En caso de depósitos de más de 1000 l., deberá ser realizada por un profesional competente. En el caso de depósitos de 300 l. o más, siempre que se sitúen en el piso, deberá tener en cuenta las características de la edificación y requerirá el diseño de un profesional competente.

La instalación del mismo deberá ser de forma que su acceso sea sencillo y libre de peligros, para operaciones de sustitución o reparación.

### 4.2.3. Bombas.

Las bombas deberán ser conectadas con su eje de rotación horizontal, y con el espacio necesario para su manipulación. El acoplamiento de la bomba con la tubería podrá ser de tipo roscado hasta el diámetro DN32, debiendo ser el diámetro de la tubería del mismo que el de la boca de aspiración de la bomba, quedando sujetadas firmemente para evitar esfuerzos recíprocos, debiendo colocar manguitos antivibratorios si la potencia es superior a 700W.

### 4.2.4. Tuberías y accesorios.

Las tuberías deberán ser almacenadas en lugares protegidos de agentes atmosféricos. En su manipulación se evitarán roces, rodaduras y arrastres. Para realizar el montaje de las mismas, deberá comprobarse que no estén rotas, fisuradas, dobladas, aplastadas, oxidadas o dañadas, siendo instaladas de forma ordenada, utilizando ejes paralelos a elementos estructurales del edificio, salvo las pendientes que deban darse. Además deberán aislarse, dejando un a distancia mínima entre ellas y los elementos estructurales de 5cm.

Las tuberías que se instalen cerca de canalizaciones eléctricas, siempre deberán ir por debajo de las mismas, con una distancia (en línea recta) mínima de:

- 5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1000V.
- 30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1000V.
- 50 cm para cables con tensión superior a 1000V.

No está permitido la instalación de las tuberías ni el paso por huecos o salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización.

Los cambios de sección en tuberías horizontales, obligatoriamente, deberán ser realizados de forma que eviten la formación de bolsas de aire; esto se conseguirá montándolos con una pendiente ascendente en el sentido de circulación, de un 1%.

Las uniones de tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas (hasta 2"). Por contra, las uniones de tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad. El sentido del flujo del agua deberá ser siempre del acero al cobre.

Las dilataciones que sufren las tuberías deben compensarse, a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y aparatos.

En tramos de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, se compensarán los movimientos de tuberías mediante dilatadores axiales.

### 4.2.5. Aislamiento.

El aislamiento jamás podrá quedar interrumpido al atravesar estructuras del edificio. De esta forma, el manguito pasamuros deberá ser de dimensión suficiente para que pase la conducción con el aislamiento, con una holgura máxima de 3 cm. Las sujeciones de las conducciones deberán realizarse de forma que el aislante tampoco se interrumpa, pudiendo aislar, también, dicho soporte. Tras aislar nuestra instalación, la visibilidad y acceso de los elementos de control e instrumentos de medida, deberá estar asegurada.

**ESTUDIO DE  
SEGURIDAD Y SALUD**





## Índice.

Índice.	3
1. Estudio de Seguridad y Salud.	5
1.1. Introducción.	5
1.2. Objeto del Estudio de Seguridad y Salud.	6
1.3. Análisis y prevención de riesgos en las fases de obra.	6
1.3.1. Tipos de riesgos.	6
1.3.2. Medidas preventivas en la organización del trabajo.	16
1.3.3. Protecciones colectivas.	16
1.3.4. Protecciones personales.	16
1.4. Análisis y prevención de los riesgos en los medios y en la maquinaria.	17
1.4.1. Medios auxiliares.	17
1.4.2. Maquinaria y herramientas.	17
1.5. Análisis y prevención de los riesgos catastróficos.	18
1.6. Medicina preventiva y primeros auxilios.	18
1.6.1. Medicina preventiva.	18
1.6.2. Primeros auxilios.	18



## 1. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

### 1.1. Introducción.

A través del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, donde se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se complementa lo dispuesto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales en este sector.

Este Real Decreto, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción, sustituyó a la Directiva 92/57/CEE del Derecho Español de 24 de Junio de 1992, relativa a las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud que deben aplicarse en las Obras de Construcción Temporales o Móviles.

El R.D. 1627/97 define las responsabilidades de los agentes intervinientes en el proceso constructivo, y según el mismo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras que esté en alguno de los siguientes supuestos:

- Presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto superior a 450759 €.
- Duración estimada superior a 30 días, si se emplean más de 20 trabajadores.
- Volumen de mano de obra estimada superior a 500.
- Realización de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Si el proyecto no cumple ninguno de los anteriores supuestos, el promotor estará obligado a elaborar, en la fase de redacción del proyecto, un estudio básico de seguridad y salud, a través del técnico competente designado por el promotor.

En dichos estudios, tanto el *Estudio de seguridad y salud* como el *Estudios básico de seguridad y salud* (nuestro caso), el contratista elaborará un plan de seguridad en el trabajo donde se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Se incluirán las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrá implicar disminuciones de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico. Además deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

En nuestro Estudio Básico se contemplarán las previsiones y las informaciones útiles para efectuar cuando sea oportuno y con las debidas condiciones de seguridad y salud, los trabajos previstos, dentro del marco de la Ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales.

## **1.2. Objeto del Estudio de Seguridad y Salud.**

Según el R.D. 1627/1997, en su apartado 2 del Artículo 6, el Estudio Básico deberá contemplar:

- *Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.*
- *La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas y específicas necesarias.*
- *Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto.)*
- *Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.”.*

## **1.3. Análisis y prevención de riesgos en las fases de obra.**

De inicio vamos a exponer los procedimientos y equipos técnicos a utilizar y, a continuación, la deducción de riesgos en estos trabajos, las medidas preventivas adecuadas, las protecciones colectivas necesarias y las protecciones personales exigidas.

En este apartado nos basaremos en el procedimiento del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

### **1.3.1. Tipos de riesgos.**

Para evaluar los riesgos laborales, primero clasificaremos los trabajos tal y como nos indica el R.D., según la actividad:

- Áreas externas a las instalaciones de la empresa.
- Etapas en el proceso de producción o en el suministro de un servicio.
- Trabajos planificados y de mantenimiento.
- Tareas definidas, como por ejemplo la de los conductores de carretillas elevadoras.

A continuación obtendremos información de cada actividad de trabajo:

- Tareas a realizar. Su duración y frecuencia.
- Lugares donde se realiza el trabajo.
- Quien realiza el trabajo, tanto permanente como ocasional.
- Otras personas afectadas por las actividades de trabajo.
- Formación recibida por los trabajadores sobre la ejecución de sus tareas.
- Procedimientos escritos de trabajo, y/o permisos de trabajo.
- Instalaciones, maquinaria y equipos utilizados.
- Herramientas manuales.

- Instrucciones de fabricantes para el funcionamiento maquinaria y equipos.
- Tamaño, forma, carácter de la superficie y peso de los materiales a manejar.
- Distancia y altura a las que han de moverse de forma manual los materiales.
- Energías utilizadas.
- Sustancias y productos utilizados y generados en el trabajo.
- Estado físico de las sustancias utilizadas (humos, gases, vapores, etc).
- Contenido y recomendaciones del etiquetado de las sustancias utilizadas.
- Requisitos de la legislación vigente sobre la forma de hacer el trabajo.
- Medidas de control existentes.
- Datos relativos a la actuación en prevención de riesgos laborales:
  - Incidentes, accidentes y enfermedades laborales.
- Datos de evaluaciones de riesgos existentes, relativos a la actividad desarrollada.

**Organización del trabajo.**

En las siguientes tablas podemos estimar los niveles de riesgo según su probabilidad estimada y las consecuencias que puede acarrear, así como una descripción de los mismos.

		Consecuencias		
		Ligeramente Daños LD	Daños D	Extremadamente Daños ED
Probabilidad	Baja B	I	TO	MO
	Media M	TO	MO	I
	Alta A	MO	I	IN

Tabla 1. Niveles de riesgo.

Nivel	Descripción
<b>Trivial (I)</b>	No se requiere acción específica.
<b>Tolerable (TO)</b>	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
<b>Moderado (MO)</b>	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. Cuando el riesgo moderado esta asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
<b>Importante (I)</b>	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
<b>Intolerable (IN)</b>	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

Tabla 2. Descripción de los niveles de riesgo.

Para facilitar el proceso de identificación de los peligros, he agrupado los trabajos según temas: mecánicos, eléctricos, radiaciones, sustancias, incendios, explosiones, etc. Para cada grupo se desarrollará una lista, teniendo en cuenta el carácter de las actividades de trabajo y el lugar donde se desarrollan.

Vamos analizar los distintos riesgos que hay en función de las tareas que realizan los siguientes trabajadores: Montador, Soldador, Sopletero y Electricista/Instrumentista.

Localización: Vivienda unifamiliar	Evaluación:										
	Inicial						Periódica				
Harta Lasañ Aranda de Duero (Burgos)	Fecha última evaluación:										
Punto de trabajo: MONTAJE											
Nº de trabajadores:	Probabilidad			Severidad			Estimación del Riesgo				
Riesgo Identificado:	B	M	A	LD	D	ED	I	IO	M	I	IN
Medidas de prevención:											
1.- Caída de personas a distinto nivel. Usar andamios estables, con dos barandillas, rodapiés y escaleras interiores o cestas hidráulicas. Usar arnés de seguridad y anclarlo a un punto fijo. Usar redes de seguridad. Sistemas provisionales de protección de borde.	X					X			X		
2.-Caída de objetos de cotas superiores. Usar casco, calzado de seguridad y marquesinas de protección en las zonas de paso. Limpiar de objetos las zonas superiores.	X				X			X			
3.-Pisadas sobre objetos, caídas al mismo nivel. Limpiar la zona de trabajo, iluminar correctamente la zona de trabajo.	X			X			X				
4.-Cortes por objetos y herramientas. Usar guantes y ropa que cubra brazos y piernas. Usar las herramientas en buen estado de uso.		X			X				X		
5.- Golpes con objetos o herramientas. Usar casco, proteger y señalizar las zonas de choque y reconocer el espacio útil antes de comenzar el trabajo.		X		X				X			
6.-Caída de objetos izados. Respetar las tablas de carga, acotar la zona de izado, no colocarse en la vertical de la pieza. Inspeccionar previamente la zona de izado para eliminar los posibles obstáculos. Únicamente izará el personal adiestrado.	X					X			X		

<p><b>7.- Contactos eléctricos.</b>          Toda la instalación eléctrica estará puesta a tierra. Las herramientas con doble aislamiento no se conectarán a tierra. Los cuadros eléctricos irán protegidos con un relé diferencial. Los cuadros eléctricos tendrán un interruptor de corte exterior. Los cables y herramientas eléctricas serán reparados sólo por personal experto.</p>	X				X			X				
<p><b>8.- Proyecciones de partículas en ojos.</b>          Usar gafas de seguridad. Para trabajos intensivos con la radial usar pantallas de protección facial. Impartir formación de cómo quitarse las gafas y lavarse.</p>		X		X				X				
<p><b>9.- Sobreesfuerzos.</b>          Coger las cargas con la espalda recta y posicionar el cuerpo en posturas estables. Usar medios de izado o la ayuda de otro compañero para mover cargas pesadas.</p>		X			X					X		
<p><b>10.- Quemaduras.</b>          Usar guantes y ropa que cubra los brazos y piernas, no tocar las partes recién cortadas o soldadas y no dirigir el chorro de chispas hacia el cuerpo.</p>		X		X				X				
<p><b>11.- Exposición a ruidos.</b>          Uso recomendado de tapones en ambientes ruidosos.</p>	X			X			X					
<p><b>12.- Incendio de la zona de trabajo.</b>          Limpiar la zona de trabajo y proteger los materiales combustibles. Conocer la situación de los medios de extinción.</p>	X						X			X		
<p><b>13.- Explosión e incendio de botellas de gases comprimidos.</b>          Mantener las botellas siempre en posición vertical. Para los sopletes usar válvulas antirretroceso a la salida de las botellas y entrada a la caña.</p>	X						X			X		
<p><b>14.- Contactos con sustancias cáusticas y/o corrosivas.</b>          Usar ropa, guantes y botas resistentes a dichas sustancias.</p>	X					X				X		
<p><b>15.- Trabajo en condiciones de stress térmico.</b>          Establecer turnos de trabajo y descanso en función del WBGT. No permitir que un trabajador permanezca sólo en el área de trabajo.</p>	X					X		X				



Localización: Vivienda unifamiliar Barrio Lañal, Avenida de Duero (Burgos)	Evaluación										
	Inicial						Periódica				
Puesto de trabajo: SOLDADOR	Fecha última evaluación:										
Nº de trabajadores	Probabilidad			Severidad			Estimación del Riesgo				
Riesgo Identificado	D	M	A	LD	D	ED	I	TO	M	I	IN
Medidas de protección											
1.- Caída de personas a distinto nivel. Usar andamios estables, con dos barandillas, rodapiés y escaleras interiores o cestas hidráulicas. Usar arnés de seguridad y anclarlo a un punto fijo. Usar redes de seguridad. Sistemas provisionales de protección de borde.	X					X			X		
2.-Caída de objetos de cotas superiores. Usar casco, calzado de seguridad y marquesinas de protección en las zonas de paso. Limpiar de objetos las zonas superiores.	X				X			X			
3.-Pisadas sobre objetos, caídas al mismo nivel. Limpiar la zona de trabajo, iluminar correctamente la zona de trabajo.	X			X			X				
4.-Cortes por objetos y herramientas. Usar guantes y ropa que cubra brazos y piernas. Usar las herramientas en buen estado de uso.		X			X				X		
5.- Golpes con objetos o herramientas. Usar casco, proteger y señalizar las zonas de choque y reconocer el espacio útil antes de comenzar el trabajo.		X		X				X			
6.-Caída de objetos izados. Respetar las tablas de carga, acotar la zona de izado, no colocarse en la vertical de la pieza. Inspeccionar previamente la zona de izado para eliminar los posibles obstáculos. Únicamente izará el personal adiestrado.	X					X			X		
7.- Contactos eléctricos. Toda la instalación eléctrica estará puesta a tierra. Las herramientas con doble aislamiento no se conectarán a tierra. Los cuadros eléctricos irán protegidos con un relé diferencial. Los cuadros eléctricos tendrán un interruptor de corte exterior. Los cables y herramientas eléctricas serán reparados sólo por personal experto.	X				X			X			

<p><b>8.- Proyecciones de partículas en ojos.</b> Usar gafas de seguridad. Para trabajos intensivos con la radial usar pantallas de protección facial. Impartir formación de cómo quitarse las gafas y lavarse.</p>		X		X				X			
<p><b>9.- Sobreesfuerzos.</b> Coger las cargas con la espalda recta y posicionar el cuerpo en posturas estables. Usar medios de izado o la ayuda de otro compañero para mover cargas pesadas.</p>		X			X				X		
<p><b>10.- Conjuntivitis.</b> Usar pantalla de soldador sin ranuras o aberturas por donde penetre la luz.</p>		X		X				X			
<p><b>11.- Quemaduras.</b> Usar guantes y ropa que cubra los brazos y piernas, no tocar las partes recién cortadas o soldadas y no dirigir el chorro de chispas hacia el cuerpo.</p>		X		X				X			
<p><b>12.- Exposición a ruidos.</b> Uso recomendado de tapones en ambientes ruidosos.</p>	X			X			X				
<p><b>13.- Incendio de la zona de trabajo.</b> Limpiar la zona de trabajo y proteger los materiales combustibles. Conocer la situación de los medios de extinción.</p>	X						X		X		
<p><b>14.- Explosión e incendio de botellas de gases comprimidos.</b> Mantener las botellas siempre en posición vertical. Para los sopletes usar válvulas antirretroceso a la salida de las botellas y entrada a la caña.</p>	X						X		X		
<p><b>15.- Contactos con sustancias cáusticas y/o corrosivas.</b> Usar ropa, guantes y botas resistentes a dichas sustancias.</p>	X				X			X			
<p><b>16.- Trabajo en condiciones de stress térmico.</b> Establecer turnos de trabajo y descanso en función del WBGT. No permitir que un trabajador permanezca sólo en el área de trabajo.</p>	X						X		X		





Localización: Vivienda unifamiliar Barrio Lofal, Avenida de Duera (Burgos)	Evaluación										
	Inicial					Periódica					
Puesto de trabajo: SOPLETERO	Fecha última evaluación:										
Nº de trabajadores:	Probabilidad			Severidad			Estimación del Riesgo				
Riesgo identificado	B	M	A	LD	D	ED	T	TO	M	I	IN
Medidas de protección:											
1.- Caída de personas a distinto nivel. Usar andamios estables, con dos barandillas, rodapiés y escaleras interiores o cestas hidráulicas. Usar arnés de seguridad y anclarlo a un punto fijo. Usar redes de seguridad. Sistemas provisionales de protección de borde.	X					X			X		
2.-Caída de objetos de cotas superiores. Usar casco, calzado de seguridad y marquesinas de protección en las zonas de paso. Limpiar de objetos las zonas superiores.	X				X			X			
3.-Pisadas sobre objetos, caídas al mismo nivel. Limpiar la zona de trabajo, iluminar correctamente la zona de trabajo.	X			X			X				
4.-Cortes por objetos y herramientas. Usar guantes y ropa que cubra brazos y piernas. Usar las herramientas en buen estado de uso.		X			X				X		
5.- Golpes con objetos o herramientas. Usar casco, proteger y señalizar las zonas de choque y reconocer el espacio útil antes de comenzar el trabajo.		X		X				X			
6.-Caída de objetos izados. Respetar las tablas de carga, acotar la zona de izado, no colocarse en la vertical de la pieza. Inspeccionar previamente la zona de izado para eliminar los posibles obstáculos. Únicamente izará el personal adiestrado.	X					X			X		
7.- Contactos eléctricos. Toda la instalación eléctrica estará puesta a tierra. Las herramientas con doble aislamiento no se conectarán a tierra. Los cuadros eléctricos irán protegidos con un relé diferencial. Los cuadros eléctricos tendrán un interruptor de corte exterior. Los cables y herramientas eléctricas serán reparados sólo por personal experto.	X				X			X			

<p><b>8.- Proyecciones de partículas en ojos.</b> Usar gafas de seguridad. Para trabajos intensivos con la radial usar pantallas de protección facial. Impartir formación de cómo quitarse las gafas y lavarse.</p>		X		X				X		
<p><b>9.- Sobreesfuerzos.</b> Coger las cargas con la espalda recta y posicionar el cuerpo en posturas estables. Usar medios de izado o la ayuda de otro compañero para mover cargas pesadas.</p>		X			X				X	
<p><b>10.- Quemaduras.</b> Usar guantes y ropa que cubra los brazos y piernas, no tocar las partes recién cortadas o soldadas y no dirigir el chorro de chispas hacia el cuerpo.</p>		X		X				X		
<p><b>11.- Exposición a ruidos.</b> Uso recomendado de tapones en ambientes ruidosos.</p>	X			X			X			
<p><b>12.- Incendio de la zona de trabajo.</b> Limpiar la zona de trabajo y proteger los materiales combustibles. Conocer la situación de los medios de extinción.</p>	X						X		X	
<p><b>13.- Explosión e incendio de botellas de gases comprimidos.</b> Mantener las botellas siempre en posición vertical. Para los sopletes usar válvulas antirretroceso a la salida de las botellas y entrada a la caña. Vigilar el correcto funcionamiento de los manómetros. Retirar de uso las mangueras resacas o cuarteadas.</p>	X						X		X	
<p><b>14.- Contactos con sustancias cáusticas y/o corrosivas.</b> Usar ropa, guantes y botas resistentes a dichas sustancias.</p>	X				X			X		
<p><b>15.- Trabajo en condiciones de stress térmico.</b> Establecer turnos de trabajo y descanso en función del WBGT. No permitir que un trabajador permanezca sólo en el área de trabajo.</p>		X			X				X	

Localización: Vivienda unifamiliar Barrio Litoral, Aranda de Duero (Burgos)	Evaluación										
	Inicial					Periódica					
Puesto de trabajo: ELECTRICISTA E INSTALACIONISTA	Fecha última evaluación:										
Nº de trabajadores	Probabilidad			Severidad			Estimación del Riesgo				
Riesgos identificados: Medidas de protección:	B	M	A	LD	D	ED	I	TO	M	I	IN
1.- Caída de personas a distinto nivel. Usar andamios estables, con dos barandillas, rodapiés y escaleras interiores o cestas hidráulicas. Usar arnés de seguridad y anclarlo a un punto fijo. Usar redes de seguridad. Sistemas provisionales de protección de borde.	X					X			X		
2.-Caída de objetos de cotas superiores. Usar casco, calzado de seguridad y marquesinas de protección en las zonas de paso. Limpiar de objetos las zonas superiores.	X				X			X			
3.-Pisadas sobre objetos, caídas al mismo nivel. Limpiar la zona de trabajo, iluminar correctamente la zona de trabajo.	X			X			X				
4.-Cortes por objetos y herramientas. Usar guantes y ropa que cubra brazos y piernas. Usar las herramientas en buen estado de uso.		X			X				X		
5.- Golpes con objetos o herramientas. Usar casco, proteger y señalizar las zonas de choque y reconocer el espacio útil antes de comenzar el trabajo.		X		X				X			
6.-Caída de objetos izados. Respetar las tablas de carga, acotar la zona de izado, no colocarse en la vertical de la pieza. Inspeccionar previamente la zona de izado para eliminar los posibles obstáculos. Únicamente izará el personal adiestrado.	X					X			X		
7.- Contactos eléctricos. Para trabajar en instalaciones eléctricas se tiene que cortar la corriente, se retirarán los fusibles de la acometida, bloqueará el interruptor o se pondrá un vigilante, de forma que no pueda conectarse por terceras personas o descuidos. Sólo en casos excepcionales como comprobación, ensayos o revisiones se podrá trabajar con tensión, usando guantes y herramientas aislantes. Se cuidará especialmente el estado de las herramientas, retirando las que presentes desgastes o pérdida de aislamiento.	X					X			X		

<p><b>8.- Proyecciones de partículas en ojos.</b> Usar gafas de seguridad. Para trabajos intensivos con la radial usar pantallas de protección facial. Impartir formación de cómo quitarse las gafas y lavarse. Durante las comprobaciones, ensayos o revisiones se usarán gafas de seguridad. A parte de usar gafas para trabajos con la radial también usar en trabajos con generación de chispas o zonas de polvo.</p>	X			X			X			
<p><b>9.- Sobreesfuerzos.</b> Coger las cargas con la espalda recta y posicionar el cuerpo en posturas estables. Usar medios de izado o la ayuda de otro compañero para mover cargas pesadas.</p>	X				X				X	
<p><b>10.- Quemaduras.</b> Usar guantes y ropa que cubra los brazos y piernas, no tocar las partes recién cortadas o soldadas y no dirigir el chorro de chispas hacia el cuerpo.</p>	X			X			X			
<p><b>11.- Exposición a ruidos.</b> Uso recomendado de tapones en ambientes ruidosos.</p>	X			X			X			
<p><b>12.- Incendio de la zona de trabajo.</b> Limpiar la zona de trabajo y proteger los materiales combustibles. Conocer la situación de los medios de extinción.</p>	X					X			X	
<p><b>13.- Explosión e incendio de botellas de gases comprimidos.</b> Mantener las botellas siempre en posición vertical. Para los sopletes usar válvulas antirretroceso a la salida de las botellas y entrada a la caña.</p>	X					X			X	
<p><b>14.- Trabajo en condiciones de stress térmico.</b> Establecer turnos de trabajo y descanso en función del WBGT. No permitir que un trabajador permanezca sólo en el área de trabajo.</p>		X				X			X	

### 1.3.2. Medidas preventivas en la organización del trabajo.

Según la normativa vigente, deberemos imponer las siguientes medidas de prevención:

- Entregar la normativa de prevención a los operarios para que sea aplicada.
- Cuidar del cumplimiento de la normativa vigente en:
  - Manejo de máquinas y herramientas.
  - Movimiento de materiales y cargas.
  - Utilización de los medios auxiliares.
- Mantener los medios auxiliares y las herramientas en buen estado de conservación.
- Disposición y ordenamiento del tráfico de vehículos, aceras y pasos.
- Señalización de la obra en su generalidad y de acuerdo con la normativa vigente.
- Protección de huecos, en general, para evitar caídas de objetos.
- Protecciones de fachadas evitando la caída de objetos o personas.
- Asegurar la entrada y salida de materiales de forma organizada y coordinada.
- Orden y limpieza en toda la obra.
- Delimitación de las zonas de trabajo y cercado si es necesaria la prevención.
- Medidas específicas.

### 1.3.3. Protecciones colectivas.

Las protecciones colectivas necesarias deberán ser estudiadas sobre los planos de edificación y considerando las partidas de obra según el tipo de riesgo indicado anteriormente y a la necesidad de los trabajadores.

Las protecciones previstas son:

- Redes de seguridad.
- Señales varias en la obra de indicación de peligro.
- Señales normalizadas para el tránsito de vehículos.
- Sistemas provisionales de protección de borde.
- Valla de obra delimitando y protegiendo el centro de trabajo.
- Plataforma de madera que cubra el espacio entre edificio e instalación del personal.
- Comprobación de la presencia de protecciones en la maquinaria y herramientas.

### 1.3.4. Protecciones personales.

Las protecciones necesarias para la realización de los trabajos previstos desde el proyecto son las siguientes:

- Ropa laboral acorde a la climatología.
- Casco, cinturón de seguridad y poleas de seguridad, gafas antipartículas o antipolvo.
- Pantalla y/o gafas de soldadura eléctrica y/o autógena.
- Mandil y guantes para hormigón, de cuero para manejo de materiales y de soldador.
- Botas de agua e impermeables.
- Protectores auditivos.
- Complementos de calzado, polainas y mandiles.

## **1.4. Análisis y prevención de los riesgos en los medios y en la maquinaria.**

### **1.4.1. Medios auxiliares.**

Se prevé los siguientes medios auxiliares en la realización de nuestra instalación:

- Andamios colgantes.
- Escaleras de mano.
- Plataforma de entrada y salida de materiales.
- Otros medios sencillos de uso corriente.

La ordenación de la prevención de estos medios se realizará mediante la aplicación de las partes no derogadas de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OGSHT) por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

### **1.4.2. Maquinaria y herramientas.**

La maquinaria prevista a utilizar en esta obra es la siguiente:

- Camiones.

La previsión de utilización de herramientas es:

- Sierra circular.
- Vibrador.
- Hormigonera.
- Herramientas manuales diversas.

La prevención sobre la utilización de estas máquinas y herramientas se desarrollará en el PLAN de acuerdo con los siguientes principios:

1) **Reglamentación oficial:** Deberemos cumplir lo indicado en el Reglamento de máquinas, las Instrucciones Técnicas Complementarias y las especificaciones de fabricantes; haciendo especial hincapié en las normas de seguridad sobre montaje y uso de la grúa torre.

2) Las máquinas y herramientas a utilizar en obra dispondrán de su folleto de instrucciones de manejo que incluya:

- Riesgos que entraña para los trabajadores.
- Modo de uso con seguridad.
- Limitaciones de los mismos.
- Indicaciones para su correcto mantenimiento y almacenaje.
- Otras especificaciones concernientes.
- No se prevé la utilización de máquinas sin reglamentar.



### ***1.5. Análisis y prevención de riesgos catastróficos.***

Sólo prevemos como riesgo catastrófico el incendio, a pesar de que no se acumularán materiales con alta carga de fuego. Dicho riesgo se cubrirá con las siguientes medidas:

- Realizar revisiones periódicas en la instalación eléctrica de la obra.
- Colocar en independientes los productos muy inflamables e indicarlos correctamente.
- Prohibir hacer fuego dentro del recinto de la obra.
- Disponer en la obra de extintores situados en lugares de fácil y rápido acceso.

### ***1.6. Medicina preventiva y primeros auxilios.***

#### **1.6.1. Medicina preventiva.**

No se han encontrado enfermedades específicas de este tipo de instalaciones, por lo tanto, las que puedan aparecer serán las normales que tratan la medicina del trabajo y la higiene industrial.

Éstas serán resueltas de acuerdo con los servicios de prevención de empresa quienes ejercerán la dirección y el control de las enfermedades profesionales (mutuas), tanto en la decisión de utilización de los medios preventivos como la observación médica.

#### **1.6.2. Primeros auxilios.**

Deberá existir un botiquín de urgencia, situado en los vestuarios, para atender a los primeros auxilios; debiendo, por lo menos, existir un trabajador con un curso de socorrismo.