

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA
APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA
PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

Autor: Francisco Javier VÁZQUEZ MUÑOZ

Fecha: Enero 2007





El proyecto “Instalación Solar Térmica para Aplicaciones Industriales de una Planta de Sacrificio de Ganado” mejora la instalación de producción de agua caliente sanitaria de un matadero industrial. La producción de agua en este tipo de factorías en Andalucía, suele realizarse mediante calderas, causantes en gran medida de las emisiones de gases contaminantes. Además, este tipo de instalaciones les supone a las empresas un elevado gasto anual en combustible fósil.

Para mejorar la situación actual, este proyecto implanta una instalación solar térmica de producción de agua caliente sanitaria, que funcionará en combinación con la caldera original de la planta de sacrificio de ganado.

El principal objetivo de la instalación es alimentar la caldera existente en la factoría, cuya función es proveer agua caliente a 80° centígrados para las distintas operaciones propias de un matadero industrial. El agua procedente de la instalación solar entrará en la caldera a 45° centígrados.

Las razones básicas que justifican este proyecto son de carácter económico, medioambiental, energético y tecnológico.

La principal ventaja, para la empresa donde se instalará, es el ahorro económico que produce el reducir anualmente los costes de combustible fósil. Si a dicho ahorro, se suma la ayuda pública que viene concediendo el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, resultará una amortización del capital invertido en la instalación, de muy pocos años. No menos importante es la disminución de emisiones contaminantes como consecuencia de la reducción anual de uso de combustible, dicha disminución se mueve dentro de las políticas medioambientales vigentes, tanto mundial

como europea, ya que se utiliza una energía renovable limpia como es la solar térmica. La utilización de este tipo de energía da una imagen ‘verde’ de cara a los clientes.

Por último, la implementación de este tipo de instalaciones repercute en el avance tecnológico de la energía solar térmica, promoviendo el desarrollo de captadores más eficaces, con excelente rendimiento, como es el caso del captador utilizado.

Desde la perspectiva energética, la instalación es capaz de dispensar 1217593 Mili julios anuales. Sin embargo, las necesidades reales son 2553019 Mili julios anuales, es decir, la aportación solar sería del 47,7%, teniendo en cuenta que la temperatura de servicio es de 80° centígrados.

Para conseguir la máxima eficiencia de la instalación, se ha llevado a cabo un diseño pormenorizado de cada uno de los sistemas que la compone, así como una elección óptima de los distintos equipos. Los sistemas en los que se divide la instalación son los siguientes:

1. Sistema de captación. Formado por una serie de columnas de baterías de colectores, diseñadas de tal forma que reciban la mayor energía térmica a partir de la radiación solar incidente, mediante el fluido que circula por su interior. Según el método de cálculo empleado el número de colectores solares será de 120, que ocuparán una superficie de 319,2 metros cuadrados, situados en la azotea de la planta.
2. Sistema de intercambio. Formado por un intercambiador externo de placas, diseñado para que el agua caliente sanitaria alcance la temperatura mínima requerida para alimentar la caldera, a través del agua que circula por los colectores.
3. Sistema de acumulación. Formado por cuatro depósitos acumuladores encargados de almacenar el agua caliente sanitaria producida por la instalación solar.

4. Sistema hidráulico. Constituido por dos circuitos, primario y secundario, separados por el sistema de intercambio. Por el circuito primario fluirá el agua contenida en los colectores solares, mientras que por el circuito secundario circulará el agua caliente sanitaria, que más tarde alimentará la caldera. Ambos circuitos están equipados con los elementos hidráulicos necesarios para que la instalación funcione de forma óptima: tuberías, bombas de circulación, vasos de expansión, purgadores, válvulas, aislamiento, etc.
5. Sistema de regulación y control. Formado por una centralita de regulación, y una serie de sensores de temperatura, colocados según unas determinadas pautas de control. Su función básica es optimizar la funcionalidad de la instalación, evitando: la congelación del circuito primario, temperaturas demasiado elevadas y funcionamiento ineficaz de las bombas del circuito primario y secundario, para ello se fijan una serie de valores consigna.

El agua contenida en el circuito primario subirá su temperatura gracias a la captación solar de los colectores. Este agua, a través del intercambiador externo, transferirá la energía térmica suficiente para que el agua caliente sanitaria del circuito secundario alcance una temperatura considerable. El agua caliente sanitaria se almacenará en los depósitos de acumulación, que serán los que provean el agua a la caldera cuando así sea necesario. Si la caldera fuera la única encargada de subir la temperatura del agua, ésta entraría a la temperatura del agua de la red, sin embargo, con la implementación de la instalación solar, el agua que alimenta la caldera lo hace a una temperatura mínima de 45° centígrados. La caldera solo tendría que elevar la temperatura del agua hasta 80° centígrados, que es la temperatura de operación del agua caliente sanitaria de la planta de sacrificio.

Para que la instalación funcione adecuadamente y su vida sea lo mayor posible, se ha dispuesto un programa de mantenimiento, que además, eleva la eficiencia de los distintos componentes. Esto se lleva a cabo desde la perspectiva de la vigilancia y de los mantenimientos preventivo y correctivo. En definitiva, se realiza un seguimiento continuo de la instalación, con distintas formas de actuar según proceda.

La amortización de la instalación se encuentra entre los tres y los seis años, según la subvención que se conceda desde el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Este bajo tiempo de recuperación del capital invertido es debido, principalmente, al ahorro anual de combustible, ya que su precio aumenta con el transcurso del tiempo. Además, este hecho provoca que el valor de la Tasa Interna de Rendimiento de la instalación alcance un valor elevado, incluso si la instalación no fuese subvencionada.

La instalación solar se rige totalmente por lo dispuesto en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Solares Térmicas de Baja Temperatura del IDAE, y se ajusta a la normativa expuesta en dicho pliego.

ÍNDICE

A) MEMORIA DESCRIPTIVA

1. Antecedentes	1
2. Objeto	10
2.1.Emplazamiento y actividad	12
3. Justificación del proyecto.....	16
3.1.Justificación medioambiental	21
3.1.1 Introducción.....	21
3.1.2 Impacto medioambiental de la energía solar térmica	22
4. Diseño de la instalación	25
4.1.Generalidades	26
4.2.Sistema de colectores.....	28
4.2.1 Balance energético	32
4.3.Sistema de almacenamiento.....	38
4.4.Sistema de intercambio	39
4.5.Sistema hidráulico	40
4.6.Sistema de energía de apoyo.....	42
4.7.Sistema de regulación y control.....	43
5. Descripción de componentes y equipos.....	45
5.1.Componentes de una instalación solar térmica	46
5.1.1 Circuitos para agua caliente sanitaria.....	47
5.2.Subsistema de captación	49
5.2.1 Tipos básicos de instalaciones.....	52
5.3.Subsistema de almacenamiento.....	54
5.4.Subsistema de intercambio	55
5.4.1 Intercambiador de calor	56
5.5.Subsistema hidráulico	57
5.5.1 Tuberías.....	58
5.5.2 Aislamiento.....	59
5.5.3 Bombas de circulación	60
5.5.4 Fluido caloportador	61
5.5.5 Vaso de expansión.....	62
5.5.6 Purgador desairador	63
5.5.7 Manómetros	64
5.5.8 Termómetros y termostatos.....	64
5.5.9 Válvulas de paso	65
5.5.10 Válvula de seguridad.....	66
5.5.11 Válvula antirretorno	67
5.5.12 Válvula de tres vías.....	67
5.5.13 Grifo de vaciado.....	68
5.6.Subsistema de regulación y control.....	68
5.7.Estructura soporte.....	70
6. Datos de partida.....	71
6.1.Generalidades	72
6.2.Condiciones de uso	72
6.2.1 Consumo de A.C.S.....	72
6.2.2 Demanda energética de A.C.S.	73
6.3.Datos geográficos	76
6.3.1 Radiación sobre superficie horizontal (H)	76

6.3.2	Radiación sobre superficie horizontal modificada	76
6.3.3	Radiación sobre superficie inclinada	77
6.4.	Condiciones climáticas	78
6.4.1	Horas útiles de sol	79
6.4.2	Temperatura ambiente media	79
6.4.3	Temperatura del agua de red	79
6.5.	Resumen	80
7.	Selección de la superficie de colectores y del volumen de acumulación	83
7.1.	Introducción	84
7.2.	El captador solar plano	84
7.2.1	Componentes de un captador solar plano	86
7.2.2	Tratamiento del absorbedor	91
7.3.	Recopilación de datos	93
7.4.	Criterios de selección del captador	94
7.4.1	Rendimiento del captador	95
7.4.2	Rendimiento mensual del captador	98
7.4.3	Calor útil medio en el captador	101
7.4.4	Superficie y número de captadores necesarios	102
7.4.5	Aporte solar y déficit de energía.	104
7.5.	Dimensionado del sistema de acumulación	107
7.6.	Requisito del IDAE.....	109
7.7.	Resumen	109
8.	Diseño de las instalaciones	114
8.1.	Diseño del sistema de captación	115
8.1.1	Distancia mínima entre captadores solares.....	115
8.1.1.1	Orientación e inclinación de captadores solares.....	115
8.1.1.2	Determinación de las sombras.....	118
8.1.1.3	Distancia mínima	119
8.1.2	Estructura, apoyo y montaje de los captadores solares	122
8.1.2.1	Cálculo de las fuerzas aplicadas a un captador solar....	123
8.1.3	Conexionado de los captadores	125
8.2.	Diseño del sistema de acumulación	126
8.2.1	Introducción.....	126
8.2.2	Factores de diseño	127
8.2.3	Funcionamiento	128
8.2.4	Tipos de acumuladores.....	131
8.2.4.1	En función del sistema de intercambio	131
8.2.4.2	En función del material.....	133
8.2.5	Especificaciones del material.....	135
8.2.6	Factores decisivos en la elección del acumulador.	137
8.2.7	...Acumulador seleccionado	137
8.3.	Diseño del sistema de intercambio	139
8.3.1	Introducción.....	139
8.3.2	El intercambiador de calor	139
8.3.2.1	Clasificación	142
8.3.3	Diseño y selección	143
8.3.4	Resumen	161
8.4.	Diseño del circuito hidráulico.....	162
8.4.1	Introducción.....	162
8.4.2	Configuración en paralelo y retorno invertido	163

8.4.3	Tuberías.....	164
8.4.3.1	Circuito primario.....	165
8.4.3.2	Circuito secundario	173
8.4.4	Bombas de circulación	174
8.4.4.1	Bombas de circulación del circuito primario.....	174
8.4.4.2	Bombas del circuito secundario	180
8.4.5	Vaso de expansión.....	182
8.4.6	Aislamiento.....	186
8.4.7	Elementos de seguridad	195
8.4.8	Elementos de purga de aire	196
8.4.9	Llenado de la instalación.....	197
8.4.10	Resumen	197
8.5.	Regulación y control.....	200
8.5.1	Introducción.....	200
8.5.2	Componentes de un sistema de regulación y control	201
8.5.3	Sistemas de regulación y control.....	202
8.5.3.1	Regulación por termostato y válvula mezcladora progresiva.....	202
8.5.3.1.1	Control de temperaturas extremas	205
8.5.3.1.1.1	Altas temperaturas	205
8.5.3.1.1.2	Bajas temperaturas	205
9.	Estudios de seguridad e higiene.....	208
9.1.	Seguridad e Higiene en instalaciones solares térmicas	208
9.2.	Estudio de seguridad	209
9.3.	Fundamento del estudio básico de seguridad y salud	211
9.4.	Análisis de riesgos.....	211
9.4.1	Análisis y prevención de los riesgos en los medios y la maquinaria	212
9.4.2	Análisis y prevención de riesgo en la fase de obra.....	214
9.4.2.1	Identificación de riesgos.....	214
9.4.3	Medidas preventivas.....	223
9.4.4	Protecciones colectivas	224
9.4.5	Protecciones personales.....	225
9.5.	Análisis de riesgos catastróficos	226
9.6.	Primeros auxilios y medicina preventiva.....	226
10.	Programa de mantenimiento	228
10.1.	Generalidades	229
10.2.	Vigilancia.....	231
10.3.	Mantenimiento preventivo.....	231
10.4.	Mantenimiento correctivo.....	232
10.4.1	Averías	232
10.4.2	Degradaciones	233
10.5.	Frecuencia mínima de operaciones del mantenimiento preventivo	234
10.6.	Registro de las operaciones de mantenimiento	238
11.	Viabilidad económica	240
11.1.	Generalidades	241
11.2.	Subvención del IDAE y PROSOL.....	243
11.3.	Tiempo de retorno del capital invertido.....	244

B) ANEXOS	255
1. CÁLCULO DE LA INCLINACIÓN DE LOS CAPTADORES	256
1.1.Método de cálculo	257
2. EQUIPOS	264
3. BIBLIOGRAFÍA	272
4. TABLAS Y DATOS	275
C) PLIEGO DE CONDICIONES	282
1. Pliego de condiciones técnicas generales	283
1.1.Generalidades	284
1.2.Ejecución de las obras	284
1.3.Materiales	286
1.4.Orden de los trabajos	287
1.5.Sobre el presupuesto.....	287
1.6.Importe de la obra	287
1.7.Jurisdicción	288
1.8.Plazo de garantía	288
1.9.Consideraciones generales	290
2. Pliego de condiciones técnicas particulares.....	292
2.1.Objeto y campo de aplicación.....	293
2.2.Generalidades	293
2.3.Requisitos generales	293
2.3.1 Protección contra heladas	293
2.3.1.1 Generalidades	293
2.3.2 Prevención de flujo inverso.....	293
2.3.3 Prevención de legionelosis.....	294
2.4.Configuración básica.....	294
2.5.Criterios generales de diseño	295
2.5.1 Dimensionado y cálculo.....	295
2.5.1.1 Datos de partida.....	295
2.5.1.2 Dimensionado básico	296
2.6.Diseño del sistema de captación	298
2.6.1 Generalidades	298
2.6.2 Orientación, inclinación, integración arquitectónica	298
2.6.3 Conexionado.....	299
2.7.Sala de máquinas	300
2.8.Diseño del sistema de acumulación solar.....	301
2.8.1 Generalidades	301
2.8.2 Situación de las conexiones	301
2.8.3 Varios acumuladores.....	302
2.9.Diseño del sistema de intercambio	303
2.10. Diseño del sistema hidráulico	304
2.10.1 Generalidades	304
2.10.2 Tuberías.....	304
2.10.3 Bombas	305
2.10.4 Vaso de expansión.....	306
2.10.5 Purga de aire	307
2.10.6 Aislamiento.....	307
2.11. Diseño del sistema de control.....	308
ANEXO CI. Normativa de aplicación y consulta	310
ANEXO C2. Componentes	314

D) PRESUPUESTO	321
E) ESQUEMAS Y PLANOS.....	327
1. Distribución del campo de colectores	
2. Esquema de batería	
3. Designación de tramos del campo de colectores	
4. Sala de máquinas	
5. Esquema de proceso	
6. Esquema de regulación	

A.

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES

Uno de los grandes problemas de nuestros días es la disponibilidad de energía, principalmente, debida a la gran demanda existente tanto en los países industrializados como en los en vías de expansión. Actualmente, la oferta de energía sufre una gran dependencia de los hidrocarburos, aunque, las diferentes crisis económicas de energía y la contaminación ambiental han provocado una búsqueda de energías de fuentes alternativas.

Entre lo objetivos de España se encuentran la disminución del consumo de energía procedente de fuentes fósiles, la reducción del consumo energético por habitante, la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera y el aumento progresivo de la participación de energías renovables en el consumo eléctrico. El aprovechamiento energético del sol, directo o indirecto, de forma natural o artificial ha sido una constante de la humanidad en sus estructuras agrícola, urbana, industrial, etc. La energía solar como fuente energética presenta como características propias una elevada calidad energética con nulo impacto ambiental e inagotable a escala humana. Su principal dificultad se presenta en la variabilidad con la que esta energía llega la tierra como consecuencia de aspectos geográficos, climáticos y estacionales.

El sol es una fuente de energía limpia, abundante y disponible en toda la superficie de la tierra, por tanto, podría ser la solución a los problemas ocasionados por el petróleo o la energía nuclear. Por el contrario, el aprovechamiento de la energía solar es insignificante en comparación con el consumo global de energía. El aprovechamiento de la energía solar presenta dos problemas técnicos:

- Existe una gran dispersión de la energía solar sobre la superficie terrestre
- La intensidad de radiación solar es variable e incontrolable

La disponibilidad no coincide con la demanda, teniendo en cuenta que es en invierno cuando más energía se necesita. La solución a esto es el almacenamiento y el apoyo de sistemas suplementarios de energía. En concreto, para un adecuado aprovechamiento de la energía solar se deben realizar los siguientes procesos:

- Captación y concentración de la energía solar
- Transformación para su posterior utilización
- Almacenamiento para poder abastecer la demanda con un tiempo de autonomía establecido.
- Fuente de energía suplementaria disponible si se supera el tiempo de autonomía
- Transporte de la energía almacenada, para su uso en los puntos de consumo

De todos modos, para los próximos años se prevé una gran demanda de uso de la energía solar impuesta por el contexto que tratan de desarrollar las políticas energéticas materializadas en diferentes planes de actuación a nivel europeo, nacional y regional.

El Plan de Energías Renovables en España (P.E.R.) 2005-2010 del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, establece el entorno de desarrollo de energías renovables en nuestro país. El principal objetivo de este Plan es conseguir en el año 2010 que el 12,3% del total de la energía consumida en España tenga su origen en fuentes renovables, esto supone un incremento que requiere duplicar la participación porcentual actual de este tipo de energías en el sistema energético nacional.

OBJETIVOS DEL PLAN DE FOMENTO DE LA ENERGÍAS RENOVABLES

Área tecnológica	Unidad	Objetivo energía	Inversiones (M€)	Ayudas Públicas (M€)
		1999-2010	1999-2010	1999-2010
Minihidráulica	Mw	720	878,4	
Hidráulica	Mw	350	204,0	
Eólica	Mw	8140	6156,0	
Biomasa térmica	Ktep	5700	3299,6	1530
Biomasa eléctrica	Mw	1703		
Biocarburantes	Ktep	500	6019	
Biogás	Mw	78	133,0	
Solar fotovoltaica	Kwp	135	820,0	290
Solar termoeléctrica	Mw	200	577,5	356
Solar térmica	M2	4496500	1509,0	498

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

Residuos sólidos	Mw	168	555,6	24
TOTALES:			14735	2698

Tabla 1.1.- Plan de fomento sobre energías renovables (fuente Ministerio de Industria y Energía)

Si atendemos a la siguiente tabla, se pueden observar los resultados obtenidos del seguimiento efectuado, sobre el periodo 1999-2002.

SEGUIMIENTO DE OBJETIVOS; 1999-2002

	Realizado 1999	Realizado 2000	Realizado 2001	Realizado 2002
Renovables	8173	10449	14199	17479
Hidráulica	19949	22867	32738	12147
Total Renovables (Gwh)	28122	33316	46937	29626

Tabla 1.2. Seguimiento de objetivos en el plan de fomento sobre energías renovables (fuente Ministerio de Industria y Energía)

Entre las propuestas del Ministerio de Industria y Energía en el programa Nacional de Energía en la energía solar térmica relacionamos las siguientes:

- Promover la investigación y el desarrollo, para la mejora del diseño, procesos de fabricación, monitorización, telemantenimiento, eficiencia de los captadores solares de baja temperatura, componentes

y su adecuación e integración en la edificación, con una orientación de los costes específicos.

- Investigación y desarrollo de nuevos captadores solares de media temperatura
- Desarrollo de nuevas instalaciones de climatización y refrigeración solar.
- Aplicaciones de carácter industrial orientadas hacia los procesos térmicos industriales. Producción del agua caliente, vapor , frío industrial, desalación, secado.

La paulatina aparición de ordenanzas solares municipales por toda España, y el aumento de la concienciación ciudadana, hacen que el desarrollo de la energía solar térmica para preparación de agua caliente sanitaria esté en un momento óptimo. De todas formas, sigue siendo necesaria más implicación por parte de la administración, aunque el empuje que día a día se aporta desde los fabricantes como desde los generalistas de calefacción y climatización, puede resultar definitivo de cara a un lanzamiento final de la energía solar térmica.

Un sistema solar térmico es una instalación destinada a convertir la radiación solar en calor útil.

Un *sistema solar de baja temperatura* es aquel cuya temperatura de trabajo es inferior a 100 °C. Éste requiere, generalmente, el acoplamiento de tres subsistemas principales: subsistema de captación, subsistema de acumulación y subsistema de consumo. De entre las aplicaciones de la energía solar térmica en baja temperatura destaca:

- Agua caliente sanitaria (A.C.S) doméstica
- A.C.S. en alojamiento hotelero, camping ...
- A.C.S. en hospitales y centros de salud
- A.C.S instalaciones deportivas, educativas, guarderías
- Agua caliente en industria agroalimentarias y otras

El principal objetivo es conseguir el máximo ahorro de energía convencional. La eficacia global del sistema está condicionada por el propio diseño de cada uno de sus componentes, pero también por la interrelación de esto entre sí.

La cantidad de energía solar aprovechable, depende de múltiples factores, de los cuales solo algunos como la orientación, inclinación, ubicación de los captadores, etc. pueden ser controlados en el diseño de la instalación.

Para realizar instalaciones solares térmicas competitivas económicamente, será necesario incorporar y/o utilizar sistemas convencionales de apoyo energético que permitan garantizar el abastecimiento de energía en determinados momentos, ya que, disponer únicamente de una instalación de energía solar térmica de baja temperatura para garantizar el consumo, nos llevaría a dimensionar instalaciones muy grandes y desproporcionadas, siendo además económicamente inviable.

En el caso concreto de los mataderos se necesitan una serie de servicios sin los cuales la industria cárnica no podría funcionar. La disponibilidad de una serie de servicios es imprescindible para llevar a cabo una política de higiene adecuada. Entre los distintos servicios requeridos se encuentran el agua potable, agua caliente, electricidad y refrigeración. Con todo ello la planta podrá producir carne, proceder a la

limpieza de los cueros, pieles y otros subproductos. El equipo de producción de energía está compuesto por una caldera de gasóleo, una serie de unidades de refrigeración y conexiones con la red de electricidad. Todo esto se encuentra en la sala de máquinas del matadero, con posibilidad de incorporar más equipos debido a su gran tamaño. La necesidad de energía se centra sobre todo en los procedimientos de tratamiento, en las cadenas de carnización y en las áreas refrigeradas.

Entre las necesidades más relevantes se encuentra el suministro de agua caliente o vapor para los distintos niveles de producción. El agua caliente se utiliza tanto en la instalación de escaldado de cerdos como también en el lugar de la matanza de los animales, ya que se necesitan grandes cantidades para lavar las canales.

Del mismo modo se necesita agua caliente para limpiar todas las instalaciones del matadero después de que se lleven a cabo todas las operaciones propias de la producción.

La instalación solar es muy conveniente a la hora de calentar agua. En una planta de producción de carne, la energía solar suele suministrarse económicamente entre un 30 por ciento y un 50 por ciento, dependiendo de las dimensiones del matadero. Se producirá una eficiencia mayor en la planta que funcione durante todos los días de la semana, de modo, que el sistema solar se puede convertir en caro cuando no existe un funcionamiento continuo.

Los mataderos tienen una superficie de tejado grande, debido a que deben albergar a una gran cantidad de animales (corrales), a las instalaciones de procesamiento de los animales y a su almacenamiento en cámaras frigoríficas, además, de las distintas oficinas necesarias. Esto es de considerable importancia a la hora de colocar los

colectores solares, sin olvidar que los mataderos suelen tener una gran extensión de tierra en la que también se puede instalar el sistema de colectores.

2. OBJETO

El objeto del proyecto es mejorar la instalación de agua caliente para aplicaciones industriales de una planta de sacrificio de ganado. Estas plantas de sacrificio de ganado suelen tener una caldera que proporciona agua caliente. Este proyecto diseña una instalación solar térmica para calentar el agua de la red hasta 45°C, para alimentar a la caldera que proporcionará agua a la temperatura de servicio (80°C), mejorando el medio ambiente, de una manera económica y dentro de la solicitud de las subvenciones concedidas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (I.D.A.E.).

Son tres los objetivos finales del proyecto:

- Tecnológico. Este proyecto calcula y diseña la instalación solar térmica con todos sus componentes, así como el funcionamiento de la misma.
- Valoración económica de la instalación así como su rentabilidad.
- El beneficio medioambiental.

Para ello se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Datos climatológicos
- Consumo y necesidades de agua caliente sanitaria
- Instalación actual (fuente energética utilizada)
- Instalación solar propuesta (colectores solares, circuito primario, intercambiador, circuito secundario, sistema de acumulación y sistema de regulación)
- Ubicación de los elementos de la instalación solar.

- Balance económico (coste de la instalación solar, subvenciones estimadas como inversiones finales, ahorro anual y amortización).
- Marco legal

2.1.EMPLAZAMIENTO Y ACTIVIDAD

La planta de sacrificio de ganado está situada en la provincia de Cádiz, en la localidad de Puerto Real. Consta de grandes instalaciones, con una parcela de gran extensión. La superficie construida es de gran tamaño ya que consta de: corrales, la nave de sacrificio y de cámaras frigoríficas, y las oficinas. Además también tiene una pequeña depuradora.

La función básica de una planta de sacrificio de ganado, es la de producir carne de forma higiénica. Para ello, se hace necesaria la manipulación humana para el sacrificio de los distintos animales y para la preparación de canales. A su vez, este tipo de industrias tienen que proveer una inspección adecuada de la carne y un tratamiento aceptable de los desechos resultantes.

A lo largo de estos últimos años, los mataderos han evolucionado en cuanto a su propiedad, desde pertenecer a la administración pública hasta convertirse en empresas privadas. Aunque su función ha sido siempre la misma (el sacrificio del ganado, la preparación de canales y la recuperación de subproductos, además de la prestación de otros servicios a los carniceros en la elaboración final de la carne), hoy día, este tipo de plantas industriales han conseguido una mejora en una serie de aspectos: un control único, proceso continuo, mano de obra cualificada, un producto más controlado desde el punto de vista higiénico y legal.

La ubicación de las plantas de procesamiento de la carne, suele estar ligada a una evaluación previa de la disponibilidad de servicios (agua, energía etc.), de higiene etc.,

El espacio ocupado por este tipo de plantas, habitualmente, es de cierta envergadura, ya que los procesos llevados a cabo necesitan grandes instalaciones. Además, deben albergar a los animales antes de ser sacrificados. Las distintas etapas que se suelen seguir en un matadero son:

1. Mantenimiento en corrales, sacrificio y sangría, desuello (en el caso del ganado porcino se habla de escaldado, depilación, y rascado).
2. Preparación (extracción de las tripas, separación del material inadecuado o no comestible bajo la inspección de un veterinario, división de la canal y limpieza).
3. Enfriamiento a temperaturas del almacén
4. Corte y acondicionamiento antes de proceder a una nueva verificación de la temperatura y antes de proceder su entrega al cliente.

A continuación se describe brevemente la carnización de tres tipos de ganado:

El sacrificio del ganado bovino se efectúa en el corral. Se encadena la pata del animal, se iza y se transporta en un carril. Se procede al desuello preliminar. Las pieles retiradas se depositan en una carretilla, que posteriormente se situará en la sala de limpieza, y posteriormente en el almacenamiento de pieles.

El esternón se abre con una sierra eléctrica y se traslada la canal para la evisceración. Este proceso se lleva a cabo junto con un control veterinario. Se extraen las tripas y los despojos rojos. Los despojos decomisados y confiscados se separan de

los materiales comestibles. El rumen se lleva a la sala de limpieza y tratamiento de las tripas, también se separan los estómagos y los intestinos, por último, se extraen los riñones, la grasa macerada, y se lavan las medias canales.

Antes de llevarlas a las cámaras frigoríficas se pesan y se cortan en cuartos.

En el caso de los cerdos, el procedimiento se compone de: matanza y escaldado, retirada de la piel, desuello completo con excepción de la cabeza y las patas.

El cerdo se sacrifica eléctricamente, a continuación, se lleva al depósito de escaldado. La preparación de las canales de cerdos para el consumo humano no requiere que se retire la piel. La canal, después del sacrificio, se somete a un tratamiento mediante el cual se elimina el cabello y limpia la piel. Consiste en la inmersión de la canal en agua caliente seguida de una retirada manual o mecánica del cabello. La cisterna de agua caliente suele estar controlada. Una vez escaldado, el proceso es muy parecido al del ganado bovino. El ganado ovino también se encuentra dentro de este tipo de operaciones.

Aparte de la carne, se obtienen una serie de subproductos:

1. Alimentos (mondongos, grasas de bovinos comestibles, tripas, grasas de vísceras y sangre comestible).
2. Productos farmacéuticos (glándulas).
3. Productos industriales generales (pieles y cueros, sebo).
4. Productos para la agricultura (carne/sangre/harina de hueso, y fertilizantes).

El agua caliente sanitaria tiene su aplicación en estos procedimientos en los siguientes puntos:

1. Escaldado de los cerdos
2. Limpieza de las instalaciones
3. Limpieza de herramientas y utensilios
4. Maquinaria, el paso del agua caliente por la maquinaria mejora el factor higiénico.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Actualmente en Andalucía las calderas son responsables en buena medida de las emisiones de gases contaminantes y de partículas en suspensión.

Los ayuntamientos y las comunidades autónomas promueven subvenciones para el uso de energías limpias, debido a la importancia del impacto de las emisiones en la calidad del aire. En concreto, para las aplicaciones de la energía solar para calentamiento de agua, la cobertura económica puede llegar hasta el 70% del coste de la superficie del colector solar instalado.

Este proyecto aplica la tecnología existente para propiciar el ahorro energético y la protección del medio ambiente, añadiendo un sistema solar térmico a la instalación de agua caliente existente en una planta de sacrificio de ganado. El proyecto garantiza el nivel de confort deseado, de una forma rentable y poco contaminante.

La razones de utilizar la energía solar térmica son de tipo económicas (próxima escasez de hidrocarburos y su continuo aumento de precio) y ecológicas (alteración de la atmósfera y el suelo). El actual esquema de consumo energético, tanto en España como a nivel global, simplemente no es sustentable.

Desde el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), se han ido desarrollando una serie de acciones destinadas a las administraciones locales, mediante una colaboración activa basada tanto en el apoyo técnico como económico, mediante una política de financiación, ayudas y subvenciones. Este proyecto se va a desarrollar teniendo en cuenta estas ayudas.

Para la instalación solar se ha optado por un colector plano por las siguientes ventajas:

- Maximiza el aporte solar global, con la consecuente reducción de emisiones contaminantes
- Es la opción más eficiente desde un punto de vista energético
- Es la opción más estética y por tanto con mayores posibilidades de impactar en la opinión pública, promoviendo la implementación de la energía solar.

La instalación solar consta de un sistema de acumulación centralizada, 20000 L en cuatro tanques, que reciben el calor solar por medio de un intercambiador de placas externo. Estos tanques están conectados al circuito secundario. Este esquema presenta las siguientes ventajas:

- Ahorro en fluido caloportador. Con esta configuración el circuito primario tiene el menor volumen posible, con lo que se ahorra fluido caloportador.
- Aprovechamiento óptimo de la acumulación. La configuración elegida, con dos o más tanques favorecen la estratificación térmica del almacenamiento, lo que mejora considerablemente el rendimiento solar de la instalación.
- La cesión de calor se realiza en un acumulador, de precalentamiento del agua que calientan los tanques de caldera, lo que reduce de manera importante la necesidad de aporte energético de la caldera.
- La menor necesidad de aporte energético de la caldera aumenta la capacidad de confort de la misma, ya que aumenta la capacidad de calentamiento instantáneo en los tanques convencionales.

En definitiva, este proyecto garantiza el máximo confort y economía del usuario, compatible con el máximo ahorro energético y la protección del medio ambiente, cubriendo las necesidades de Agua caliente mediante la combinación de la caldera con los colectores solares.

Su utilización se justifica no sólo en el ahorro energético y la rentabilidad del usuario sino que además contribuye al bien común: la mejora de la calidad del aire de las ciudades y del país; la rentabilidad macroeconómica por el uso de recursos propios, la generación de riqueza interna y de empleos, y la reducción de la dependencia energética externa.

El calor de procesos representa el núcleo de las demandas térmicas en la industria de España. En el sector cárnico se produce un consumo energético elevado para la generación de agua caliente de procesos y limpieza de instalaciones así como en la generación de frío. La utilización de tecnologías de ahorro energético y en concreto de la energía solar, ofrece opciones importantes de ahorro energético, especialmente en la situación actual de costes elevados y crecientes de los combustibles; sin embargo, la situación actual se puede resumir en que:

- Hay desconocimiento de las posibilidades de ahorro energético/económico y en qué partidas: no se gestiona ni se mide separadamente los gastos energéticos.
- La seguridad y la garantía de suministro es determinante en la selección de instalaciones, la eficiencia es secundaria.

Entre los procesos con potencial solar se remarcan:

- Generales: agua caliente sanitaria (ACS), calefacción y refrigeración.
- Pre calentamiento de agua de alimentación a calderas convencionales a calderas de vapor para lavado, cocción y limpieza, especialmente a partir de agua fría: cerveceras, conserveras, cocederos industriales, mataderos, piscifactorías y vivero, secadero, embotelladoras, desalación etc.
- Pre calentamiento de aire de proceso: cerveceras, secaderos, etc.

Y entre los elementos que claramente pueden contribuir a una mayor utilización de la energía solar en la industria se encuentran:

- La conciencia ecológica como muestra de calidad y diferenciación
- La imagen ‘verde’ entra en los criterios de selección de productos por los clientes.
- Los apoyos públicos a las inversiones solares (subvenciones directas y a los tipos de interés, desgravaciones fiscales, etc.)
- En las instalaciones industriales, por su tamaño, se permiten economías de escala que llevan a sistemas solares de costes específicos más bajos, de forma que los sistemas solares para la producción de calor de procesos industrial pueden ser económicamente competitivos con respecto a los combustibles fósiles.

En la utilización de la energía solar como elemento de ahorro energético se entiende que hay que cumplir con dos principios básicos.

- El sistema solar debe ser un elemento más de las instalaciones térmicas y en ese sentido debe trabajar en sintonía con el resto de los equipos de confort térmico o producción de calor, buscando soluciones globales de ahorro energético y protección del medio ambiente.
- El sistema solar debe integrarse armónicamente con las soluciones arquitectónicas adoptadas en el edificio de tal forma que sus propietarios además de beneficiarse del ahorro energético, se enorgullezcan de su contribución a la protección del medio ambiente a la vez que del aspecto de su edificio.

3.1.JUSTIFICACIÓN MEDIOAMBIENTAL

3.1.1. Introducción

El Protocolo de Kyoto, que se adoptó en 1997 en la 3ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, establece en algo más de un 5% la reducción global de las emisiones de los seis principales gases de efecto invernadero (GEI) en el periodo de compromiso 2008-2012 respecto a los valores de 1990. La Convención Marco sobre Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto, que entró en vigor el año pasado, han reconocido expresamente lo que se ha dado llamar la burbuja comunitaria, dentro de la cual España tiene limitado el crecimiento de las emisiones de los seis gases de efecto invernadero considerados en el Protocolo, en un 15% en el periodo 2008-2012. De acuerdo con las cifras del inventario de gases de efecto invernadero correspondiente a 2002, el aumento de las emisiones

superaba ya el 39%. Con independencia del régimen sancionador diseñado para todas las partes firmantes del protocolo, los estados europeos están sometidos a la disciplina comunitaria y deben asegurar el cumplimiento de los acuerdos alcanzados en las instituciones de la Unión Europea.

3.1.2. Impacto medioambiental de la energía solar térmica

La energía solar térmica de baja temperatura es una de las tecnologías energéticas más respetuosas con el medio ambiente.

Un elemento específico favorable de la energía solar térmica es que su aplicación suele tener lugar en el entorno urbano, en el cual las emisiones contaminantes de los combustibles fósiles tienen una mayor incidencia sobre la actividad humana, consiguiéndose disminuir sensiblemente las emisiones gaseosas originadas por los sistemas convencionales de generación de agua caliente.

Contribuye eficazmente a la reducción de emisiones de dióxido de carbono, uno de los compromisos que tiene actualmente contraído la sociedad española. En este sentido se pueden considerar las siguientes equivalencias en función del combustible a sustituir:

- 1 m^2 de captador equivale a 0,75 tCO_2 sustituyendo electricidad.
- 1 m^2 de captador 0,22 tCO_2 sustituyendo gasóleo.
- 1 m^2 de captador 0,19 tCO_2 sustituyendo gas butano o propano.
- 1 m^2 de captador 0,17 tCO_2 sustituyendo gas natural.

Para esta instalación de $319,2 m^2$, el ahorro anual generado será aproximadamente de $70 tCO_2$. Si se considera una vida útil de la instalación de 25 años, el ahorro será de $1755 tCO_2$.

Las instalaciones son sistemas limpios y silenciosos de larga vida útil y pocas necesidades de mantenimiento que generan una energía descentralizada. La energía se genera en los puntos de consumo por lo que no requiere transporte ni creación de infraestructuras. En el medio biótico no existen efectos significativos sobre flora-fauna.

El principal impacto sobre el medio físico es el del efecto visual sobre el paisaje, por lo que se debe tener especial cuidado en la integración respetuosa con el entorno de los sistemas solares térmicos, así como en su adaptación a los edificios. Existe una amplia variedad de productos que permiten adaptarse mejor al entorno y colectores que pueden instalarse en horizontal o vertical, que pueden prácticamente eliminar el impacto de la instalación pasando a ser elementos constructivos.

Adicionalmente, la aplicación de energía solar térmica en determinados sectores como el hotelero o el industrial es un aspecto de interés fuera del campo estrictamente energético, ya que proporciona una imagen de respeto con el medio ambiente, cuidado y entorno y calidad de vida, que les da un valor añadido frente a los clientes.

En cuanto a la valoración económica de las emisiones evitadas, según El Plan de Energías Renovables en España (P.E.R.) 2005-2010 del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, considerando un precio de la tonelada del dióxido de carbono de

20 euros (Plan de Energías Renovables en España), ascendería a 1400 euros anuales, considerando la vida útil de la instalación de 25 años, la valoración económica podría ascender a 35000 euros.

Ahorro energético anual- Energía	234066	Kwh/año
Ahorro anual de emisiones- Kg de CO2	70220	kg(CO2)/año
Ahorro energético 25 años - Energía	5851,6	Miles de KWh
Ahorro anual de emisiones 25 años - Kg de CO2	1755,5	Toneladas de CO2

Tabla 3.1.- Equivalencia del Ahorro energético

4. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

4.1. GENERALIDADES

Existe una amplia gama de diseños distintitos actualmente, la mayoría consisten en la combinación de un colector o grupo de colectores de placa plana, junto a un acumulador, bien formando un conjunto o bien independientemente.

Evidentemente, los principales objetivos de la instalación son conseguir el máximo ahorro de energía convencional y el máximo ahorro económico. Este hecho no es compatible con algunos diseños en los cuales el sistema trabaja de forma no adecuada, provocando un rendimiento insuficiente a la inversión realizada.

La energía solar térmica está basada en el aprovechamiento del calor por unos colectores solares (las palabras colectores, captadores o placas se usan indistintamente). La cantidad de energía recogida dependerá principalmente de la superficie de captadores existente.

La aplicación de la energía solar térmica se puede clasificar en tres grupos dependiendo de su temperatura:

- Baja temperatura, captación directa, la temperatura del fluido está por debajo del punto de ebullición.
- Media temperatura, captación de bajo índice de concentración, la temperatura del fluido es más elevada de 100°C.
- Alta temperatura, captación de alto índice de concentración, la temperatura del fluido es más elevada de 300°C.

Este proyecto se engloba dentro de la energía solar térmica de baja temperatura, ya que el sistema solar aportará agua a 45°C a la caldera, siendo ésta menor al punto de

ebullición del fluido. Se ha elegido esta temperatura porque es la óptima entre que la superficie de colectores no sea excesivamente grande (lo que supondría un mayor coste) y una temperatura de entrada del agua a la caldera demasiado baja. Un sistema de baja temperatura requiere los siguientes subsistemas:

- Subsistema de captación, que tiene como finalidad la captación de la energía solar.
- Subsistema de almacenamiento, que tiene como finalidad adaptar en el tiempo la disponibilidad de energía y su demanda, almacenándola cuando está disponible para poderla ofrecer en el momento que se precise.
- Subsistema de intercambio, que tiene como finalidad el intercambio de calor entre el subsistema de captación y el de almacenamiento.
- Subsistema hidráulico, compuesto por las tuberías, válvulas, etc., que tiene como misión conducir adecuadamente los fluidos por las distintas partes del sistema
- Subsistema de regulación y control, encargado del funcionamiento o parada del sistema en función de la demanda.
- Subsistema de energía auxiliar, que es quién aporta la energía que la instalación solar no es capaz de dispensar.

En primer lugar, el sistema debe disponer del número suficiente de captadores con el fin de satisfacer los requisitos energéticos. Además, habrá que elegir la inclinación más oportuna para aprovechar la máxima cantidad de energía en cada mes.

Una de las funciones más importante del sistema será la de regular la captación de la energía para que realmente se convierta en energía útil. Para ello se debe proveer al sistema de un subconjunto de regulación y control, que mida y compare continuamente las temperaturas en los colectores y en el almacenamiento.

El fin último es precalentar todo el agua que posteriormente sea consumida, alcanzado la temperatura de operación con la mínima cantidad de energía auxiliar (caldera).

4.2. SISTEMA DE COLECTORES

El sistema de captación es el que capta la energía solar incidente y la transforma en energía térmica. Está formado por todo el conjunto de captadores, sus elementos de sujeción y demás accesorios.

Para entender el diseño y colocación del campo de captadores es importante conocer cómo se produce el aprovechamiento de la radiación solar en el captador, en concreto, en un colector de placa plana.

Un cuerpo expuesto al sol recibe un flujo energético Q , por lo que este cuerpo también irradiará calor a su entorno. Se producen entonces pérdidas, por radiación, convección y conducción, llegando un momento en que las pérdidas se igualarán a la energía producida por el flujo energético incidente, es entonces cuando se alcanza la temperatura de equilibrio (t):

$$(1) Q = Q_p$$

$Q =$ es el flujo energético procedente de la energía del sol

Q_p = son las pérdidas de calor que tiene el cuerpo calentado

Si del sistema extraemos parte del calor producido para aprovecharlo como energía útil, Q_u , la ecuación se transformaría en:

$$(2) Q = Q_p + Q_u$$

Q_u = energía útil extraída del captador

Se deduce, por tanto, que Q_p en la ecuación (2) es menor que en la ecuación (1), ya que parte de la energía incidente se pierde y parte se aprovecha, se dice entonces que el cuerpo se ha convertido en un colector de energía solar térmica.

El objetivo será aumentar Q_u . Para ello se presentan dos opciones:

- Aumentar la energía incidente, para ello debería mejorarse el diseño y construcción del colector para reducir las pérdidas
- Reducir las pérdidas térmicas, es decir, concentrar la energía incidente en una superficie más pequeña, lo que aumentaría la intensidad.

Es imprescindible saber que cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre la temperatura de utilización y la temperatura ambiente, mayores serán también las pérdidas térmicas. Por tanto, el rendimiento disminuye a medida que la temperatura de utilización aumenta. Este hecho, implica que los colectores trabajen a la temperatura más baja posible, siempre que sea compatible con la temperatura mínima necesaria para su uso.

$$\text{Rendimiento} = \frac{Q_u}{Q} = \frac{Q_u}{Q_u + Q_p}$$

La radiación solar electromagnética que incide en un captador solar, puede ser total o parcialmente absorbida, otra parte podrá ser reflejada y otra atravesará el cuerpo en cuestión. La energía absorbida calienta el cuerpo, éste emite radiación con una longitud de onda que dependerá de su temperatura.

La mayor parte de la radiación solar tiene longitudes de onda comprendidas entre 0,3 y 2,4 μm . El vidrio al ser transparente, deja pasar a través de él la radiación electromagnética, entre 0,3 y 3 μm , y por ello la luz solar atravesará el vidrio sin mayor problema, si bien una pequeña parte se reflejará en su superficie y otra será absorbida en su interior, dependiendo del espesor del mismo.

Después de atravesar el vidrio, la radiación llega a la superficie del absorbedor, éste se calienta y emite radiación con una longitud de onda comprendida entre 4,5 y 7,2 μm . En este tramo el vidrio es opaco, por tanto, aumenta la temperatura en el interior del captador solar, debido a que la radiación que emite el absorbedor se reparte hacia el exterior y el interior del colector. Esto no es más que el efecto invernadero.

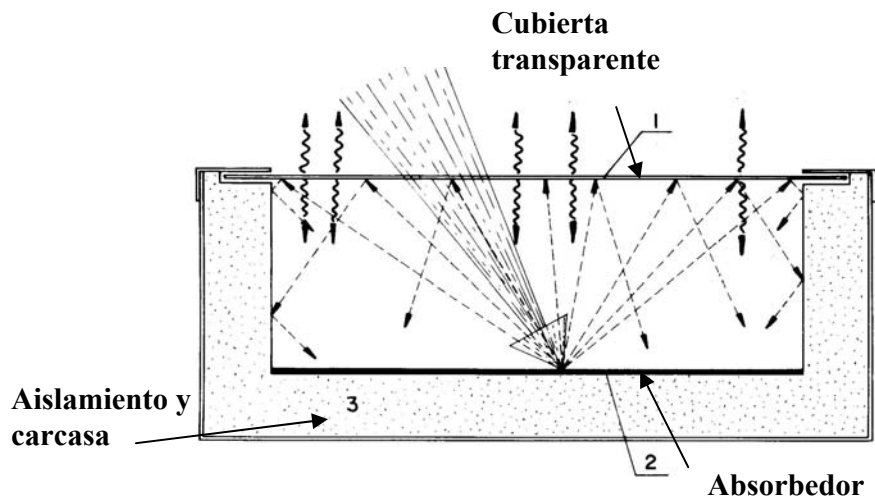


Fig.4.1.-Efecto invernadero dentro del captador solar.

Si consideramos al colector sin ninguna circulación de fluido en su interior, la temperatura del absorbedor llegará a ser la de equilibrio estática. Por el contrario, si hacemos circular un fluido caloportador por el interior del captador, éste irá aumentando su temperatura al tomar contacto con el absorbedor. Si se mantiene la circulación del fluido bajo condiciones estacionarias, se llegará a alcanzar la temperatura de equilibrio dinámica, que es más baja que la estática. Esta temperatura que alcanza el fluido es siempre menor que la del absorbedor, debido a las características físicas del proceso de conducción del calor.

La temperatura no es igual en todos los puntos del fluido, por lo que utilizaremos una temperatura media, la cual se define como la media aritmética de las temperaturas del fluido caloportador a la entrada y a la salida:

$$t_m = \frac{t_e + t_s}{2}$$

t_m = temperatura media

t_e = temperatura a la entrada del captador solar

t_s = temperatura a la salida del captador solar

Cuando el colector está en funcionamiento, la temperatura de salida debe ser mayor que la de entrada. Si no fuese así, el absorbedor estaría perdiendo calor hacia el exterior.

4.2.1. Balance energético

Una vez que se conoce cómo funciona un colector, el siguiente paso es describir el balance energético que se produce en el mismo.

Para realizar el análisis del balance energético se considera un colector inmóvil, que recibe una radiación solar uniforme y constante, por donde pasa un fluido caloportador a diferentes temperaturas. El balance será:

$$Q_T = Q_U + Q_P$$

Donde:

Q_T es la energía incidente total

Q_U es la energía útil, la que recoge el fluido caloportador

Q_T , por definición, es la intensidad de radiación por la superficie de exposición, en caso de existir cubierta hay que añadir la transmitancia de la misma, τ , que dejará

pasar solamente una parte de dicha energía, y por otro lado el coeficiente de absorción, α , de la placa absorbadora, es decir:

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

Donde:

I es la radiación incidente total sobre el colector por unidad de superficie (W/m^2)

S es la superficie del colector (m^2)

τ es la transmitancia de la cubierta transparente

α es la absortancia de la placa absorbadora

La energía perdida por disipación al exterior engloba la conducción, convección, y radiación, por eso, el cálculo es más complejo. Para simplificar este hecho, se incluye todo en el llamado coeficiente global de pérdidas, U, el cual se mide experimentalmente y su valor viene dado por el fabricante del colector. Aproximadamente la energía pérdida se puede valorar como proporcional a la diferencia entre la temperatura media de la placa absorbadora y la del ambiente y a la superficie del colector.

$$Q_p = S \cdot U \cdot (t_e - t_a)$$

Donde:

Q_p es la energía que se disipa fuera del captador

S es la superficie del colector (m^2)

U es el coeficiente global de pérdidas ($W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

t_e es la temperatura media de la placa absorbadora ($^\circ\text{C}$)

t_a es la temperatura ambiente ($^\circ\text{C}$)

Por tanto la ecuación del balance energético queda como:

$$Q_U = Q_T - Q_P$$

Sustituyendo;

$$Q_U = (I \cdot S \cdot \tau \cdot \alpha) - [S \cdot U_0 \cdot (t_e - t_a)]$$

Simplificando la ecuación;

$$Q_U = S \{ (I \cdot \tau \cdot \alpha) - [U_0 \cdot (t_e - t_a)] \}$$

Se considera que la temperatura media del fluido es la media de las temperaturas a la entrada y a la salida del colector. La temperatura media de la placa absorbadora no se puede calcular de forma sencilla. Si la placa absorbadora y los tubos por los que circula el fluido caloportador tuviesen un coeficiente de conductividad térmica infinito, las temperaturas de fluido y placa serían iguales, pero esto en realidad nunca ocurre puesto que no todo el calor absorbido en la superficie absorbadora pasa al fluido para transformarse en energía térmica útil. Por lo que, si queremos sustituir la temperatura de la placa absorbadora por la del fluido deberemos de introducir un factor de corrección,

llamado factor de eficacia o coeficiente transporte de calor, FR, que siempre será menor que la unidad.

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

$$Q_u = FR \cdot S \{ (I \cdot \tau \cdot \alpha) - [U_0 \cdot (t_m - t_a)] \}$$

Donde:

Q_u es la energía útil que recoge el fluido caloportador

Fr es el factor de eficacia

S es la superficie del captador (m^2)

I es la radiación incidente por unidad de superficie en el captador solar térmico (W/m^2)

t es la transmitancia de la cubierta transparente

α es el coeficiente de absorción de la placa absorbidora

U es el coeficiente global de pérdidas ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

t_m es la temperatura media del fluido caloportador ($^\circ C$)

t_a es la temperatura ambiente ($^\circ C$)

Por otro lado, se puede calcular el rendimiento del captador, sabiendo que es el cociente entre la energía útil captada y la recibida en un instante de tiempo dado.

$$\eta = \frac{Q_u}{S \cdot I}$$

donde:

η es el rendimiento del captador solar

Q_u es la energía útil del fluido caloportador

Sustituyendo:

$$\eta = FR \cdot (\tau \cdot \alpha) - \left[FR \cdot U_0 \frac{(tm - ta)}{I} \right]$$

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 $(tm - ta) / I$.

Normalmente la curva de rendimiento viene suministrada por el fabricante según la expresión:

$$\eta = b - m \cdot [(tm - ta) / I]$$

Donde b y m son dos parámetros que nos indican, respectivamente, el valor del rendimiento cuando tm es igual a ta , y la pendiente de la recta de rendimiento.

Una vez conocido el funcionamiento individual del colector, el siguiente paso es conocer cómo se va a disponer el campo de colectores.

Una opción es la disposición en serie. En dicha disposición, la temperatura va aumentando a medida que atraviesa los colectores, y por tanto, disminuye la eficacia global del sistema como se aprecia en la fórmula de rendimiento.

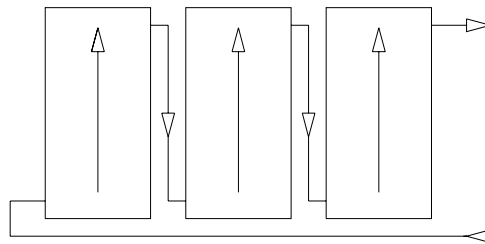


Fig.4.2.-Conexión en serie.

Lo habitual es disponer los captadores en paralelo cuando se encuentran en una única fila, o en caso de disponerse en varias filas colocarse éstas también en paralelo. De cualquier forma las filas deberán tener el mismo número de captadores.

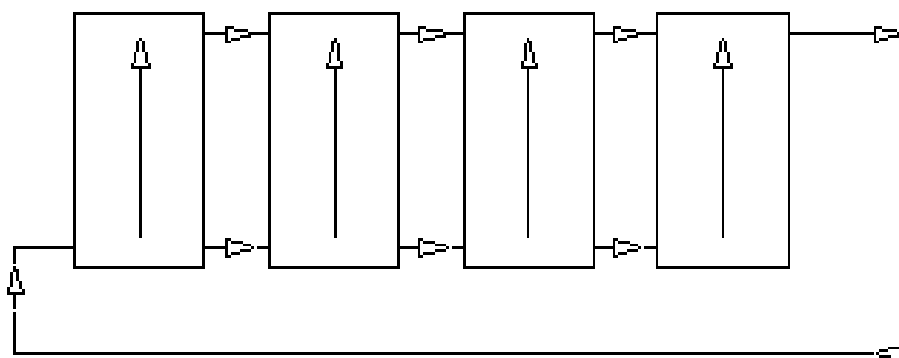


Fig. 4.3.-Conexión en paralelo

La longitud del circuito debe ser la más reducida posible para paliar las posibles pérdidas hidráulicas y de calor en el mismo, además de intentar disminuir las pérdidas de calor e hidráulicas en todos los accesorios añadidos al circuito. Y no hay que olvidar que el diseño debe permitir montar y desmontar los colectores para labores de mantenimiento.

4.3.SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

El sistema de almacenamiento será el que cubra la demanda en momentos de radiación solar insuficiente. Para ello, se utilizan acumuladores de agua caliente, que pueden ser de acero, acero inoxidable, aluminio o fibra de vidrio reforzado.

La forma del mismo suele ser cilíndrica, siendo la altura mayor que el diámetro, haciendo de esta manera que se favorezca el fenómeno de la estratificación. Esto es, al disminuir la densidad del agua con 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 se extrae el agua para su consumo, mientras que la extracción para calentamiento solar se aplica en la parte inferior, así hacemos funcionar a los colectores a la mínima temperatura posible, aumentando, por tanto, su rendimiento.

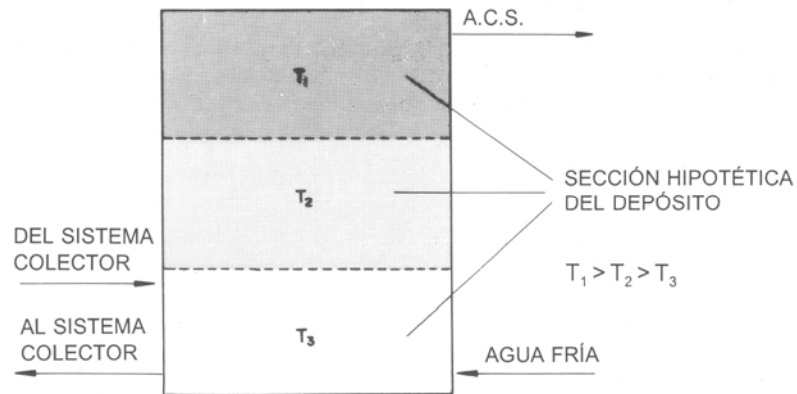


Fig.4.4.- Estratificación del agua en el acumulador

4.4. SISTEMA DE INTERCAMBIO

El sistema de intercambio está formado por aquellos elementos de la instalación encargados de transferir la energía captada en los colectores solares hasta el depósito de acumulación de agua caliente sanitaria. El elemento principal es el intercambiador de calor.

Según el sistema de intercambio las instalaciones se clasifican en dos grupos, los de transferencia térmica directa e indirecta. El más habitual es el sistema indirecto, esto es que existe un intercambiador térmico tal que el fluido del circuito primario no está en contacto con el agua caliente sanitaria.

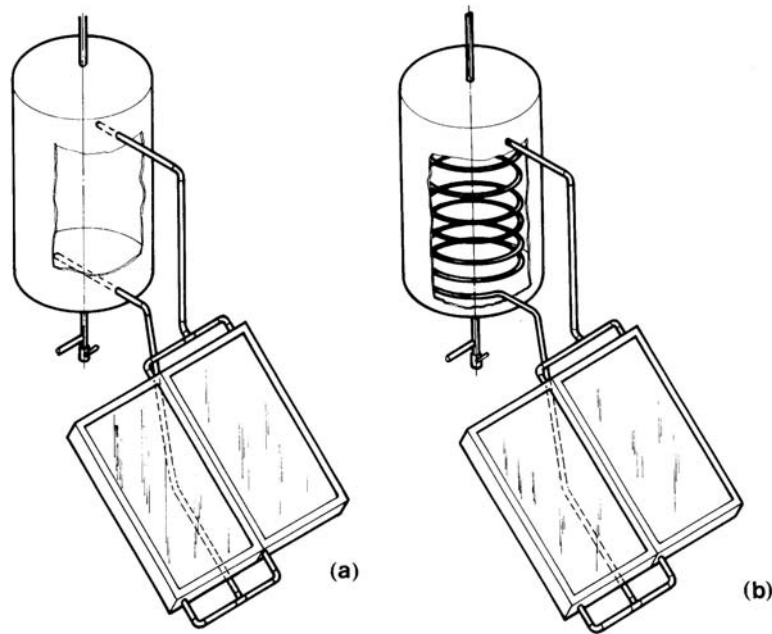


Fig.4.5.- Sistemas (a) directo e (b) indirecto

Se opta por un sistema de circulación indirecta por los problemas que presentan los sistemas directos, como son la necesidad de usar materiales que no contaminen el agua en el circuito de colectores, con el consiguiente riesgo de congelación al no poder añadir anticongelantes al fluido. 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 red, hecho que no suele ser posible por una gran parte de los colectores. En cualquier caso existen restricciones de tipo legal para que el agua de consumo no pase a través de los colectores.

4.5. SISTEMA HIDRÁULICO

Está compuesto de las tuberías, válvulas, bomba de circulación, etc.... en definitiva todos los elementos por donde pasa el fluido caloportador y el agua sanitaria. La circulación se puede realizar por dos métodos: circulación natural, también llamada

termosifón, o circulación forzada mediante el uso de una bomba en el circuito primario. Por las características de nuestra instalación optaremos por una circulación forzada.

La circulación forzada presenta muchas ventajas, tales como la no necesidad de colocar el acumulador por encima de los colectores para que se produzca la circulación del fluido, el tener una mayor flexibilidad en el diseño hidráulico del circuito, así como en los diámetros de las tuberías del mismo ya que las pérdidas hidráulicas se subsanan con una mayor potencia en el dimensionado de la bomba. También podemos limitar la temperatura máxima del agua en el depósito, que en verano puede alcanzar hasta los 60°C, con el consiguiente riesgo para las personas, o para el sistema por formación de incrustaciones calcáreas y corrosiones en el depósito. Y no se presentan problemas para evitar la congelación del fluido en el colector, lo que si ocurre en los sistemas por termosifón puesto que los aditivos para evitar la congelación aumentan la viscosidad del fluido y por tanto hace dificultar la circulación del mismo.

4.6. SISTEMA DE ENERGÍA DE APOYO

En el caso de este proyecto el sistema de apoyo ya existe en la factoría. Por tanto, lo único que se hará en este apartado será conectar el sistema solar a la caldera existente. La planta consta de una caldera y un depósito, este diseño, aprovecha al máximo la energía solar aplicándola sobre el agua de red, mientras que la energía convencional lo hace sólo sobre el agua precalentada por el sistema solar.

Así pues el sistema deberá asegurar el calentamiento hasta la temperatura de diseño de la totalidad del agua utilizada para el consumo previsto, y deberá tener un control de temperatura de salida de modo que esta no se eleve por encima de la temperatura de utilización prevista, que en nuestro caso no será superior a los 80°C para el ACS.

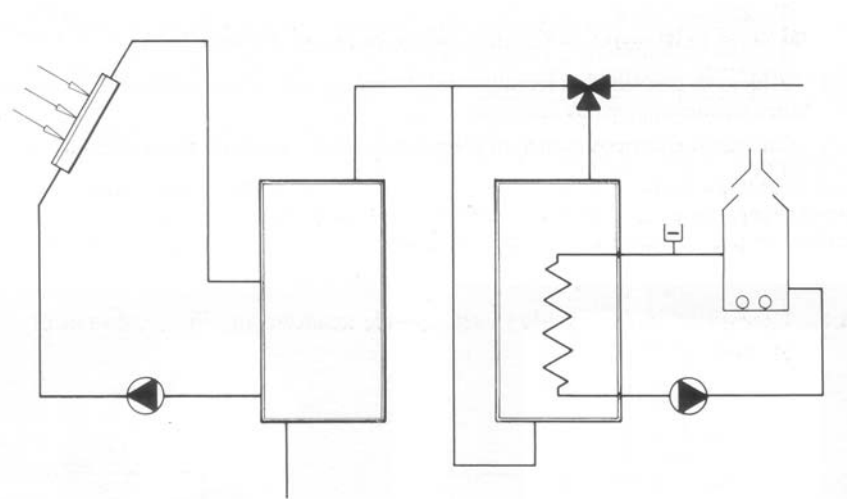


Fig.4.6.- Energía de apoyo situada en un segundo acumulador alimentado por el primero

4.7. SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL

Su función es la de dispensar la energía cuando realmente sea necesaria, y de no hacerlo cuando no lo sea para evitar pérdidas de energía.

Está compuesto por un regulador diferencial que compara la temperatura del captador con la temperatura de la parte inferior del acumulador, de forma que cuando la temperatura en los captadores sea mayor que en el acumulador en un valor prefijado del regulador, se pondrá en marcha la bomba.

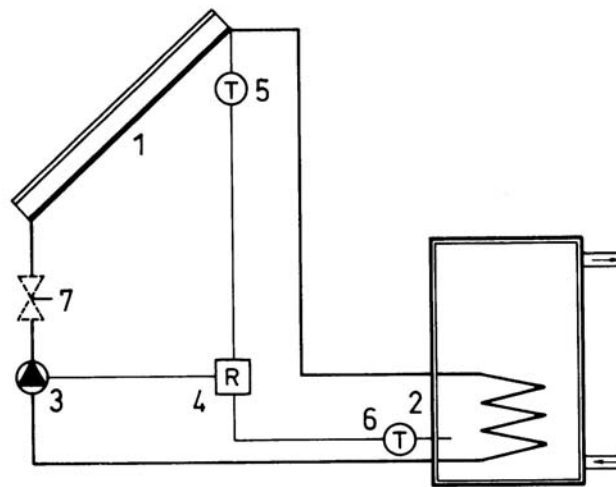


Fig.4.7.- Regulación por termostato diferencial actuando sobre bomba.

1 colector, 2 intercambiador, 3 bomba, 4 regulador diferencial, 5 y 6 sonda de temperatura, 7 válvula de estrangulación

Se pueden producir fenómenos no deseados que provoquen un mal funcionamiento de la instalación; pérdida de temperatura en el circuito de retorno, las tolerancias de la sonda y el regulador, una diferencia mínima en el intercambiador. Para paliar este hecho, la diferencia de temperaturas debe ser lo suficientemente amplia para un buen funcionamiento de la instalación. Esa diferencia se suele marcar en un mínimo de 6°C.

La bomba de circulación no estará parada nunca con diferencias de temperaturas superiores a 7°C, y no estará en marcha cuando la diferencia sea inferior a 2°C.

El sistema de control asegura que la temperatura del fluido de trabajo no tome valores tres grados superior a la temperatura de congelación del fluido. Es decir, cuando la temperatura del fluido se acerque peligrosamente a su punto de congelación, la bomba de circulación se pondrá en marcha.

La sonda de temperatura de la zona de acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado, y la sonda de temperatura para el control diferencial se colocará en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación.

5. DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES Y EQUIPOS

5.1.COMONENTES DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

Una instalación de energía solar térmica ha de incluir una serie de elementos indispensables para el correcto funcionamiento y control de la instalación. Algunos de estos elementos son obligatorios, por tratarse de elementos de seguridad, mientras que otros tienen como finalidad la mejora del rendimiento de la instalación.

A continuación se presenta una breve descripción de los componentes y equipos que habitualmente forman una instalación de energía solar térmica:

1. Un sistema de captación formado por varios captadores, colocados de forma adecuada, para obtener energía térmica a partir de la radiación solar incidente, mediante un fluido caloportador.
2. Un sistema de intercambio, encargado de la transmisión de energía térmica, pudiendo ir dentro del acumulador o independiente.
3. Un sistema de acumulación, en el cual se almacena el agua caliente para su posterior uso.
4. Un sistema hidráulico constituido por tuberías, válvulas, bombas, vaso de expansión, purgadores, etc., que serán los responsables de que la instalación funcione correctamente desde la captación hasta el consumo.
5. Un sistema de regulación y control, compuesto generalmente por elementos de protección.

6. Un sistema de energía auxiliar, que sirve para completar el aporte solar cuando la demanda es alta, o las condiciones solares sean desfavorables. En este caso, el sistema auxiliar ya está implementado en la factoría.

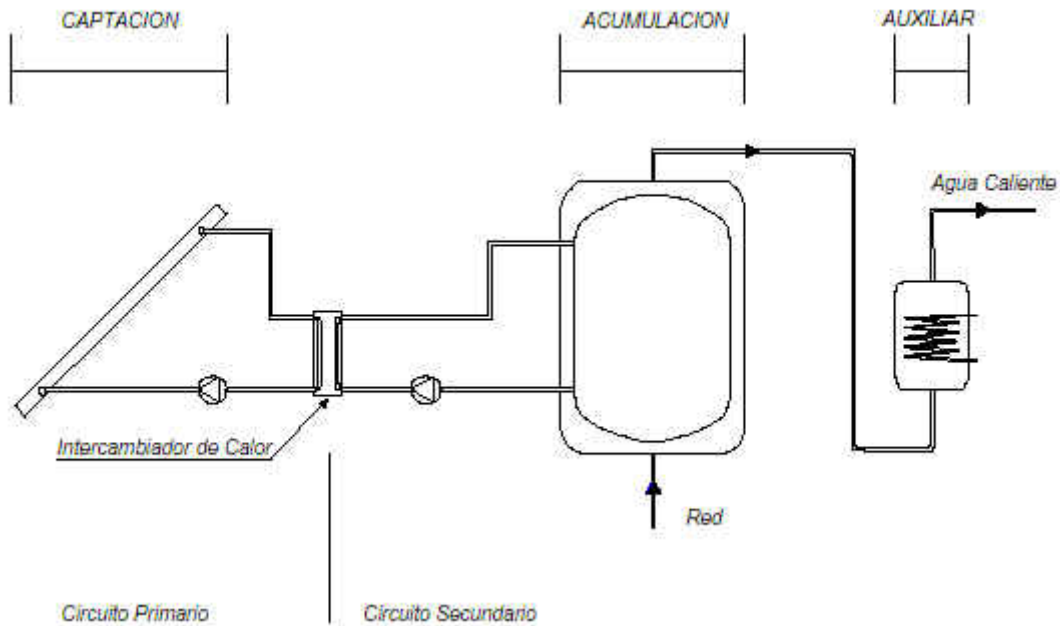


Fig. 5.1. Instalación solar térmica

5.1.1. Circuitos para Agua Caliente Sanitaria.

Los sistemas más comunes para la producción de agua caliente sanitaria con energía solar son:

- *Sistema compactos*: Un equipo compacto integra uno o varios captadores, un acumulador y otros accesorios en un reducido espacio. Este tipo de sistemas se suele utilizar en viviendas unifamiliares, es decir, en pequeñas instalaciones donde se requiere una superficie captador muy pequeña. Por regla general, los

equipos termosifónicos utilizan sistemas de calentamiento indirecto, con el fin de evitar la congelación del agua contenida en los colectores.

- *Sistemas no compactos: intercambiador de calor interno o externo.* Este sistema incorpora un intercambiador entre los colectores y el acumulador con la finalidad de separar la instalación en dos circuitos y evitar que haya contacto entre el fluido que circula por los captadores solares y el agua de consumo. Los dos circuitos son el circuito primario, aquel que contiene el conjunto de captadores, y el circuito secundario, el del agua de consumo (Agua Sanitaria).

En la figura 5.2, se representa el circuito típico para una instalación solar de A.C.S con intercambiador de calor interno, en el cual el intercambiador se encuentra dentro del depósito de acumulación.

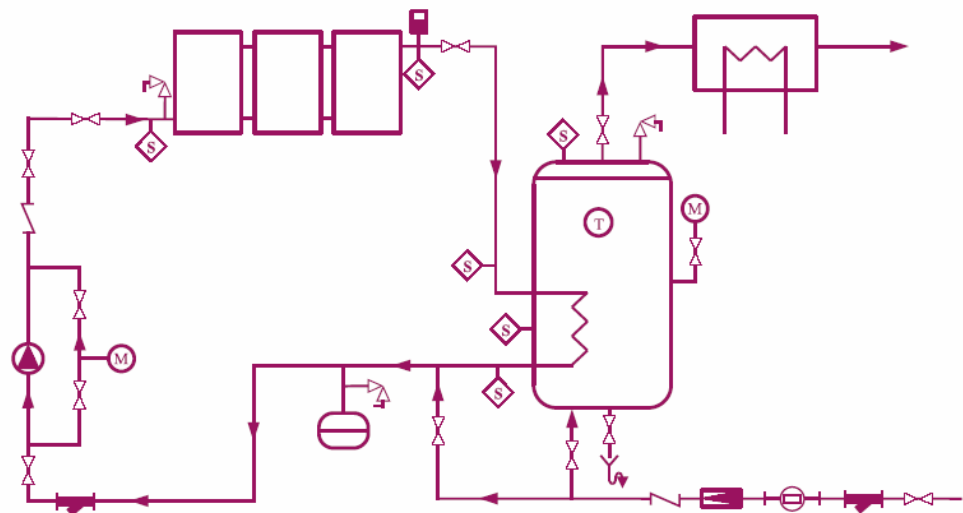


Fig. 5.2.- Intercambiador interno

En la figura 5.3, se representa una instalación solar de A.C.S con intercambiador de calor externo, en la que el intercambiador se encuentra fuera del acumulador.

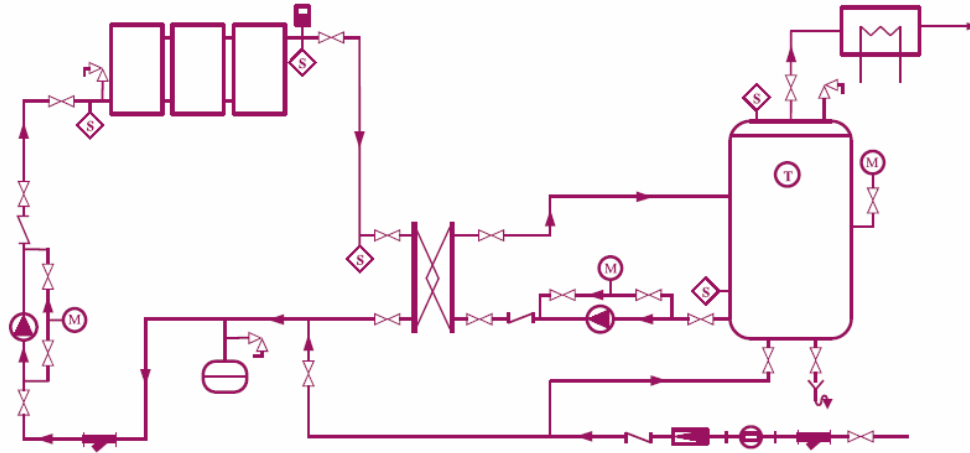


Fig. 5.3.- Intercambiador externo

5.2.SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN.

El captador solar es el elemento fundamental de cualquier sistema solar térmico, su misión es captar la energía solar incidente y transmitirla al fluido que circula por él.

Para poder hacer una buena elección de un captador, es preciso conocer las características de los elementos que lo constituyen. Aunque hay distintos tipos de captadores, a este proyecto sólo le incumbe el captador de placa plana, el cual está formado por los siguientes elementos:

- *Cubierta transparente:* Sobre ella inciden los rayos del sol, provocando el efecto invernadero. Reduce las pérdidas y asegura la estanqueidad del

captador en unión con la carcasa y las juntas. Suelen ser de vidrio o plástico transparente.

- *Placa absorbente o absorbedor:* Recibe la radiación solar transformándola en calor, y transmitiéndola al fluido caloportador (normalmente agua o agua con anticongelantes). La cara del absorbedor expuesta al sol suele tener un revestimiento especial para absorber mejor los rayos solares.
- *Aislante lateral y posterior:* Disminuye las fugas de calor del interior del captador. Es fundamental que resista temperaturas de hasta 150 °C, no desprenda vapores bajo la acción del calor y no pierda sus cualidades en caso de humedecerse.
- *Caja, bastidor o carcasa:* Contiene y soporta todos los elementos anteriores y los protege de la intemperie, por ello debe resistir, las variaciones de temperatura, la corrosión y la degradación química.

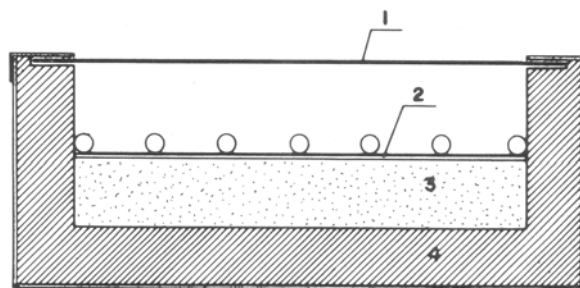


Fig. 5.4.- Corte transversal de un colector de placa plana y sus elementos:

1.- cubierta, 2.- absorbedor, 3.- aislamiento, 4.- carcasa

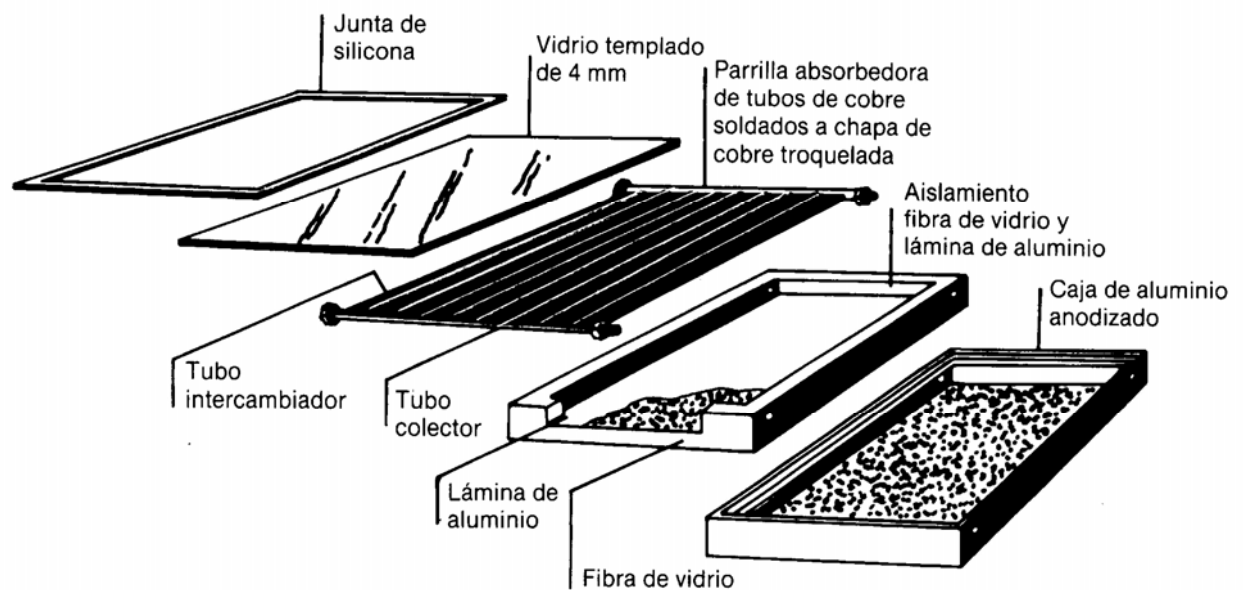


Fig. 5.5.- Despiece de un colector solar.

La radiación solar que llega al captador atraviesa la cubierta transparente, incide sobre la placa absorbente y se transfiere al fluido que circula por el mismo.

Finalmente, tras un estudio de la amplia gama de captadores solares existente en el mercado, para este proyecto se ha elegido el captador solar **3.0 TINOX** de *Stiebel Eltron*. Se ha optado por éste por su precio competitivo y por tener todos sus elementos unas buenas propiedades.

El Instituto nacional de Técnica Aeroespacial I.N.T.A ha ensayado este colector con contraseña de homologación: **NPS-1603**.

La superficie total de captadores necesarios son 319,4 metros cuadrados. A esta superficie corresponde una cantidad total de 120 captadores, colocados en diez filas de doce captadores cada uno. La orientación de todos ellos es sur.

5.2.1. Tipos básicos de instalaciones

Hay dos clasificaciones de los diferentes tipos básicos de instalaciones solares térmicas de baja temperatura, atendiendo a:

- Circulación: termosifón o forzada
- Circuito: directo o indirecto

Los *circuitos directos* son aquellos donde el fluido que circula por los colectores es el mismo que se utiliza en el consumo, mientras que los *circuitos indirectos* son aquellos en los cuales el fluido que circula por los colectores y el que se utiliza para el consumo son distintos, dividiéndose en dos circuitos independientes. Estos circuitos utilizarán fluidos anticongelantes con el fin de evitar daños en el sistema.

Cuando la clasificación atiende al tipo de circulación, éstos se diferencian por el principio que produce el movimiento del agua en el circuito captador.

- *Instalaciones con circulación por termosifón:* Basado en el aprovechamiento de la variación de densidad de un fluido al modificar su temperatura. En el captador, la entrada del fluido caloportador está en el aparte inferior, al calentarse por efecto del sol, el fluido aumenta su temperatura y disminuye su densidad, por lo que tiende a subir. Este efecto es continuo en todo el captador, por lo que el fluido adquiere suficiente inercia como para salir por la parte superior del captador, hasta el serpentín situado en el acumulador, donde cede el

calor al agua contenida en el depósito. Al disminuir la temperatura del fluido, su densidad aumenta y tiende a bajar, con lo que se cierra el circuito de circulación.

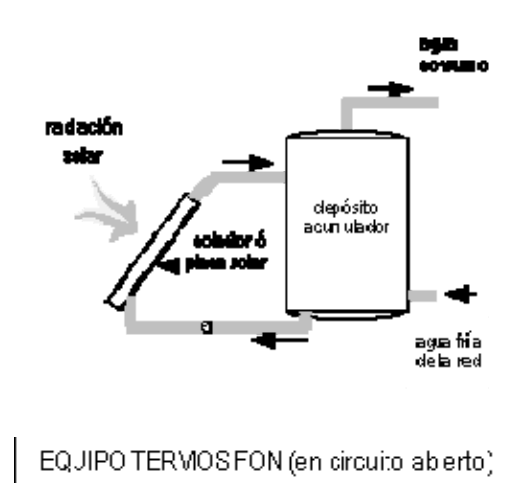


Fig.5.6.-Equipo termosifón

Este tipo de sistema se utiliza en pequeñas instalaciones, sobre todo en equipos compactos.

- *Instalaciones con circulación forzada:* Una bomba en el circuito produce la circulación del fluido. Se utilizan en instalaciones con una cierta entidad.

Dentro de las instalaciones con circulación forzada se puede distinguir entre:

- Instalación con intercambiador de calor incorporado al depósito (tipo serpentín o doble envolvente). Son adecuados para instalaciones pequeñas.
- Instalación con intercambiador de calor externo tipo placas o tubular. Su uso es aconsejable en grandes instalaciones.

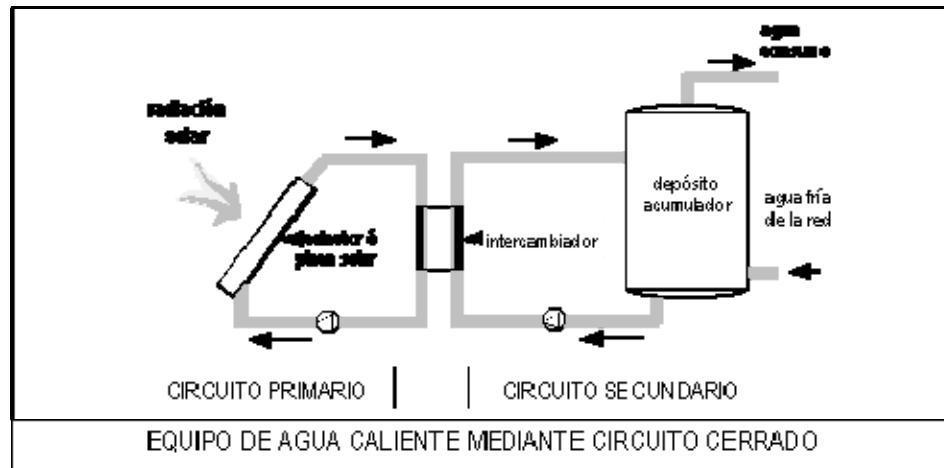


Fig. 5.7.- Instalación con intercambiador de calor externo

5.3.SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Al no coincidir en el tiempo la captación de energía que se obtiene del sol con la necesidad de la misma, se hace imprescindible disponer de un sistema de acumulación que nos permita satisfacer la demanda en los momentos de poca o nula radiación solar.

En los sistemas solares térmicos se utiliza un depósito-acumulador donde se almacena energía en forma de agua caliente. El uso de acumuladores verticales favorece la estratificación del agua, esto es que el agua a mayor temperatura se sitúa en la parte superior mientras que el agua a menor temperatura permanece en la parte inferior.

Un sistema de acumulación óptimo sería aquel que tuviese: una alta capacidad calorífica, volumen reducido, temperatura de operación acorde con la necesidad, una rápida respuesta a la demanda, bajo coste, larga duración y seguridad.

Los materiales utilizados generalmente en la fabricación de los acumuladores son acero, acero inoxidable, aluminio y fibra de vidrio reforzado. El depósito de acero es el más utilizado, debido a su bajo coste, si bien es necesario un tratamiento interior para evitar la corrosión. Aunque cada vez, son más los depósitos de acero inoxidable que se utilizan por poseer todas las cualidades de los depósitos de acero pero sin sus defectos.

El volumen necesario del sistema de almacenamiento de este proyecto es de 20000 litros. Debido a que es un volumen muy grande, se ha optado por colocar cuatro depósitos de 5000 litros cada uno. El modelo de acumulador elegido es el *acumulador para A.C.S Serie "ACS-ACSO"* (IDROGAS).

Se colocarán los cuatro acumuladores en la sala de calefacción y calderas.

5.4.SUBSISTEMA DE INTERCAMBIO

El sistema de transferencia es el que provoca que los acumuladores reciban el calor generado por los captadores solares, por medio del movimiento forzado del fluido caloportador, sin que estos líquidos puedan mezclarse.

Según el sistema de intercambio, las instalaciones solares se pueden clasificar en dos grupos:

- Sistema solar de transferencia directa
- Sistema solar de transferencia indirecta

El caso de este proyecto es el de sistema solar de transferencia indirecta, esto es que existe un intercambiador tal que el fluido del circuito primario no está en contacto con el agua caliente sanitaria. Esto es una de las causas por las que se ha utilizado este

sistema, además para instalaciones de gran volumen de acumulación como es el caso, el intercambiador de calor suele ser externo. Otra ventaja es que si el intercambiador es de placas, al ser externo, se puede aumentar su área de intercambio si fuese necesario.

5.4.1. Intercambiador de calor

Realiza el intercambio de calor entre el líquido del circuito primario y el líquido del circuito secundario.

En una instalación solar se utilizan intercambiadores líquido-líquido, que podemos clasificar según su posición en la instalación, en exteriores e interiores, y según su construcción pueden ser de serpentín helicoidal, de haz tubular, de doble envolvente o de placas.

Las ventajas de un intercambiador con circuitos independientes son:

- La presión de trabajo en los captadores es la adecuada, sin fluctuaciones importantes.
- Utilización de un líquido térmico con anticongelante en el circuito primario, para proteger los colectores de posibles heladas.
- Control del circuito primario.

En instalaciones pequeñas, es aconsejable que el intercambiador se encuentre dentro del acumulador (de serpentín o doble pared). Para instalaciones con dimensiones grandes, se utilizarán intercambiadores independientes, permitiendo obtener la potencia necesaria sin limitaciones. El parámetro que rige esta elección es el coste del equipo.

Se utilizará un intercambiador externo de placas. Estos intercambiadores se caracterizan por:

- Poseer dos circuitos con placas metálicas
- Mantenimiento sencillo, por ser desmontable y reemplazable
- El material de composición es de alta calidad
- Un buen rendimiento
- Permite ampliar la potencia mediante el aumento del número de placas.

El intercambiador de placas está formado por una serie de placas metálicas, normalmente de acero inoxidable. El número de placas se puede aumentar o disminuir según la necesidad.

Los parámetros que definen a un intercambiador son básicamente el rendimiento y la eficacia de intercambio. La eficacia se define como la relación entre la potencia calorífica realmente intercambiada y la máxima que podría intercambiarse teóricamente. Su valor debe estar alrededor de 0,7.

5.5.SUBSISTEMA HIDRÁULICO

El rendimiento del sistema dependerá en un alto grado del buen diseño del circuito hidráulico y de su instalación.

El sistema hidráulico está compuesto por tuberías, bomba de circulación, agua caliente sanitaria, vaso de expansión, purgador desairador, manómetros, termómetro y termostatos, válvulas de paso, válvulas de seguridad , válvulas antirretorno, válvulas de tres vías, grifo de vaciado.

5.5.1. Tuberías

Son las conducciones por donde pasa el fluido caloportador y el agua caliente sanitaria. En su diseño hay que considerar los siguientes factores: material empleado, caudal longitud, seguridad, facilidad para el montaje.

- Los materiales empleados en las conducciones son los siguientes: cobre, acero galvanizado, acero negro, plásticos.
 - El cobre es el material más aconsejable, puesto que presenta características tan importantes como la resistencia a la corrosión, maleabilidad, ductilidad e inocuidad. Además es un material relativamente económico. Las conducciones de cobre serán tubos estirados en frío y uniones por capilaridad según UNE 37153.
 - El acero galvanizado, no se puede utilizar en el circuito primario, puesto que se deteriora a temperaturas superiores a los 65°C
 - El acero negro sólo se suele utilizar en instalaciones con grandes caudales aunque está prohibido su uso en la conducción de agua caliente sanitaria (producen oxidaciones que perjudican la potabilidad del agua)
 - Los plásticos, son la alternativa al cobre, por su similitud en cuanto a sus características y a su precio.
- El caudal, los valores se consideran de un modo aproximado, tomándose como valor estándar entre 40 y 70 litros por hora por colector.
Lógicamente, este dato varía en función de las necesidades.

- La longitud del circuito hidráulico deberá ser lo más pequeña posible, con el fin de minimizar las pérdidas a lo largo de las conducciones.
- Seguridad, existe variaciones importantes de temperatura, el fluido caloportador incide directamente en aumentar la presión del sistema, por esto, se instalan los vasos de expansión. De no menos importancia, es la ausencia de aire en el interior de las tuberías.
- Facilidad para el montaje, es de vital importancia que el diseño permita tanto al instalador como el mantenedor un fácil acceso.

Tanto en el circuito primario como en el secundario, el montaje se hará con total limpieza, para evitar la formación de legionela, bacteria que se da en los sistemas de A.C.S., y cuya temperatura de desarrollo se sitúa en los 37 °C. Para el mantenimiento de la instalación se cumplirá la Norma UNE 100.031 sobre prevención de la legionela.

5.5.2. Aislamiento

Es uno de los aspectos más importantes de la instalación, ya que de su buen funcionamiento dependen las posibles pérdidas caloríficas en los colectores, acumulador y conducciones.

A la hora de elegir el aislamiento los valores a tener en cuenta son: el coeficiente de conductividad, gama de temperaturas, resistencia, fácil colocación y el coste.

El espesor del aislamiento debe cumplir las normas indicadas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), en la ITE 03.12., y en el apéndice 03.1, los espesores mínimos de aislamiento térmico.



Fig. 5.8.- Tipos de Aislamiento

5.5.3. Bombas de circulación.

Las bombas de circulación son las responsables de impulsar al fluido en su paso por el circuito.

En instalaciones de gran tamaño, como ocurre en este proyecto, es recomendable la instalación de otra bomba idéntica y en paralelo con ésta para evitar la parada de la instalación por avería o mal funcionamiento de la bomba.



Fig. 5.9.- Bomba de circulación

5.5.4. Fluido caloportador

Es el fluido que pasa a través de los colectores, absorbe la energía térmica de éstos, la transfiere al circuito secundario a través del intercambiador. Son cuatro los tipos de fluido que se pueden utilizar:

- Agua: Se puede utilizar en circuito abierto, de tal forma que el agua sanitaria pasa por los captadores, utilizando materiales aptos para el transporte del agua potable. El uso de agua es poco rentable por su bajo rendimiento, además la normativa actual prohíbe determinados usos.

El agua también se puede utilizar en circuito cerrado, pero suele presentar problemas de congelación, por eso se utilizan anticongelantes.

- Agua con adición de anticongelante: Es lo que más se suele utilizar, una mezcla de 70% de agua y 30% de líquido anticongelante (glicol, etc.), aunque hay que tener en cuenta su toxicidad, su aumento de viscosidad, aumento de dilatación, disminución de la estabilidad.
- Fluidos orgánicos: Presenta los mismos inconvenientes que el agua con anticongelante, por lo que habrá que mantener las mismas precauciones.

Por otro lado, estos fluido orgánicos pueden presentar riesgo de incendio al ser combustibles, aunque son estables a altas temperaturas.

- Aceites de silicona: Tienen unas características técnicas óptimas, pero tiene un precio elevado.

5.5.5. Vaso de expansión

El vaso de expansión absorbe las dilataciones del fluido caloportador, por eso todas las instalaciones de este tipo se equipan con depósitos de expansión cerrados.



Fig. 5.10.-Vaso de expansión

Existen vasos de expansión abiertos o cerrados. Su capacidad debe ser suficiente para admitir la expansión del líquido caloportador.

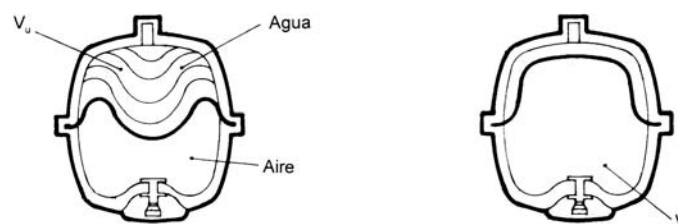


Fig. 5.11.- Funcionamiento en caliente (izquierda) y fría (derecha)

de un depósito de expansión cerrado

Para este proyecto se utilizará un vaso de expansión cerrado por poseer las siguientes ventajas respecto a los abiertos:

- Fácil montaje
- No absorben oxígeno
- Elimina la necesidad de colocar los conductos de seguridad
- Se eliminan las pérdidas de agua por evaporación.

5.5.6. Purgador desairador

La función del purgador no es más que la de evacuar los gases contenidos en el fluido caloportador, que por lo general, forman bolsas que impiden la correcta circulación del fluido, además de provocar corrosiones. Para que funcione correctamente se colocará el purgador en el punto más alto de la instalación.

El desaireador evacua los gases disueltos en el líquido hacia el exterior por el purgador. La fuerza centrífuga lanza el agua hacia las paredes, mientras que el aire, al ser más ligero, se acumula en el centro y asciende a través del mismo, siendo evacuado por el purgador que está situado en la parte superior.

Fig.- 5.12.-Purgador con desairador incorporado.



5.5.7. Manómetros

Son los que dan los valores de la presión en el circuito, kg/cm² o en metros de columna de agua. En este caso se llamaría hidrómetros.

La escala suele estar comprendida entre 0 y 6 kg/cm², si bien no debe llegarse a tan elevada presión, ya que los colectores y el depósito de expansión no suelen soportar presiones mayores de los 4 kg/cm².

5.5.8. Termómetros y termostatos

Los termómetros miden la temperatura del fluido. Los termostatos a su vez son los encargados de transformar una lectura de temperatura en una señal eléctrica que ponga en funcionamiento un determinado mecanismo.

Se clasifican en dos tipos: de contacto e inmersión. Entre los primeros encontramos los de abrazadera los cuales se colocan en contacto con la tubería a través de la citada pieza. Los de inmersión en cambio van introducidos en una vaina

que se coloca en el interior de la tubería, con lo que su fiabilidad es mucho mayor al ser el contacto con el fluido mucho más directo.

5.5.9. Válvulas de paso

Son los elementos encargados de interrumpir total o parcialmente el paso del fluido a través de las conducciones. Los diferentes tipos de las válvulas son de asiento, compuerta, de bola o esfera y de mariposa:

Las válvulas de asiento poseen como elemento obturador un disco que se cierra sobre su asiento. Produce pérdidas de carga importantes, y se utilizan para regular el caudal.

Las válvulas de compuerta tienen un elemento obturador formado por una cuña. Este tipo de válvulas se utiliza como órgano de cierre y nunca como elemento de regulación.



Fig. 5.14.- Válvula de compuerta.

Las válvulas de mariposa constan de un disco que hace de obturador, y provocan una pequeña pérdida de carga.

Las válvulas de bola o esfera se basan en un elemento obturador formado por una bola de acero inoxidable, la cual posee un orificio del mismo diámetro que la

tubería en la que se coloca, por lo que la pérdida de carga es mínima cuando están abiertas.



Fig. 5.15.- Válvula de bola.

5.5.10. Válvula de seguridad

Su función es la de limitar la presión en el circuito y así proteger los componentes del mismo. En nuestro caso los puntos más delicados son el campo de colectores y el vaso de expansión, por lo que se debe de marcar a una presión inferior a la máxima soportada por los citados elementos.

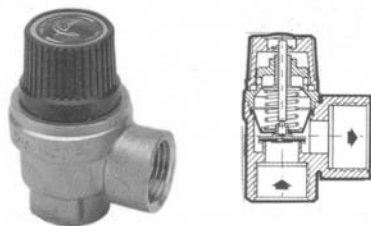


Fig.5.16.-Válvula de seguridad.

Su colocación está obligada por la legislación para todos aquellos circuitos sometidos a presión y a variaciones de temperatura.

5.5.11. Válvulas antirretorno

Son las encargadas de permitir el paso del fluido en un sentido e impedirlo en el contrario. Fundamentalmente las hay de dos tipos, de clapeta y de obús, siendo estas últimas poco aconsejables para el circuito primario debido a su elevada pérdida de carga. Su función principal es la de evitar flujos inversos.

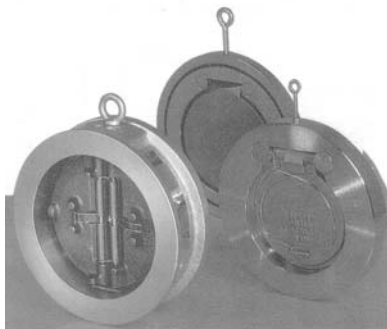


Fig.5.17.- Válvulas de retención

5.5.12. Válvulas de tres vías

Se usan para regular la circulación por distintas conducciones según el momento, suelen estar controladas por una señal eléctrica procedente del regulador diferencial o de un termostato.

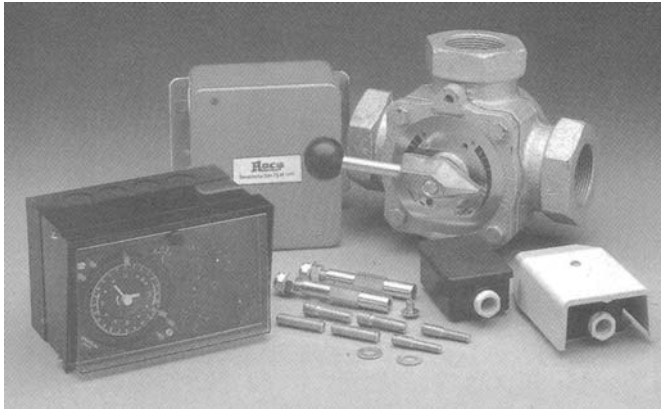


Fig.5.18.- Válvula de tres vías con control automático

5.5.13. Grifo de vaciado

Su utilidad se pone de manifiesto cuando es necesario vaciar el circuito, ya sea el primario o el secundario por labores de mantenimiento o reposición del algún elemento del circuito. Para conseguirlo con rapidez y comodidad se debe de colocar en la parte inferior de los circuitos.



Fig.5.19.-Grifo de vaciado.

5.6.SUBSISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL

La función del sistema de regulación y control no es más que la de dar órdenes de funcionamiento o de parada a la bomba de circulación, según sean las necesidades del acumulador, como puede ser la falta de radiación solar, etc.

El elemento de control se llama Termostato diferencial (TD) o sistema de regulación y control (R).

El principio de funcionamiento del TD, se basa en la comparación de dos medidas de temperatura con dos sondas, situadas una en la salida de los captadores solares y otra en la parte del depósito de acumulación de ACS.

Las sondas son generalmente resistencias variables semiconductoras, NTC (resistencia con el coeficiente de temperatura negativo, o sea, que varía la resistencia con el valor inverso de la temperatura).

El sistema de regulación y control va comparando las temperaturas, cuando la diferencia es igual o superior al valor prefijado, el termostato diferencial hace que la bomba de circulación se ponga en marcha. La bomba se parará cuando la diferencia de temperatura se encuentre en un valor igual o menor que el prefijado para la parada.

Los valores más habituales que el regulador aplica para controlar la maniobra de marcha y paro son:

$$\text{Marcha} \geq 6^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Paro} \leq 2,5^{\circ}\text{C}$$

La otra función del termostato diferencial es la del antihielo, evitando el riesgo de heladas. Cuando la sonda de los captadores alcanza el valor prefijado para las heladas, el termostato pone en marcha la bomba para recircular agua del depósito solar, calentando los captadores y evitando la congelación.

5.7. ESTRUCTURA SOPORTE

Su función es la de sujetar los colectores con la inclinación y orientación calculada en el proyecto. Las características de una buena estructura soporte son las de rapidez de montaje, coste bajo y seguridad en el anclaje y sujeción.

El tipo de anclaje dependerá de la ubicación de los colectores según estén en cubierta o terraza, y dependiendo de las fuerzas que actúen sobre él como consecuencia de la presión del viento a la que se ve sometido. En el caso de este proyecto los captadores se situarán en el tejado. Especialmente debemos de tener cuidado a los esfuerzos de tracción que se producen sobre los anclajes y originado por los vientos que vienen del Norte, debido a que nuestro campo de colectores se halla orientado hacia el Sur.

Junto con la estructura soporte en sí se debe de haber realizado previamente la construcción de los muretes sobre los que se va a apoyar la estructura metálica. Estos deben de ser de hormigón armado con varillas metálicas, y con una sección mínima de 200 x 200 mm.

También es importante dotar a la estructura de una protección contra la corrosión, en el caso generalizado en que esta sea de hierro. Igualmente los materiales de sujeción de los colectores a la estructura deben de ser protegidos de la corrosión o se de acero inoxidable.

6. DATOS DE PARTIDA

6.1. GENERALIDADES

Para llevar a cabo el dimensionado de la instalación se necesitan los siguientes datos:

- Condiciones de uso de la instalación: agua caliente sanitaria
- Datos climatológicos: temperatura del agua de la red, temperatura exterior.
- Datos geográficos: latitud del emplazamiento de los captadores, radiación sobre los captadores.

6.2. CONDICIONES DE USO

6.2.1. Consumo de A.C.S

Según el Anexo IV punto 2 del Pliego De Condiciones De Instalaciones De Baja Temperatura del IDAE contempla un procedimiento para el cálculo de la demanda energética. Además de ese procedimiento, también es lícito obtener los datos a partir del historial de consumo (igualmente contemplado en la norma). Esta elección es la que se ha tomado para este proyecto. A continuación, se expone una tabla donde se puede contemplar el consumo en metros cúbicos de agua caliente sanitaria durante todo un año. Dicho consumo varía según el mes del año, siendo éste mucho mayor durante el verano. Los siguientes datos han sido consultados a la planta de sacrificio de ganado presente en la provincia de Cádiz (Matadero Bahía S.A.)

MES	Nº DE DÍAS DEL MES	CONSUMO A.C.S. (LITROS/DIA)	CONSUMO A.C.S. (M ³ /MES)
ENERO	31	16638,7	515,8
FEBRERO	28	18021,4	504,6
MARZO	31	18309,7	567,6
ABRIL	30	16203,3	486,1
MAYO	31	26812,9	831,2
JUNIO	30	40346,7	1210,4
JULIO	31	39380,6	1220,8
AGOSTO	31	39371,0	1220,5
SEPTIEMBRE	30	32223,3	966,7
OCTUBRE	31	16993,5	526,8
NOVIEMBRE	30	17820,0	534,6
DICIEMBRE	31	17512,9	542,9
TOTAL	365	24969,5	760,7
MEDIA			

Tabla 6.1 Consumo de A.C.S

Por tanto, el consumo de agua caliente sanitaria del matadero anualmente sería de **760,7 metros cúbicos**.

6.2.2. Demanda energética de A.C.S.

La carga de consumo es la demanda térmica que la instalación debe aportar o satisfacer, es decir, el consumo energético que, para el caso del A.C.S. es directamente proporcional al consumo volumétrico

$$Q = m \times Ce \times (\text{Tuso-Tred}) \times n$$

Q = Carga o energía calorífica necesaria (Mj/mes)

m = A.C.S., diaria consumida (m^3 /mes)

Ce = calor específico del agua ($\text{Mj} / ^\circ\text{C m}^3$)

(Tuso-Tred)=Grados que hay que suministrar al agua ($^\circ\text{C}$)

n = Número de días del mes

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

MES	Nº DE DÍAS DEL MES	CONSUMO A.C.S. 3 (M ³ /MES)	Tm(°C)	T FRÍA (°C)	Q ENERGIA CALORIFICA NECESARIA (MJ/MES)
ENERO	31	515,8	45	8	79773,6
FEBRERO	28	504,6	45	9	75932,2
MARZO	31	567,6	45	11	80667,3
ABRIL	30	486,1	45	13	65020,7
MAYO	31	831,2	45	14	107706,9
JUNIO	30	1210,4	45	15	151784,2
JULIO	31	1220,8	45	16	147985,4
AGOSTO	31	1220,5	45	15	153050,7
SEPTIEMBRE	30	966,7	45	14	125265,0
OCTUBRE	31	526,8	45	13	70464,8
NOVIEMBRE	30	534,6	45	11	75977,4
DICIEMBRE	31	542,9	45	8	83964,9
		760,7 MEDIA			1217593,04 TOTAL

Tabla 6.2. Demanda energética

Esos 1217593 Mili julios anuales es la energía necesaria para llevar el agua desde la temperatura de la red hasta 45 grados centígrados. Por tanto, la instalación solar se dimensionará para proporcionar esa energía. Esta temperatura es a la que el sistema solar introducirá el agua en la caldera, de tal forma, que ésta la eleve hasta la

temperatura de servicio (80 grados centígrados). La necesidad total de energía para calentar el agua sería de 2553019 Mili julios mensuales. Por tanto, el sistema solar estaría ahorrando el 47,7% de energía de producción de la caldera.

6.3.DATOS GEOGRÁFICOS

La localización geográfica determinará los siguientes datos en la instalación solar térmica (datos provenientes del Punto 3.1.1 condiciones climáticas, del Pliego De Condiciones De Instalaciones De Baja Temperatura del IDAE):

- Radiación horizontal incide sobre el captador
- Radiación inclinada que incide sobre el captador

6.3.1. Radiación sobre superficie horizontal (H)

En la siguiente tabla se muestra la energía en mega julios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal como media diaria de cada mes:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Cádiz	8,1	11,5	15,7	18,5	22,2	23,8	25,9	23	18,1	14,2	10	7,4	16,5

Tabla 6.2. Radiación sobre superficie horizontal

(Fuente: CENSOLAR)

6.3.2. Radiación sobre superficie horizontal modificada

En este caso se va tener en cuenta que la radiación sobre superficie horizontal modificada va a estar multiplicada por un factor según la ubicación de la instalación solar:

- 0,95 si la instalación está dentro de un casco urbano

- 1,05 si la instalación se encuentra en atmósfera limpia o en zona de montaña
- Coeficientes de corrección más severos en el caso de prever importantes sombras en invierno.

Para el caso en estudio se tendrá en cuenta un factor de corrección de 1,05. El matadero está situado en una zona externa a una gran ciudad, por lo que se considera que se encuentra en atmósfera limpia.

6.3.3. Radiación sobre superficie inclinada

La radiación incidente sobre la superficie inclinada del plano de los colectores se define como la energía total teórica que se puede esperar que incida en un día del mes en estudio, por cada metro cuadrado del captador. Para llegar a calcular este valor, será necesario multiplicar la radiación sobre superficie horizontal **H** (antes calculada) por el coeficiente correspondiente a la inclinación elegida **k**. Este parámetro se extrae de la siguiente tabla:

Latitud: 36 °. Cádiz

Inc	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
10	1.13	1.1	1.07	1.04	1.02	1.01	1.02	1.05	1.08	1.13	1.15	1.15
20	1.22	1.18	1.12	1.06	1.01	.99	1.01	1.06	1.14	1.22	1.28	1.27
30	1.29	1.22	1.13	1.04	.98	.95	.98	1.05	1.16	1.29	1.37	1.36
40	1.32	1.24	1.12	1	.91	.88	.91	1.01	1.16	1.29	1.37	1.36

45	1.34	1.23	1.1	.97	.87	.84	.87	.98	1.14	1.32	1.44	1.43
50	1.34	1.22	1.08	.93	.82	.78	.82	.94	1.12	1.31	1.45	1.44
60	1.31	1.17	1.01	.84	.71	.67	.71	.84	1.5	1.27	1.43	1.42
70	1.25	1.1	.91	.72	.59	.53	.58	.73	.95	1.2	1.37	1.37
80	1.16	1	.79	.59	.44	.39	.44	.59	.82	1.09	1.28	1.29
90	1.05	.87	.65	.44	.29	.23	.28	.44	.68	.96	1.16	1.17

Tabla 6.3. Coeficiente K

(Fuente: CENSOLAR)

La inclinación que mejor resultado da es la de 27 grados. Su cálculo se puede apreciar en el Anexo I.

6.4.CONDICIONES CLIMÁTICAS

El conocimiento de las condiciones climáticas del lugar donde se encuentra ubicada la instalación solar térmica es de vital importancia a la hora de realizar el dimensionado de dicha instalación (datos provenientes del Punto 3.1.1 condiciones climáticas, del Pliego De Condiciones De Instalaciones De Baja Temperatura del IDAE):

- Horas útiles que incide la radiación solar.
- Temperatura ambiente.
- Temperatura del agua de red.

Estos datos se han obtenido de CENSOLAR.

6.4.1. Horas útiles de sol

Se consideran como horas útiles de sol aquellas en las cuales el sol está en el horizonte, sin contabilizar las horas iniciales y finales del día.

Con este parámetro se podrá calcular la intensidad radiante por unidad de superficie y tiempo.

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
De 25° a 45°	8	9	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7,5

Tabla 6.4 Horas útiles de sol

(Fuente: CENSOLAR)

6.4.2. Temperatura ambiente media

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Cádiz	13	15	17	19	21	24	27	27	25	22	18	15	20,3

Tabla 6.5. Temperatura media ambiente

(Fuente: CENSOLAR)

6.4.3. Temperatura del agua de red

La temperatura para el agua de red en la provincia de Cádiz es la siguiente:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año

Cádiz	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12,3
--------------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	-------------

Tabla 6.6. Temperatura del agua de red

(Fuente: CENSOLAR)

6.5. RESUMEN

En las siguientes tablas se resumen todos los parámetros obtenidos hasta ahora.

MES	Nº DE DÍAS DEL MES	H RADIACIÓN HORIZONTAL (MJ/M ²)	H RADIACIÓN HORIZONTAL (KWH/M2)	H' RADIACIÓN MODIFICADA (MJ/M ²)	K FACTOR CORRECIÓN
ENERO	31	8,1	2,25	8,51	1,29
FEBRERO	28	11,5	3,19	12,08	1,22
MARZO	31	15,7	4,36	16,49	1,14
ABRIL	30	18,5	5,14	19,43	1,06
MAYO	31	22,2	6,17	23,31	1,00
JUNIO	30	23,8	6,61	24,99	0,97
JULIO	31	25,9	7,20	27,20	1,00
AGOSTO	31	23	6,39	24,15	1,07
SEPTIEMBRE	30	18,1	5,03	19,01	1,17
OCTUBRE	31	14,2	3,94	14,91	1,28
NOVIEMBRE	30	10	2,78	10,50	1,36
DICIEMBRE	31	7,4	2,06	7,77	1,35

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

MES	Nº DE DÍAS DEL MES	E = k x H RADIACIÓN INCLINADA (kWh / m ² día)	T AMBIENTE (°C)	T FRIA (°C)	CONSUMO A.C.S. (LITROS/DIA)
ENERO	31	11,3967	13	8	16638,7
FEBRERO	28	14,85225	15	9	18021,4
MARZO	31	18,1335	17	11	18309,7
ABRIL	30	18,84225	19	13	16203,3
MAYO	31	20,2797	21	14	26812,9
JUNIO	30	20,9916	24	15	40346,7
JULIO	31	23,65965	27	16	39380,6
AGOSTO	31	23,667	27	15	39371,0
SEPTIEMBRE	30	21,6657	25	14	32223,3
OCTUBRE	31	19,6812	22	13	16993,5
NOVIEMBRE	30	15,12	18	11	17820,0
DICIEMBRE	31	11,1111	15	8	17512,9

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

MES	N° DE DÍAS DEL MES	CONSUMO A.C.S. (LITROS/MES)	CONSUMO A.C.S. (M³/MES)
ENERO	31	515800	515,8
FEBRERO	28	504600	504,6
MARZO	31	567600	567,6
ABRIL	30	486100	486,1
MAYO	31	831200	831,2
JUNIO	30	1210400	1210,4
JULIO	31	1220800	1220,8
AGOSTO	31	1220500	1220,5
SEPTIEMBRE	30	966700	966,7
OCTUBRE	31	526800	526,8
NOVIEMBRE	30	534600	534,6
DICIEMBRE	31	542900	542,9

7. SELECCIÓN DE LA SUPERFICIE DE COLECTORES Y DEL VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

7.1.INTRODUCCIÓN

El captador solar es el elemento fundamental de la instalación solar. Cuando se encuentra cubierto por una cubierta transparente, hecho que ocurre en la mayoría de los casos, basa su principio de funcionamiento en el efecto invernadero.

Por tanto, será de gran relevancia conocer las partes de qué consta un captador, qué criterios debe cumplir para su elección y que alternativas presenta.

7.2.EL CAPTADOR SOLAR PLANO

Los captadores solares son los encargados de convertir la energía del sol en calor. En los captadores planos el fluido de trabajo circula por el interior de los mismos, a través de un circuito interno formado, generalmente, por tuberías.

El efecto invernadero rige la transferencia de calor en el interior de los captadores solares vidriados. Esto ocurre cuando la radiación solar incidente atraviesa la cubierta transparente del captador y queda atrapada en el interior.

La cubierta de los captadores, además de producir el efecto invernadero, protege al absorbedor de la intemperie y disminuye las pérdidas por convección debidas al viento.

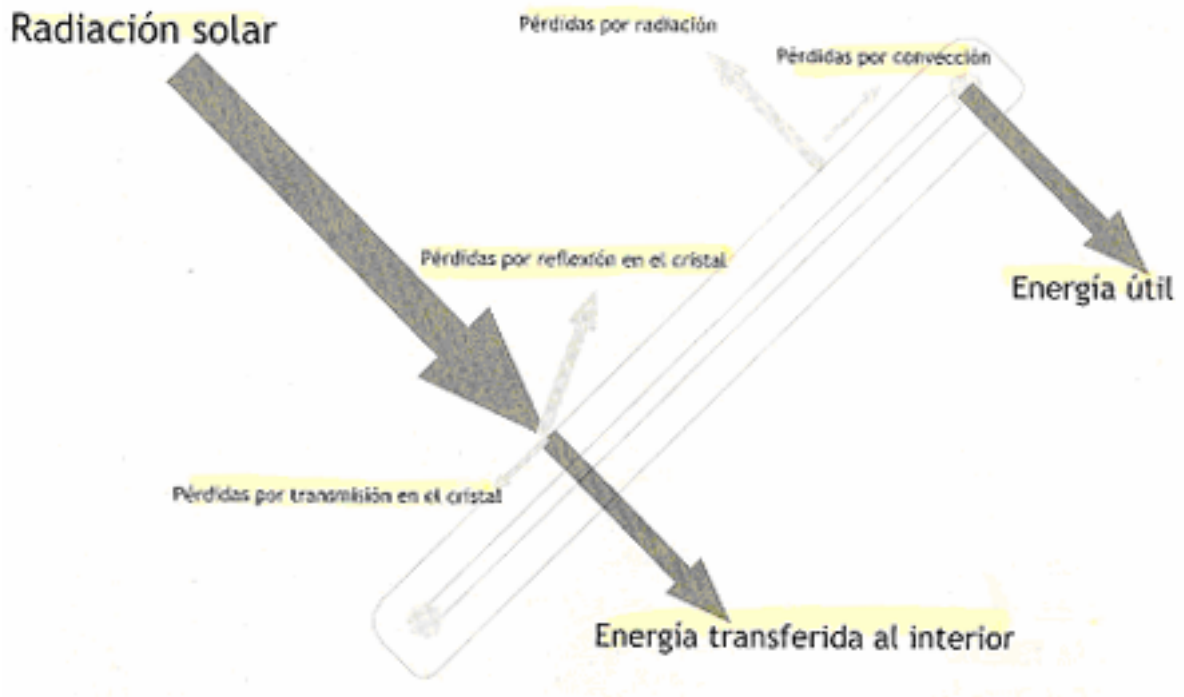


Figura 7.1. Balance de energía en la cubierta.

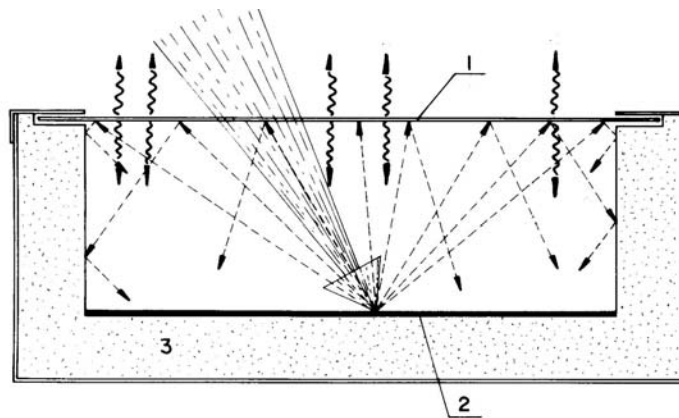


Fig. 7.2.- Ilustración del efecto invernadero en el seno del colector así como sus elementos: 1.- cubierta transparente, 2.- absorbedor, 3.- aislamiento y carcasa.

7.2.1. Componentes de un captador solar plano

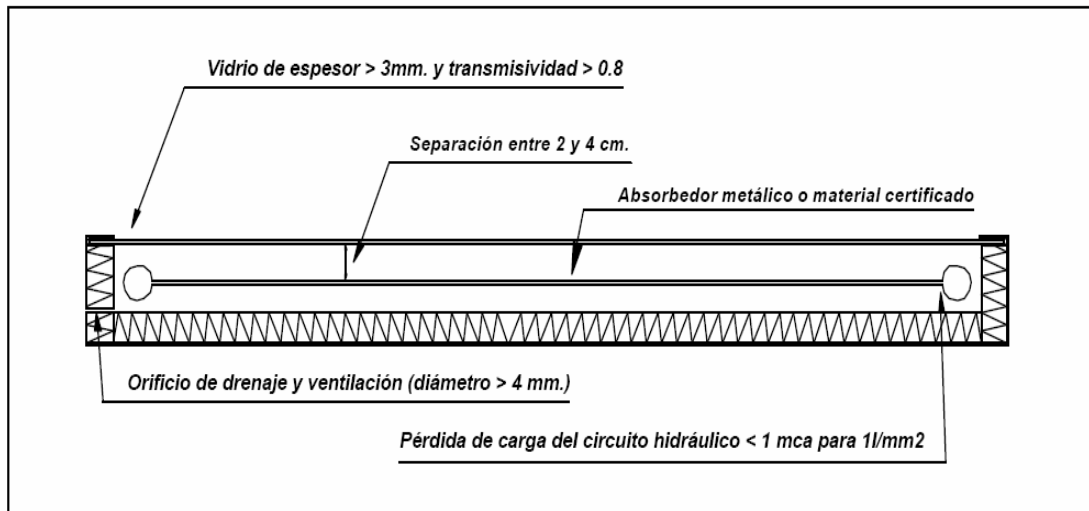


Fig. 7.3.- Principales componentes de un captador solar plano

Los principales componentes de un captador solar plano son los siguientes:

a) La cubierta transparente

La cubierta debe ser de un material que sea transparente a la radiación solar incidente y opaco a la radiación emitida por el absorbedor, con el fin de que se produzca el efecto invernadero en el captador. Asimismo, se reducen las pérdidas por radiación y convección.

Las principales características de la cubierta de los captadores son:

- Durabilidad, para que la cubierta tenga una larga vida, resistiendo los agentes atmosféricos y las variaciones de temperatura en el captador.

- Buena capacidad de aislamiento, para minimizar la emisión de energía desde el captador hacia el exterior.
- Protección, para proteger los elementos que se encuentran en el captador
- Alta absorptividad y baja reflectividad, para que la mayor parte de la radiación incidente pueda ser transferida en forma de calor al fluido de trabajo.

En la actualidad, los fabricantes suelen utilizar cristales templados de bajo contenido en hierro. Su fin es el de agregar a la propiedades de resistencia mecánica de los materiales templados, eficientes fracciones de absorptividad de los materiales con un bajo contenido en hierro.

Para que no disminuya el rendimiento, la cubierta transparente necesita de una limpieza periódica de su superficie exterior, para la eliminar la suciedad externa.

Es posible la deposición en la superficie interior de los captadores, producidas principalmente por condensación del vapor de agua o por el desprendimiento de gases desde el aislamiento. Esto debe evitarse, empleando aislamientos que no desprendan gases por efecto de la temperatura. La condensación también debe evitarse mediante el empleo de taladros u otras formas de aireación en el marco del captador.

b) El aislamiento

La principal función del aislamiento es la de reducir las pérdidas de calor al exterior. Por tanto, habrá que dotar de aislamiento en todas aquellas zonas del captador que no necesiten ser transparentes a la radiación solar, es decir, el fondo y los laterales.

Los principales materiales que se utilizan actualmente son las espumas de poliuretano, las resinas de melamina y la lana de roca.

Para elegir que aislamiento usar se tienen en cuenta dos características: Coeficiente de aislamiento y temperatura de trabajo máxima.

Para reducir las pérdidas para un espesor predeterminado la elección del material deberá regirse por el principio de mayor coeficiente de aislamiento (baja conductividad).

El efecto de temperaturas altas es de vital importancia en el aislamiento en la parte posterior del captador. Por eso, es crucial conseguir un aislamiento que sea capaz de soportar la máxima temperatura que se pueda generar en un captador, cuando se den condiciones de estancamiento. De este hecho dependen la durabilidad del aislamiento del captador y la permanencia del rendimiento energético del captador con el tiempo.

Asimismo, se procura que el aislamiento no emita gases por efecto de la temperatura, que pueda ensuciar el vidrio del captador. Además, el aislamiento debe ser hidrófobo, para que no pueda provocar una reducción en sus propiedades de aislamiento por absorción de la humedad del ambiente.

Por último, es de gran interés el sellado entre las diferentes capas de aislamiento, con el fin de evitar puentes térmicos en el interior del captador. Para esta tarea, se usan adhesivos que no sufran con la elevada temperatura y no degraden el aislamiento.

c) El absorbedor.

El elemento encargado de recoger la radiación solar y transferir el calor, de forma eficiente, al fluido de trabajo que circula por el interior del captador solar, es el absorbedor. El fluido caloportador debe estar confinado en el interior del captador, y conducido de forma que recorra la mayor parte de la superficie absorbidora.

Se distinguen dos tipos de configuraciones: parrilla de tubos o serpentines (captadores en meandros). La configuración más empleada es la de parrilla de tubos verticales, paralelos entre sí, que comienzan y termina en dos tubos de mayor diámetro, llamados distribuidores. El fluido caloportador penetra por el distribuidor inferior, repartiéndose por cada uno de los tubos verticales, recorriendo en sentido vertical el absorbedor y calentándose, terminando en el distribuidor superior, que dará salida al fluido hacia el siguiente captador en la batería de captadores.

Los absorbedores en serpentín o meandro presentan la particularidad de lograr un mayor calentamiento de cada partícula fluida, que recorre en su totalidad la superficie absorbidora, a costa de una mayor pérdida de

carga en el interior del captador, que limitará el número de equipos que puedan conectarse en paralelo.

Existen tres forma de unión entra la placa absorbadora y la parrilla de tubos.

1. Una única placa abosrbedora dispuesta sobre los tubos de la parrilla
2. Una única placa absorbadora situada sobre los tubos del captador, rodeando en parte el perímetro de esto tubos.
3. Por cada tubo se dispone de una aleta que puede abrazar, o no, al perímetro de los tubos verticales.

d) La carcasa

La carcasa es la que contienen todos los elementos que forma el captador solar, y da rigidez al mismo. Además permite que el captador sea fijado a una estructura soporte para su correcta fijación.

El material que forme la carcasa debe soportar la acción de los agentes atmosféricos y de la radiación solar, impidiendo el deterioro con el paso del tiempo.

La mayor parte de fabricantes emplean aluminio anodizado para formar la carcasa del captador.

7.2.2. Tratamiento Del Absorbedor

Se realiza un buen tratamiento sobre la placa absorbadora, de tal forma que se permita la mayor absorción de la radiación incidente.

Los captadores solares pueden ser con y sin tratamiento. De este modo, los tratamientos son: pinturas negras especiales para aplicaciones solares o con tratamientos selectivos, que proporcionan una absorción elevada en longitudes de onda corta y una baja emisividad en longitudes de onda larga.

Debido a la propiedad que tienen los metales de reflejar la luz en un rango de longitudes de onda muy amplio, los absorbedores metálicos deben estar provistos de un tratamiento que absorba la radiación solar, de manera muy importante, en el rango de longitudes de onda en que la energía solar alcanza sus valores máximos. Por este motivo, al principio los captadores solares térmicos recibían un tratamiento con pintura negra.

Al mismo tiempo, la principal característica de un buen tratamiento selectivo es una alta absorción de la radiación solar y una baja emisión de calor por radiación, en la zona de los infrarrojos.

Ambas regiones se presentan a longitudes de onda muy diferentes, de modo que puede emplearse un material que actúe con filtro en la zona de emisiones de calor, evitando las pérdidas, y que sea muy transparente en la zona del espectro donde se encuentra la radiación solar.

La capacidad de separar estas dos funciones, es decir, de absorber la radiación solar y de reducir las pérdidas de calor por radiación es lo que se conoce como tratamiento selectivo.

Este comportamiento se describe en función de dos conceptos, la absorptividad y la emisividad. En la siguiente tabla se disponen los valores de los diferentes tipos de tratamiento que se emplean en la actualidad y que se han desarrollado en los últimos años:

Producto	Tratamiento	Absorbedor	Absortividad	Emisividad
Cromo negro	Cromo negro sobre níquel	Cobre	0.95	0.12
Maxorb	Níquel negro	Aluminio	0.97	0.11
Black Crystal	Níquel	Cobre	0.95	0.10
Sun Strip New	Níquel	Aluminio	0.95	0.10
Tinos	Tinos	Cobre	0.95	0.05

Sunselect	Óxido de titanio	Cobre	0.95	0.05
------------------	-------------------------	--------------	-------------	-------------

Tabla 7.4. Características de distintos tratamientos selectivos

El tratamiento selectivo se suele utilizar en aquellas circunstancias de bajas condiciones de radiación y/o altas temperaturas de utilización. En otras circunstancias, se puede utilizar pintura negra.

Hoy en día, la mayoría de tratamientos selectivos tienen una absorptividad de 0.95 o superior y una emisividad de 0.05 a 0.12.

Los tratamientos a base de pinturas negras tienen una absorptividad de 0,9 a 0,95, similar a los tratamientos selectivos, pero su emisividad suele variar entre 0,85 y 0,95.

7.3.RECOPIACIÓN DE DATOS

Para poder calcular la “carga calorífica necesaria por mes” se necesitan los siguientes datos, anteriormente calculados:

- Demanda energética
- Temperatura de la red
- Temperatura demanda

El “calor útil medio que se obtiene con el captador por mes” se obtiene a partir de:

- Intensidad radiante

- Temp. Ambiente media
- Temp. De uso necesaria
- Rendimiento del captador.

Con estos dos parámetros se está en condiciones de dimensionar la superficie captadora necesaria y el volumen de acumulación solar.

7.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL CAPTADOR

Para poder llevar a cabo el dimensionado es imprescindible elegir un captador solar. La elección del captador está influenciada por los siguientes factores:

- i) Durabilidad y rendimiento, establecida en ensayos realizados por laboratorios homologados de prestigio. El captador solar debe tener un alto rendimiento energético, el cual debe mantenerse durante el tiempo de vida de la instalación.
- ii) Facilidad de montaje y manipulación. Esto conllevará consigo facilidad de mantenimiento. Este factor debe reducir los costes de mano de obra de instalación.
- iii) Garantía y servicio post-venta del fabricante, que va a permitir reclamaciones por defectos de fabricación en caso de haberlos.

Para este proyecto se ha elegido un colector de los tantos que cumplen estas condiciones. En concreto, se ha optado por el captador solar de alto rendimiento **ESCOSOL 3.0 TINOX** con contraseña de homologación NPS-1603. Sus principales características son las siguientes:

Modelo	Dimensiones (mm)	Superficie bruta (m^2)	Superficie neta(m^2)	Peso(Kg)	Capacidad(L)
3.0 Tinox	2300x1240x77	2,85	2,66	67	1,60

.Tabla 7.5.-Datos técnicos del colector

- Carcasa de aluminio anodizado, especialmente resistente en condiciones climáticas no favorables (humedad elevada, zonas cerca del mar).

- Importante aislamiento lateral y trasero (20mm fibra de vidrio y 40mm fibra de piedra respectivamente) el cual minimiza las pérdidas térmicas en lugares con estaciones y periodos de bajas temperaturas.

- Cristal solar prismático, resistente a granizados (cristal temperado).

- Absorbedor de tubos de cobre y aletas con revestimiento selectivo de titanio. Este tipo de absorbedor particularmente es idóneo para lugares con alta irradiación difusa y temperaturas bajas, llegando a absorber hasta un 16% más de irradiación solar durante los meses invernales, en comparación con los sencillos absorbedores de cromo negro.

7.4.1. Rendimiento del captador

La ecuación del rendimiento del captador es un dato que lo suministra el fabricante del captador.

La relación que existe entre la energía aportada al fluido caloportador y la energía solar que incide sobre el captador, es el rendimiento de un captador. La ecuación simplificada del rendimiento es:

$$\eta \equiv b - c \cdot x$$

$$b = Fr \cdot (\tau \cdot \alpha) \quad \text{Factor de ganancia}$$

$$c = U_L \quad \text{Factor de pérdidas}$$

$$x = \frac{Te - Ta}{I} \quad \text{Variable, representa el eje de abscisas}$$

donde,

τ Transmitancia de la cubierta transparente.

α Absortancia de la placa absorbente.

Fr Factor de eficiencia o coeficiente de transporte de calor. Es un factor correctivo que permite utilizar la ecuación del rendimiento en función de la temperatura media del fluido en lugar de la temperatura de la placa absorbedora, más difícil de calcular.

U_L Coeficiente de pérdidas ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

Te Temperatura media del fluido ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

Ta Temperatura ambiente ($^\circ C$)

I Irradiación sobre superficie inclinada (W/m^2)

Una forma muy común de expresar el rendimiento del captador es utilizando un coeficiente normalizado, U_0 , cuyo valor es $10 W/m^2 \cdot ^\circ C.$, quedando los coeficientes de la siguiente manera:

$$b = Fr \cdot (\tau \cdot \alpha) \quad \text{Factor de ganancia}$$

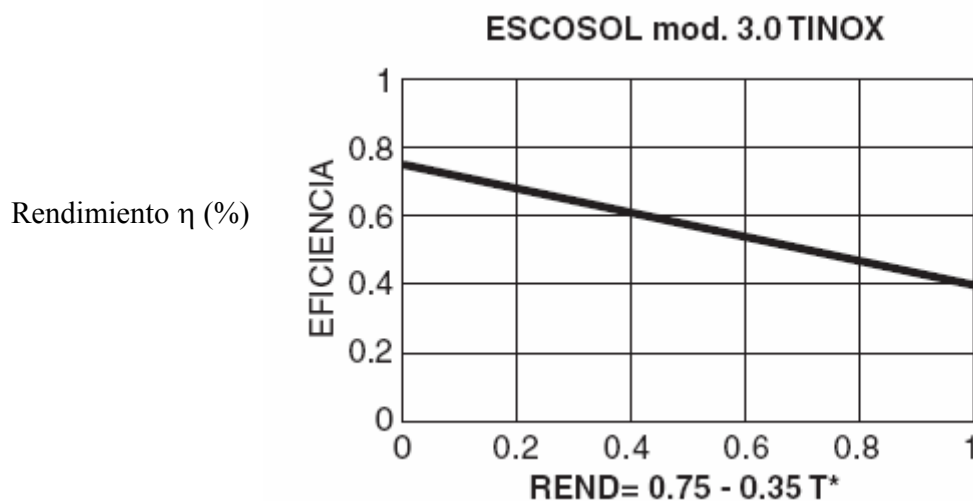
$$c = U_L / U_0 \quad \text{Factor de pérdidas}$$

$$x = \frac{T_m - T_a}{I} U_0$$

Por tanto, en el captador conviene que el factor de ganancia sea muy grande, por el contrario, el factor de pérdidas debe ser lo más pequeño posible.

La curva de rendimiento para el colector escogido es:

$$\eta \equiv 0,75 - 0,35 \cdot x$$



$$x = \frac{T_m - T_a}{I} U_0$$

Fig. 7.6. Curva rendimiento del colector (Fuente: Fabricante Salvador Escosol)

7.4.2. Rendimiento mensual del captador

Entre los parámetros requeridos para el cálculo del rendimiento mensual del captador se encuentran algunos que van a depender de la época del año:

- La temperatura ambiente media mensual, T_a , de la ciudad donde se instalen los captadores
- La temperatura media del fluido en el captador, T_e . Este valor se calcula como la media aritmética de la temperatura del fluido a la entrada y a la salida del captador ($^{\circ}\text{C}$). Ésta será la temperatura a la que se demanda la carga energética.
- La intensidad radiante, I , por unidad de superficie y tiempo (W/m^2). Esto no es más que la radiación incidente sobre superficie inclinada entre las horas útiles de sol.
- La curva de rendimiento del captador que se va a instalar: $\eta \equiv b - c \cdot x$

Radiación incidente sobre superficie inclinada. Punto 6.3.3

$$I \equiv \frac{E(kWh / m^2 día) \times 10^3}{\text{Horas útiles de sol}}$$

Punto 6.4.1

El rendimiento mensual se calcula a partir de la ecuación de rendimiento del colector facilitada por el fabricante:

$$\eta \equiv 0,75 - 0,35 \cdot x, \text{ donde } x = \frac{T_m - T_a}{I} U_0 \cdot$$

En la siguiente tabla se muestran cada uno de los datos necesarios para calcular el rendimiento. Esos datos están calculados para cada mes, de ahí que se especifique el rendimiento mensual.

MES	Nº DE DÍAS DEL MES	E=k x H RADIACION INCLINADA (kWh / m ² día)	HORAS UTILES DE SOL (h)	I (W/M2)	Ta (°C)	Tm(°c)	RENDIMIENTO CADA MES
ENERO	31	11,0	8	381,0	13	45	0,46

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

FEBRERO	28	14,7	9	454,7	15	45	0,52
MARZO	31	18,8	9	580,0	17	45	0,58
ABRIL	30	20,6	9	635,5	19	45	0,61
MAYO	31	23,3	9,5	681,6	21	45	0,63
JUNIO	30	24,2	9,5	708,8	24	45	0,65
JULIO	31	27,2	9,5	795,2	27	45	0,67
AGOSTO	31	25,8	9,5	755,6	27	45	0,67
SEPTIEMBRE	30	22,2	9	686,3	25	45	0,65
OCTUBRE	31	19,1	9	589,0	22	45	0,61
NOVIEMBRE	30	14,3	8	495,8	18	45	0,56
DICIEMBRE	31	10,5	7,5	388,5	15	45	0,48

Tabla 7.7. Rendimiento mensual

7.4.3. Calor útil medio en el captador

La ecuación que define el calor que se obtiene con el captador por unidad de superficie en cada uno de los meses es:

$$Q_{\text{captador}} = E \times \eta$$

Radiación incidente sobre superficie inclinada en ese mes

Rendimiento del captador en ese mes.

Si a esta ecuación se le aplica un coeficiente de pérdidas globales de un 10 % (valor estimado según bibliografía) por distribución, intercambio y acumulación. Entonces el calor que se obtiene será:

$$Q_{\text{útil}} = 0.9 E \times \eta$$

El calor total mensual proporcionado por los captadores ($Q_{\text{útil}}$) será igual al calor diario (Q_{captador}) proporcionado por el número de días del mes en cuestión.

MES	Q energía calorífica necesaria (Mj/mes)	Q captador (Mj/m2)	Q útil (Mj/m2)
ENERO	79773,6	4,3	119,5
FEBRERO	75932,2	6,8	170,3
MARZO	80667,3	9,7	270,1
ABRIL	65020,7	10,6	285,5
MAYO	107706,9	11,8	329,7

JUNIO	151784,2	12,9	348,5
JULIO	147985,4	15,5	433,5
AGOSTO	153050,7	15,5	433,7
SEPTIEMBRE	125265,0	13,8	372,5
OCTUBRE	70464,8	11,7	327,3
NOVIEMBRE	75977,4	8,0	215,0
DICIEMBRE	83964,9	4,6	129,2
TOTAL	1217593,04		3434,91

Tabla 7.8. Calor útil en el captador.

7.4.4. Superficie y número de captadores necesarios

El cálculo de la superficie captadora necesaria se realizará de forma que se procure no superar el 100% de aporte solar para cada uno de los meses del año, buscando el 100% en el mes más favorable (abril, mínima demanda energética y máxima radiación solar).

Conociendo la energía total necesaria anual y la energía solar útil anual, se puede calcular la superficie de colectores, mientras que el número de colectores se hallará dividiendo la superficie calculada entre la superficie útil del colector.

$$\text{Superficie total de captadores necesarios (m}^2\text{)} = \frac{\text{Energía necesaria anual}}{\text{Energía útil solar anual}} = \frac{Q}{Q \text{ útil}}$$

$$\text{Número de captadores necesarios} = \frac{\text{Superficie total necesaria}}{\text{Superficie útil del captador}}$$

La superficie de captación se seleccionará de forma que, eligiendo adecuadamente el número de captadores, resulte una distribución homogénea del campo de captadores, resultando baterías compuestas por el mismo número de elementos.

La superficie total de captadores necesarios son **314,93** metros cuadrados. A esta superficie corresponde una cantidad total de 118,39 captadores. Para que el número de captadores sea exacto y estos se puedan disponer de forma adecuada, la superficie real de captadores será de **319,2 m²** y el número real de colectores será **120**.

$$\text{Superficie total de captadores necesarios (m2)} = \frac{1217593,04}{3434,91} = 314,93 \text{ m}^2.$$

$$\text{Número de captadores necesarios} = \frac{314,93}{2,66} = 118,39 \text{ captadores}$$

7.4.5. Aporte solar y déficit de energía

Para conocer el grado de cobertura de la instalación solar y el déficit energético, se necesita conocer la demanda de energía anual y la energía neta total solar. La energía solar total mensual se obtiene multiplicando la superficie real por la energía neta por unidad de superficie (Q útil).

$$\text{Grado de cobertura solar} = (\text{energía solar mensual} / \text{energía necesaria mensual}) \times 100$$

El grado de cobertura solar, en definitiva, expresa cuál es el grado de energía que aporta el sistema solar con respecto a las necesidades energéticas.

$$\text{Déficit energético} = \text{Energía necesaria mensual} - \text{energía solar mensual}$$

El déficit energético es la cantidad de energía que debe aportar la caldera.

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

MES	Q energía calorífica necesaria (Mj/mes)	Energía solar total mensual (Mj/m²)	Grado de cobertura solar (%)	Déficit energético (Mj/m²)
ENERO	79773,6	44555	56	35219
FEBRERO	75932,2	61508	81	14424
MARZO	80667,3	97245	100	0
ABRIL	65020,7	107682	100	0
MAYO	107706,9	130109	100	0
JUNIO	151784,2	135020	89	16764
JULIO	147985,4	162454	100	0
AGOSTO	153050,7	153407	100	0
SEPTIEMBRE	125265,0	124182	99	1083
OCTUBRE	70464,8	104245	100	0
NOVIEMBRE	75977,4	68847	91	7130
DICIEMBRE	83964,9	44814	53	39150

TOTAL	1217593,04			113770,4
--------------	-------------------	--	--	-----------------

La suma de todos los valores de déficit energético mensuales representa la energía auxiliar que se necesita en un año, en proporción a la energía total necesaria anual:

$$\text{Déficit energético} = \frac{\sum \text{Déficit energético mensual} = 113770,4}{\sum \text{Demanda energética} = 1217593,04} \times 100 = 9,34\%$$

y, por lo tanto, el ahorro de energía debido al aporte solar será:

$$\text{Aporte solar} = 100 - 9,34 = 90,66 \%$$

Evidentemente, este dato de aporte solar es para la temperatura de 45 °C, ya que el objetivo del proyecto es introducir la alimentación de la caldera a esa temperatura.

La demanda de energía térmica, la energía solar térmica aportada, la fracción solar y el rendimiento anual son los datos calculados anteriormente. Estos parámetros son los que el Pliego De Condiciones De Instalaciones De Baja Temperatura del IDAE propone, independiente del método de cálculo utilizado.

7.5. DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN

El dimensionado del depósito de acumulación energética, constituye un factor decisivo en el diseño de un equipo solar.

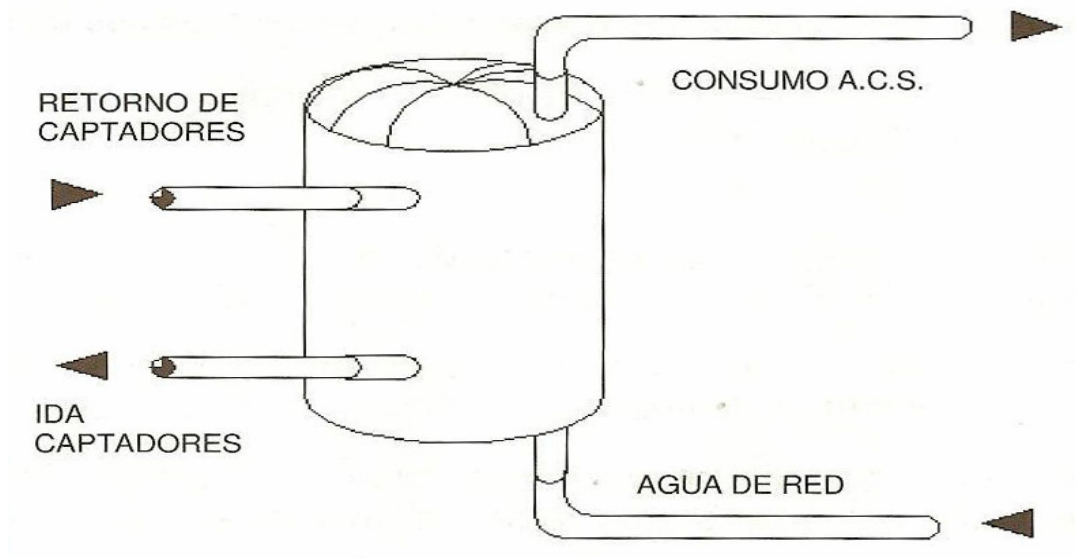


Fig.7.9. Distribución de un acumulador

En el caso de este proyecto se seguirá el reglamento de instalaciones térmicas de los edificios (RITE) en su apartador ITE 10.1.3.2. Esta norma dice que el volumen del depósito acumulador se determina considerando los factores de servicio:

- Coincidencia entre los periodos de captación y el de consumo, en este caso el volumen específico del acumulador será de 35 a 50 litros por metro cuadrado de captador solar
- Desfases entre captación solar y consumo no superiores a las 24 horas, en este caso el volumen específico del acumulador será de 50 a 75 litros por metro cuadrado de captador solar

- Desfases entre captación y consumos habituales o periódicos, estimados superiores a 24 horas e inferiores a 72 (calentamiento de agua en procesos industriales), en este caso el volumen específico del acumulador será de 75 a 150 litros metro cuadrado de captador solar.
- Desfase entre captación y consumo superiores a 72 horas, en este caso el volumen óptimo del acumulador se determinará por medio de un balance de pérdidas y ganancias energéticas mediando, al propio tiempo, la optimización del aislamiento del mismo.

En aplicaciones de A.C.S., según ITE 10.1.3.2, se debe cumplir la relación $0,8 \leq V/M \leq 1$, es decir, $0,8M \leq V \leq M$. Por tanto, se escogerá aquel acumulador (V), que más se aproxime a la carga de consumo diario medio de A.C.S. (M).

M=25000 litros/día; **$20000 \leq V \leq 25000$**

Se van a elegir 20000 litros para el sistema de acumulación. Como norma, el volumen de acumulación estará comprendido entre el 80% y el 100% del consumo medio diario de los meses más desfavorables.

El volumen de acumulación podrá fraccionarse en dos o más depósitos, que se conectarán preferentemente en serie. En el caso que se conecten en paralelo, se harán por el sistema de retorno invertido para equilibrar la pérdida de carga en las conexiones.

7.6. REQUISITO DEL IDAE

En el punto 3.1.2 del pliego del IDAE se establece que el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

Donde;

V es el volumen del depósito de acumulación

A es el área de los colectores

En el caso de este proyecto;

$$V/A = 20000 / 319,2 = 62,7$$

Con ello se cumple el criterio requerido por el IDAE.

7.7. RESUMEN DE DATOS

El rendimiento de cada mes del captador es:

MES	Nº DE DÍAS DEL MES	E=k x H RADIACION INCLINADA (kWh / m ² día)	HORAS UTILES DE SOL (h)	I (W/M2)	Ta (°C)	Tm(°c)	RENDIMIENTO CADA MES
ENERO	31	11,0	8	381,0	13	45	0,46
FEBRERO	28	14,7	9	454,7	15	45	0,52
MARZO	31	18,8	9	580,0	17	45	0,58

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

ABRIL	30	20,6	9	635,5	19	45	0,61
MAYO	31	23,3	9,5	681,6	21	45	0,63
JUNIO	30	24,2	9,5	708,8	24	45	0,65
JULIO	31	27,2	9,5	795,2	27	45	0,67
AGOSTO	31	25,8	9,5	755,6	27	45	0,67
SEPTIEMBRE	30	22,2	9	686,3	25	45	0,65
OCTUBRE	31	19,1	9	589,0	22	45	0,61
NOVIEMBRE	30	14,3	8	495,8	18	45	0,56
DICIEMBRE	31	10,5	7,5	388,5	15	45	0,48

A continuación, se detalla la energía calorífica necesaria mensual y anual, la energía proporciona el captador diariamente, mensualmente y anualmente.

MES	Q energía calorífica necesaria (Mj/mes)	Q captador (Mj/m ²)	Q útil (Mj/m ²)
ENERO	79773,6	4,3	119,5
FEBRERO	75932,2	6,8	170,3
MARZO	80667,3	9,7	270,1
ABRIL	65020,7	10,6	285,5
MAYO	107706,9	11,8	329,7
JUNIO	151784,2	12,9	348,5
JULIO	147985,4	15,5	433,5
AGOSTO	153050,7	15,5	433,7
SEPTIEMBRE	125265,0	13,8	372,5

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

OCTUBRE	70464,8	11,7	327,3
NOVIEMBRE	75977,4	8,0	215,0
DICIEMBRE	83964,9	4,6	129,2
TOTAL	1217593,04		3434,91

El área de colectores y el número total de colectores es:

1217593,04

$$\text{Superficie total de captadores necesarios (m}^2\text{)} = \frac{\quad}{3434,91} = 314,93 \text{ m}^2.$$

$$\text{Número de captadores necesarios} = \frac{314,93}{2,66} = 118,39 \text{ captadores}$$

Para que el número de captadores sea exacto y se puedan disponer uniformemente al final se instalarán 120 colectores, que corresponden a 319,2 metros cuadrados.

El grado de cobertura solar mensual y anual junto con el déficit energético mensual y anual se detallan en la siguiente tabla. Más abajo se puede observar el déficit energético anual en tanto por ciento y el aporte solar anual en tanto por ciento.

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

MES	Q energía calorífica necesaria (Mj/mes)	Energía solar total mensual (Mj/m ²)	Grado de cobertura solar (%)	Déficit energético (Mj/m ²)
ENERO	79773,6	44555	56	35219
FEBRERO	75932,2	61508	81	14424
MARZO	80667,3	97245	100	0
ABRIL	65020,7	107682	100	0
MAYO	107706,9	130109	100	0
JUNIO	151784,2	135020	89	16764
JULIO	147985,4	162454	100	0
AGOSTO	153050,7	153407	100	0
SEPTIEMBRE	125265,0	124182	99	1083
OCTUBRE	70464,8	104245	100	0
NOVIEMBRE	75977,4	68847	91	7130
DICIEMBRE	83964,9	44814	53	39150
TOTAL	1217593,04			113770,4

-Déficit energético

$$\frac{\sum \text{Déficit energético mensual} = 113770,4}{\sum \text{Demanda energética} = 1217593,04} = 9.34\%$$

-Aporte solar

$$100 - 9,34 = 90,66 \%$$

8. DISEÑO DE LAS INTALACIONES

8.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

Todo lo expresado a continuación cumple la normativa del Pliego de Condiciones del IDAE en su punto 3.2. y esta basado en dicha norma.

8.1.1. Distancia mínima entre captadores solares

Para sacar el máximo rendimiento al sistema de captación de energía solar hay que optimizar la incidencias de sombras, para ello se procurará que éstas sean mínimas.

Las sombras no van a provocar una ausencia de operatividad en los captadores térmicos, incluso si éstas llegan a un 25 %. Lo que está claro que provocarán es una disminución del rendimiento. Por supuesto, esa disminución será mucho mayor al mediodía.

8.1.1.1. Orientación e inclinación de captadores solares

El Pliego de Condiciones Técnicas de instalaciones de Baja Temperatura del IDAE en su punto 3.2.2, explica cuales son las directrices en cuanto a orientación e inclinación. Los captadores solares se situarán de manera que se aproveche al máximo la radiación solar durante el periodo anual. Preferentemente se orientarán hacia el Sur geográfico, desviaciones de hasta 20° hacia el sudoeste o sudeste con respecto a la orientación sur no afectan sensiblemente al rendimiento y a la energía térmica aportada por el equipo solar.

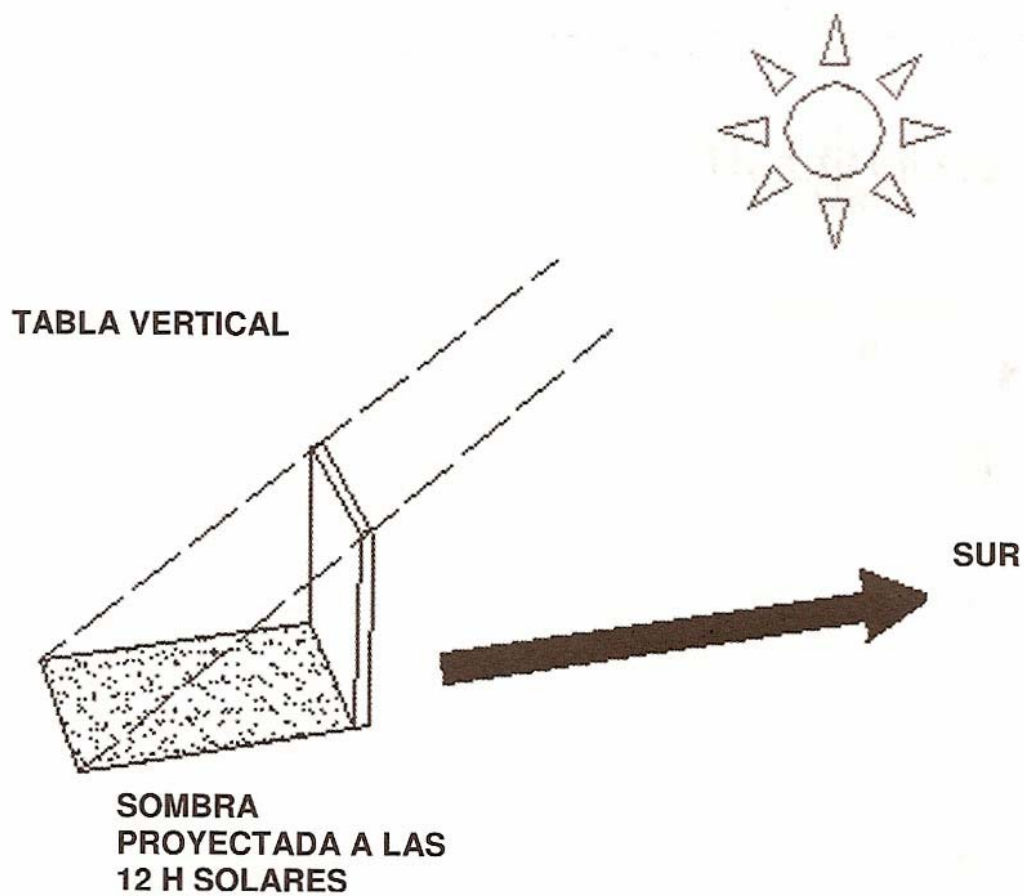


Fig. 8.1. Orientación de los captadores solares

Se procurará que la radiación solar incida de forma perpendicular sobre la superficie del captador al mediodía solar. El ángulo de inclinación vendrá dado según la utilización, y por supuesto, según la ITE 10 punto 10.1.3.1 del RITE (Reglamento de instalaciones Térmicas de los edificios):

UTILIZACIÓN	ÁNGULO DE INCLINACIÓN
Todo el año (ACS)	Latitud del lugar
Invierno (Calefacción)	Latitud del lugar + 10°
Verano (Piscinas descubiertas/Hoteles)	Latitud del lugar -10°

Tabla 8.2. Elección del ángulo de inclinación

Variaciones de 10° arriba o abajo con respecto a la inclinación óptima no van a afectar de manera significativa al rendimiento y a la energía térmica útil aportada. Si se considerasen desviaciones mayores deberían compensarse con mayor superficie de captadores. Como ya se comentó, la inclinación será de 27° y la orientación será **sur** (latitud de Cádiz 37°)

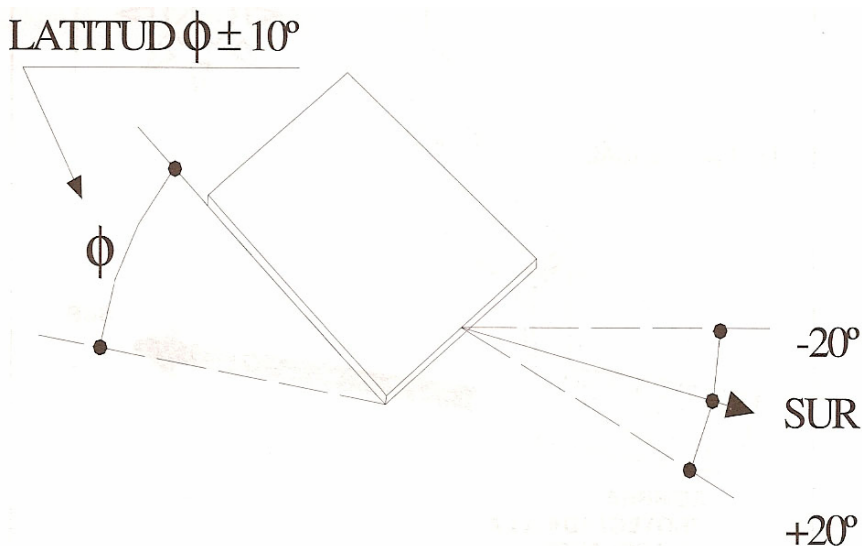


Fig.

8.3. Orientación de los captadores solares respecto a la latitud

8.1.1.2. Determinación de las sombras

En general, el diseño debe asegurar que en el día más desfavorable de utilización, el equipo no exceda del 5% de la superficie útil cubierta por sombras.

La existencia de sombras proyectadas sobre los captadores, pueden ser por dos causas:

- Sombras entre captadores
- Obstáculos próximos

El cálculo de las sombras se realizará a partir de lo siguiente:

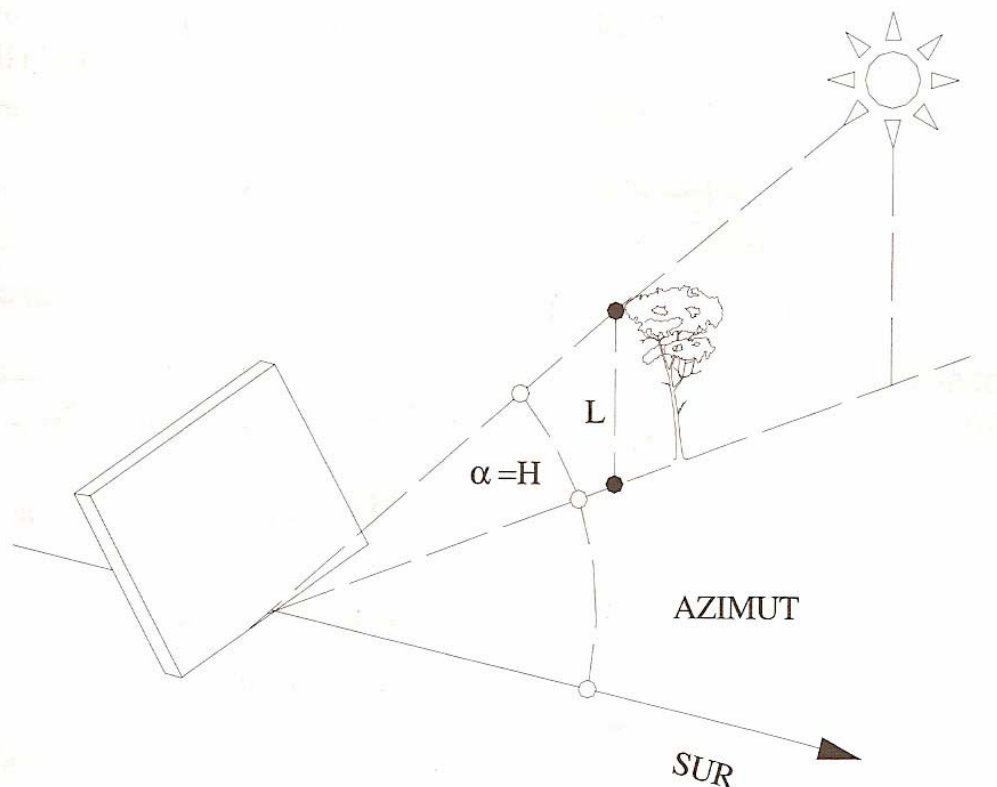


Fig. 8.4. Sombra proyectada en un colector

Donde:

L es la altura del objeto que interpone entre el sol y el panel solar

H es el ángulo α que forma el sol con el captador solar

$$\text{La sombra proyectada} = \frac{L}{\text{Tangente H}}$$

8.1.1.3. Distancia mínima

El verdadero problema que se plantea es que las sombras de los captadores de las filas delanteras tengan repercusión en las filas inmediatamente anteriores, restando eficacia al conjunto de la instalación térmica. Para evitar esto, hay que determinar cuál será la distancia mínima entre baterías de captadores.

El aspecto más importante en la separación entre captadores, son los días más desfavorables. Esta premisa se cumple en los meses de noviembre, diciembre y enero. Cómo el equipo se va utilizar todo el año hay que descubrir cuando se da el peor caso. Las sombras más largas se dan en el día más corto del año ya que el sol hace un recorrido más bajo, por tanto, el día más desfavorable corresponde al 21 de diciembre. En este día, la altura solar mínima al mediodía solar tiene el siguiente valor:

$$H_{\text{mínima}} = (90^\circ - \text{latitud del lugar}) - 23^\circ$$

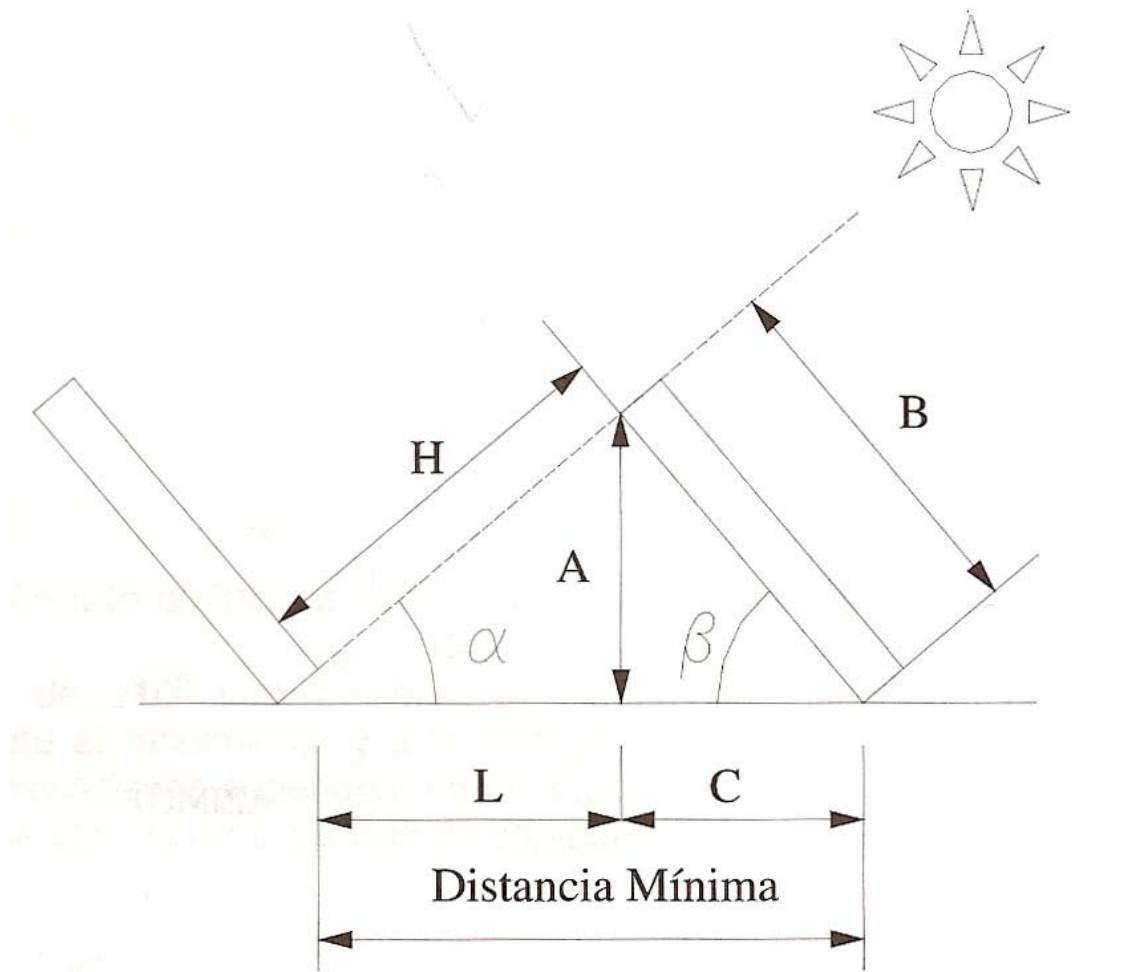


Fig. 8.5. Distancia mínima entre captadores solares.

En el ángulo α tenemos que:

A = es el cateto opuesto

L = es el cateto contiguo

H = es la hipotenusa

En el ángulo β tenemos que:

A = es el cateto opuesto

C = es el cateto contiguo

B= es la hipotenusa

La distancia mínima entre líneas de captadores, para que la fila anterior no proyecte sombras en la posterior, se determina mediante la formula:

$$\tan \alpha_{\min} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\frac{A}{H}}{\frac{L}{H}} = \frac{A}{L} = \frac{\text{Sen} \beta \cdot B}{\text{Distancia} \cdot \text{mínima} - B \cos \beta}$$

La distancia mínima = L+C

Por otra parte: $\cos \beta = \frac{C}{B}$ $C = \cos \beta \cdot B$

$L = \text{Distancia mínima} - B \cos \beta$

Si se desarrolla y la sustituimos quedará del modo siguiente:

$$\text{Distancia} \cdot \text{mínima} = B \cos \beta + \frac{B \text{Sen} \beta}{\tan \alpha_{\min}}$$

Para los datos del proyecto, el cálculo sería el siguiente:

$$H_{\text{mínima}} = (90^\circ - 37^\circ) - 23^\circ = 30^\circ$$

$$\text{Distancia} \cdot \text{mínima} = 2,3m \cos 27^\circ + \frac{2,3m \text{Sen} 45^\circ}{\tan 27^\circ} = 5,24m$$

Existe otra forma de calcular la distancia mínima entre captadores solares, según ITE 10.1.3.1 (RITE):

La separación entre filas de colectores será igual o mayor que el valor obtenido mediante la expresión:

$$d = k \times h$$

Siendo:

d= la separación entre filas

h= la altura del captador solar

k= un coeficiente cuyo valor se obtiene en la tabla adjunta, a partir de la inclinación de los captadores solares con respecto a un plano horizontal.

Inclinación (°)	20	25	30	35	40	45	50	55
Coeficiente k	1,532	1,632	1,732	1,813	1,879	1,932	1,970	1,992

Tabla 8.6. Coeficiente k para separación entre filas.

Fuente :IDAE

$$d = 1,672 \times 2,3 = 3,85 \text{ m}$$

La distancia entre captadores calculada es de 3,85 m, por cuestión de ahorro de espacio se elige el valor calculado según la norma.

8.1.2. Estructura, apoyo y montaje de los captadores solares

Las estructuras soportes tiene la función de sujetar los colectores con la inclinación y orientación calculada. Dicha estructura será adecuada siempre que tenga como principales características la rapidez en el montaje, coste bajo, seguridad en el anclaje y adecuada sujeción.

El tipo de anclaje a utilizar en una instalación de este tipo, dependerá de la ubicación de los colectores, es decir, si éstos están en la cubierta o en la terraza. En este proyecto las placas se situarán en el tejado de la factoría. El factor más importante va a ser la presión del viento. Sobre todo, hay que prestar especial atención a los esfuerzos de tracción que se producen sobre los anclajes originados por los vientos del norte, ya que la instalación de colectores está diseñada para situarse hacia el sur.

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

Los puntos de sujeción del captador son los suficientes en número para que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante.

Los topes de sujeción de captadores y la propia estructura no arrojan sombra sobre los captadores.

8.1.2.1. Cálculo de las fuerzas aplicadas a un captador solar

La fuerza que actúa sobre un colector se calcula a partir de la siguiente expresión

$$F = p S \text{ sen}\alpha$$

Donde:

$f=$ es la fuerza del viento que incide perpendicularmente a la superficie vertical

$p=$ es la presión frontal del viento y que es función de la velocidad del mismo.

S= es la superficie del colector

α = es el ángulo de inclinación del colector con la horizontal

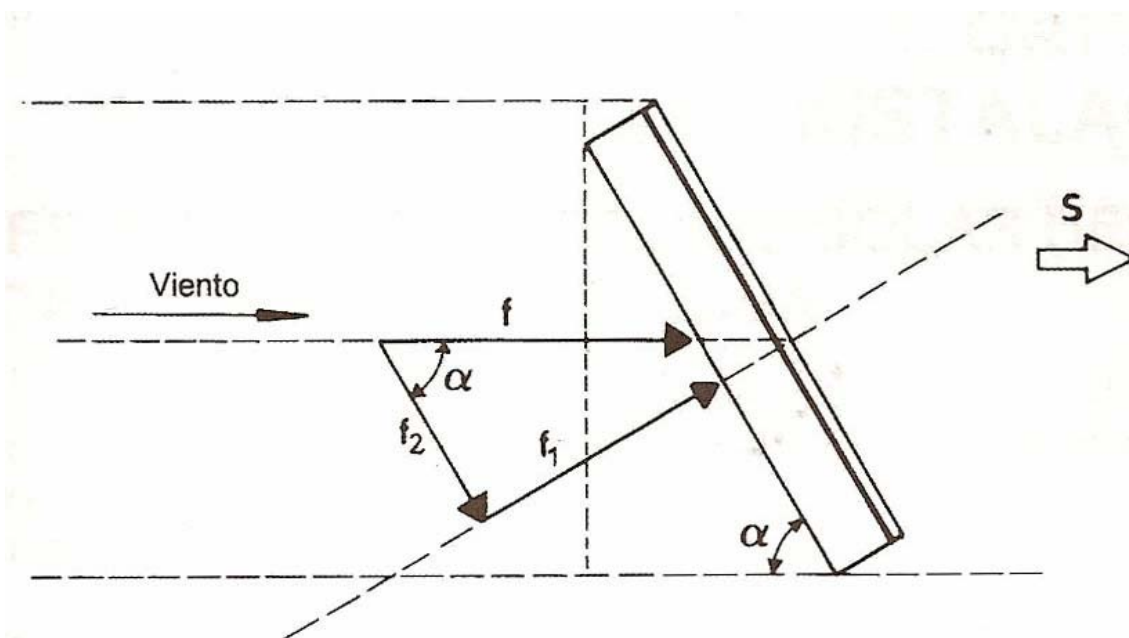


Fig. 8.7.- Conjunto de fuerzas aplicadas sobre el captador debido al viento

La siguiente tabla relaciona la velocidad del viento en Km/h con la presión frontal del mismo en N/m². Dicha tabla permite determinar la presión frontal:

Velocidad Km./h	Presión N/m ²
25	145
50	291
100	583

120	00
140	816

Tabla 8.8.- Relación velocidad del viento con la presión frontal.

Para poder determinar la presión frontal, se supone una velocidad máxima de 120 Km./h, lo que equivale a una presión frontal del viento de unos 700 N/m²

$$f = 700N / m^2 \cdot 2,32m^2 \cdot \text{sen}45^\circ$$

$$f = 700 \cdot 2,32m^2 \cdot 0,707 = 1148,17N$$

Al estar sustentado por cuatro apoyos:

$$287,04 N \text{ por apoyo.}$$

Con esta sujeción por apoyo se equilibra la presión ejercida por el viento.

8.1.2.2. Conexión de los captadores

El conexionado entre captadores será en paralelo. Esta configuración se unirá a un diseño hidráulico con la técnica de retorno invertido. Esto se hace así, para asegurar que los colectores funcionan de una manera similar. Para ello, el circuito de entrada se dirige al captador más lejano para, a partir de ese colector, distribuir el fluido a todas las baterías de colectores por su parte baja.

El retorno se produce por la parte superior opuesta a la conexión de entrada de las baterías, en sentido contrario al circuito de ida, de tal forma, que el colector que recibe primero el fluido caloportador de la corriente fría, es el último en proporcionar el

fluido caliente. Este tipo de configuración evita la instalación de válvulas de equilibrado de caudal.

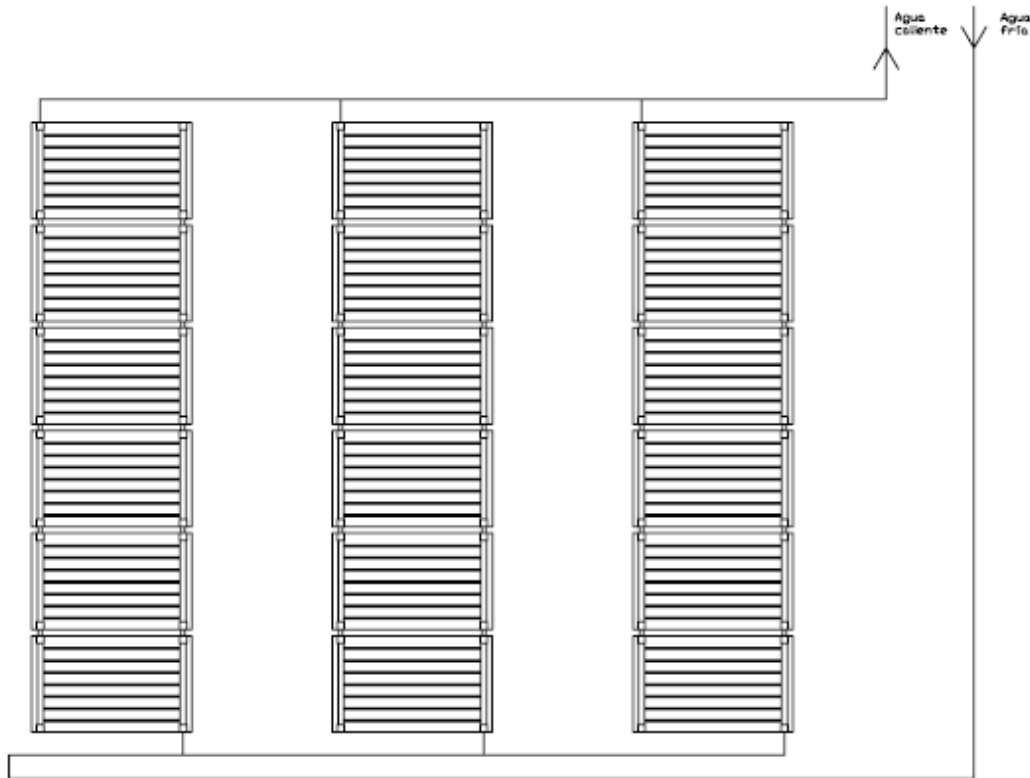


Figura 8.9.- Configuración con retorno invertido.

8.2.DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN

8.2.1. Introducción

Las instalaciones solares térmicas necesitan de un sistema de acumulación, ya que por sí solos no son capaces de producir instantáneamente el agua caliente necesaria para el consumo. Además de esto, estos sistemas permiten disponer de agua caliente independientemente de las condiciones de irradiación en cada instante. Es decir, el sistema de acumulación es el que almacena el calor instantáneo transferido desde los captadores solares. Para el diseño del sistema de acumulación el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE en su punto 3.3 explica brevemente los requisitos básicos de éste.

Además también se tendrá en cuenta el punto 4 del Anexo VII. En ambas normas, se basa lo expuesto a continuación.

8.2.2. Factores de diseño

Los factores de diseño que se han tenido en cuenta para conseguir un sistema de acumulación optimizado son los siguientes:

- Los acumuladores deben tener un nivel de resistencia mecánica suficiente en condiciones de máxima presión y máxima temperatura.
- Protección ante corrosiones y degradaciones. Los materiales en el interior de los acumuladores en contacto directo con el agua, deben estar tratados adecuadamente, de lo contrario éstos pueden tener una composición que sea agresiva por acidez, cloruros, etc... Si el tratamiento no es el idóneo, pueden aparecer microporos e incluso la perforación del depósito de acumulación debido a la corrosión interna. En la zona externa, el acumulador lleva un revestimiento que lo protege tanto mecánica como térmicamente, de esta forma se intentan evitar pérdidas de calor en el fluido almacenado.
- La geometría del depósito. En el exterior, se tiende a equipos verticales, en los que la relación base/altura es lo menor posible, de esta forma, se favorece la estratificación. En el interior, se ponen las medidas necesarias para que no se de una mezcla excesiva o una circulación inadecuada. Es muy importante, la correcta ubicación de las conexiones de alimentación, entrada y salida.

Los problemas más comunes que se dan en los sistemas de acumulación vienen provocados por la no aplicación de los puntos anteriores.

8.2.3. Funcionamiento

Aparte de los factores de diseño, existen una serie de factores de funcionamiento de vital importancia en el comportamiento real del sistema:

a) Ubicación y condiciones de montaje

Los depósitos de acumulación se van a colocar lo más cerca posible del campo de colectores. A su vez, estarán cercanos a los puntos de consumo, así como dentro de un local interior aislado, para evitar pérdidas de calor y minimizar el coste del aislamiento del equipo. Por este hecho, los cuatro acumuladores se colocarán en la sala de máquina del matadero, donde se encuentra la caldera. La distribución de los mismos se puede observar en el plano de la sala de máquinas.

b) Capacidad de estratificación

Para conseguir una buena capacidad de estratificación se utilizarán depósitos de acumulación verticales, además se evitarán las mezclas en el interior durante el proceso de calentamiento.

El objetivo es que el agua que sale del tanque hacia consumo, lo haga a la mayor temperatura posible, mientras la que retorna hacia el intercambio con la instalación solar lo haga a la menor temperatura posible, de esta forma aumenta el rendimiento de los colectores.

c) Mezcla

Para que no se produzca el fenómeno de mezcla, se incorporan elementos difusores que reducen la fuerza con la que entra el agua fría de la red al depósito de acumulación. Este fenómeno es contrario al de estratificación.

d) Circulación interior

Las conexiones de entrada y salida de los depósitos de acumulación son las correctas, evitando la circulación del fluido por caminos preferentes que provocan calentamientos desiguales y mala estratificación.

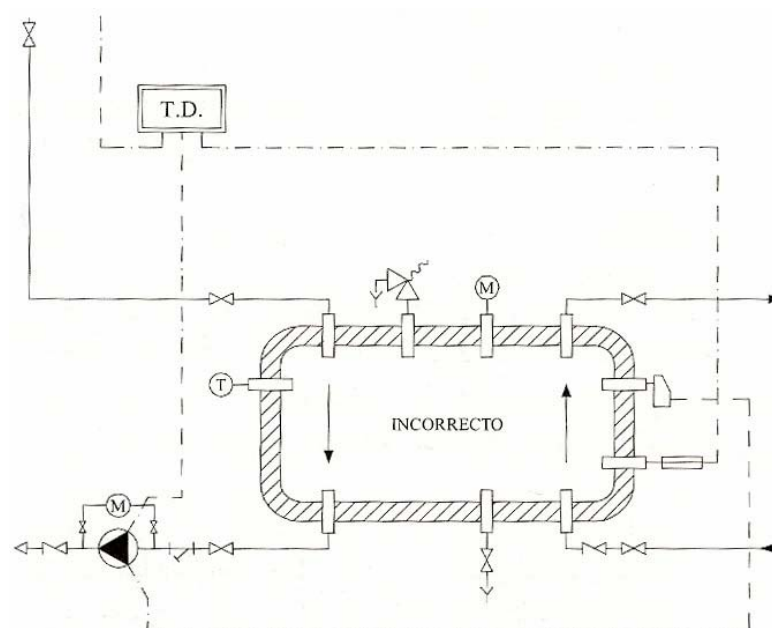


Figura 8.10.- Conexiones de entrada y salida incorrectas

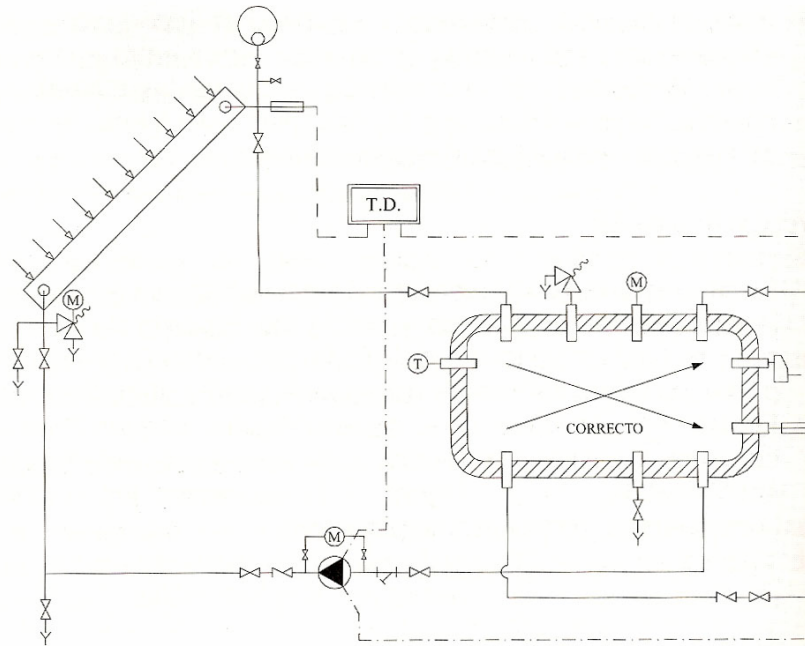


Figura 8.11.- Conexiones de entrada y salida correctas.

e) Conexiones

Para evitar la pérdida de estratificación por temperatura en los tanques y aprovechar al máximo la energía captada, las tomas para la distintas conexiones cumplen lo siguiente:

- la conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador se realiza a una altura comprendida entre el 50% y el 75 % de la altura total del mismo.
- La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador se realizará por la parte inferior de éste.
- La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.

La posición de las conexiones de entrada y salida se disponen de forma que se eviten los caminos preferenciales de circulación de fluido.

El acumulador solar se fijará verticalmente, de forma que se mejore la estratificación en el interior del mismo.

Debido a la existencia de más de un acumulador, la conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

f) Pérdidas de calor

Los acumuladores están aislados adecuadamente con el tipo y espesor de aislamiento que indican las especificaciones técnicas correspondientes. Se va a instalar en un local interior para que las pérdidas sean menores que en el exterior.

8.2.4. Tipos de acumuladores

8.2.4.1. En función del sistema de intercambio

a) Acumuladores sin intercambiador o de circuito abierto

Este tipo de acumuladores se suelen utilizar únicamente para almacenar el agua que viene de otro acumulador o de un intercambiador de placas.

Tendrá un intercambio de calor externo cuyo rendimiento será menor que el de un intercambiador interno.

Sin embargo, para instalaciones grandes, con un volumen superior a 1.000 litros se suelen utilizar este tipo de acumuladores, ya que, el coste de fabricación de

acumuladores con intercambiador interno pueden ser mucho mayores. Por eso, para la instalación de este proyecto se utilizarán acumuladores de este tipo, ya que el volumen de acumulación es muy grande.

b) Interacumuladores de intercambio simple

Son equipos esenciales en sistemas de producción de agua caliente de hasta cierto tamaño.

Existen dos tipos de acumuladores:

1.-Modelos con serpentín. Suelen tener disposición vertical.

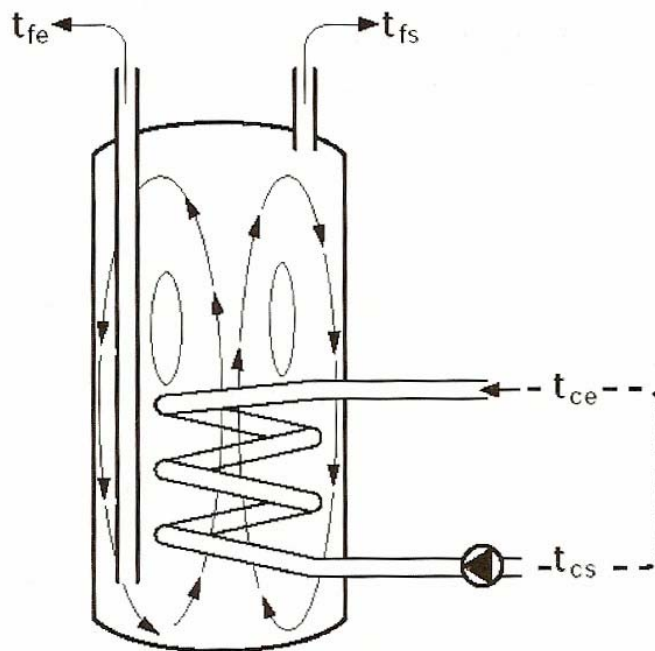


Figura 8.12.- Acumulador de simple serpentín

2.-De doble envolvente. Se suelen utilizar en equipos termosifón, con configuración horizontal

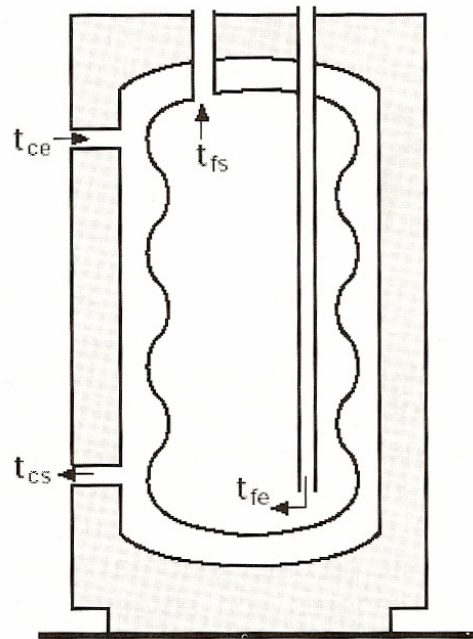


Figura 8.13.- Acumulador de doble pared

c) Interacumuladores con doble Intercambio

Los interacumuladores con doble intercambio constan de dos elementos de transmisión de calor, dos serpentines, alimentados por dos fuentes de calor independientes.

Se suelen utilizar en instalaciones de tamaño medio o pequeño, donde uno de los serpentines se alimenta con el fluido caloportador que recorre los captadores solares y el otro lo hace con el fluido que proviene del sistema auxiliar de apoyo. Esto da un rendimiento óptimo.

Estos equipos se disponen de forma vertical.

8.2.4.2. En función del material

El acero con tratamiento esmaltado o vitrificado y el acero inoxidable son los materiales más empleados.

El otro material que se utiliza en el mercado es el cobre. Se empezó a utilizar a partir de los años 90, aunque su uso se ha ido encauzando hacia los serpentines. Esto es así porque de los tres materiales citados anteriormente, el cobre es el que tiene mayor conductividad térmica (K), 23 veces más mayor que la del acero inoxidable. Dado que la efectividad de los serpentines está directamente relacionada con el intercambio de calor, será el cobre el material utilizado en los serpentines.

a) Acumuladores de acero con tratamiento esmaltado o vitrificado.

En cuanto al proceso de fabricación; en primer lugar, se aplica una primera película de níquel sobre el acero. El fin de esto, no es más que conseguir un mayor agarre del tratamiento en los pasos posteriores. En segundo lugar, el acero se sumerge en una serie de cubas donde se absorbe la capa de esmaltado. Para finalizar, el acero es horneado y secado. En muchas ocasiones, este proceso se realiza por duplicado, sin repetir la película de níquel. La causa es la de conseguir una mayor resistencia a la corrosión y oxidación.

Cuando este proceso no se hace de forma adecuada pueden aparecer ciertos problemas a largo plazo:

- Discontinuidad en la película vitrificada
- Adherencia no adecuada de la capa de esmaltado, con el posible desligado de ésta.

- Aparición de poros, básicos para que se den corrosión y oxidación. Por medio de los poros, el agua puede llegar a tener contacto directo con el acero sin tratar.

.. Se utilizan ánodos de sacrificio de protección catódica, para que no aparezca el fenómeno de corrosión en esos microporos. Éste ánodo de sacrificio deberá ser controlada de forma continuada.

.. Este ánodo se compone de magnesio, elemento deseable para la oxidación, cubriendo los poros cuando se disuelve. Hay que hacer un control periódico, ya que el magnesio con el paso del tiempo se va consumiendo.

b) Acumuladores de acero inoxidable

Se utiliza el acero inoxidable ferrítico, con una composición de hierro, cromo, molibdeno y ausencia de níquel.

Pueden aparecer fenómenos de oxidación y corrosión por picaduras debido a:

- Alto contenido en cromo que provoca ineficacia ante la oxidación.
- Sensibilidad del acero inoxidable ante aguas de alto contenido de cloruros.

Aguas con pH ácidos no son recomendables, ya que, pueden acarrear un envejecimiento más rápido del deseado.

Este tipo de acumuladores se suele proteger con sistemas de protección catódica activos.

8.2.5. Especificaciones de los acumuladores.

El pliego de condiciones del IDAE contempla los siguientes acumuladores:

1. Acumuladores de acero vitrificado de volumen inferior a 1000 litros
2. Acumuladores de acero con tratamiento epoxídico
3. Acumuladores de acero inoxidable
4. Acumuladores de cobre
5. Acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable.
6. Acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, sin agua de consumo).

Cada uno de los acumuladores del sistema de acumulación deberá venir equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección.

Según normativa, el acumulador viene equipado con los siguientes manguitos, como mínimo:

1. Manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.
2. Registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.
3. Manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario.
4. Manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato.
5. Manguito para el vaciado.

En lo que se refiere a la protección exterior, el acumulador está completamente cubierto con material de tipo aislante.

En cumplimiento de la normativa IDAE, todos los acumuladores irán equipados con la protección catódica establecida por el fabricante para garantizar la durabilidad del acumulador.

8.2.6. Factores decisivos en la elección del acumulador

Los criterios a tener en consideración a la hora de elegir el material del acumulador son:

1. Se emplearán acumuladores vitrificados cuando se necesite un volumen pequeño
2. Para las aplicaciones de mayor tamaño se utilizarán equipos de acero inoxidable
3. No obstante, se evitará el empleo del acero inoxidable cuando la calidad del agua sea baja.

Los criterios a seguir a la hora de elegir el modelo de intercambio:

1. Cuando la instalación no supere los 1500 litros de acumulación, se tenderá a utilizar acumuladores con intercambiador incorporado
2. Cuando el volumen de acumulación sea muy grande, se dispondrán acumuladores sin intercambiador de calor.

La circulación interior del agua se verá favorecida con equipos verticales.

8.2.7. Acumulador seleccionado

Para la realización de este proyecto se utilizarán cuatro *acumuladores para A.C.S Serie “ACS-ACSO”* (IDROGAS) de 5000 litros cada uno.

Uno de los principales hechos por lo que se ha elegido este acumulador es por su precio asequible en relación a sus principales características.

El acumulador IDROGA de 5000 litros, permite su instalación tanto de forma vertical como horizontal. Como ya se ha mencionado, el acumulador se ha proyectado verticalmente, para favorecer la estratificación y evitar mezclas en el interior. La temperatura estándar de acumulación es de 60°, pero soporta temperaturas mayores.

Son acumuladores sin intercambiador de calor incorporado, ya que, si se dispusiesen de cuatro acumuladores con intercambiador, el precio final sería muy elevado. El hecho de que el volumen de acumulación sea de 20000 litros, supone una instalación de acumulación con un tamaño considerable. Por eso, es recomendable utilizar acumuladores sin intercambiador en instalaciones de más de 1500 litros de acumulación. Además de este hecho, el disponer de un intercambiador de calor externo, permite un control más exhaustivo de éste y se puede modificar sus características en función de las necesidades.

El acumulador IDROGAS es de acero inoxidable con tratamiento esmaltado orgánico, muy común en el mercado. La protección catódica del acumulador se realiza a través de ánodos de magnesio, con ello se evita la corrosión.

El aislamiento es de 50mm de espesor de poliuretano flexible, suficiente para evitar pérdidas.

Por último, el acumulador viene con tres años de garantía.

8.3.DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO.

8.3.1. Introducción

En todas las instalaciones de energía solar térmica, salvo en el caso de calentamiento de piscinas al aire libre con captadores de materiales plásticos, es necesaria la incorporación de un intercambiador que permita tener dos circuitos independientes.

La transmisión de calor se produce cuando existe un intercambio energético entre dos cuerpos o sustancias que poseen temperaturas diferentes. Es fundamental que haya una diferencia de temperatura entre ambos cuerpos, de tal forma que uno de los cuerpos gane energía y el otro la pierda. Según la primera ley de la termodinámica el calor desprendido por un cuerpo debe ser igual al absorbido por el otro. La segunda ley de la termodinámica exige que la transmisión de calor se produzca desde el sistema más caliente hacia el más frío.

El proceso de transmisión de calor se produce por conducción, convección y radiación.

Todo lo expuesto a continuación se rige por el anexo VII punto 4 del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Bajas Temperaturas del IDAE, norma que describe como debe ser el intercambiador de calor.

Para el diseño del intercambiador, además se tendrá en cuenta el punto 3.4 del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Bajas Temperaturas del IDAE.

8.3.2. El intercambiador de calor

El intercambiador de calor seleccionado resiste la presión máxima de trabajo de la instalación. El material del intercambiador resistirá la temperatura máxima de trabajo del circuito primario, el intercambiador utilizado en el circuito de agua sanitaria es **acero inoxidable**.

Cuando los fluidos que entran en el intercambiador entran por extremos distintos y circulan en dirección contraria, los intercambiadores se denominan como “intercambiadores de calor a contracorriente”.

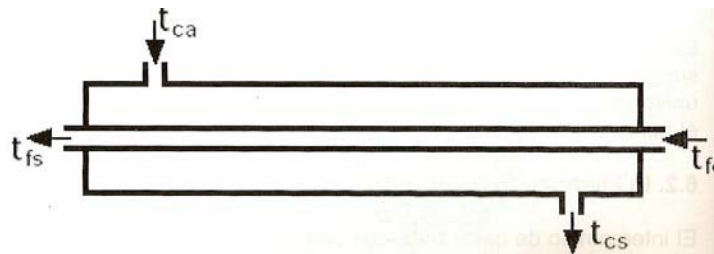


Fig. 8.14.- Intercambiador de calor a contracorriente

Los siguientes diagramas muestran las diferencias entre los intercambiadores con flujo paralelo y los de flujo en contracorriente:

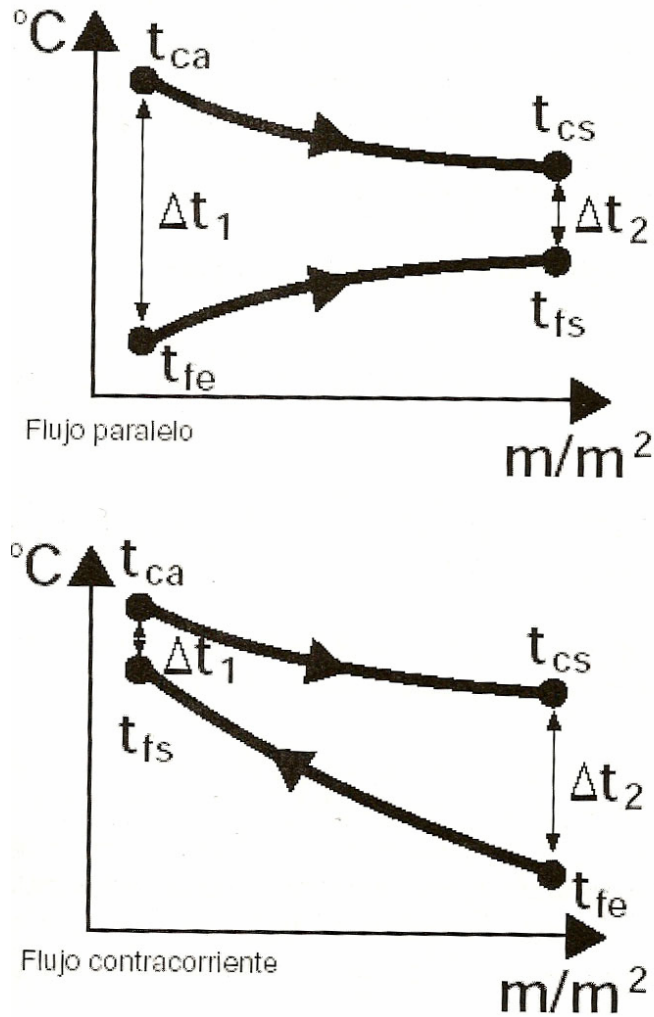


Fig. 8.15.-Diagramas de transmisión de calor paralelo y contracorriente.

En el caso del flujo paralelo se necesitaría un intercambiador infinitamente largo (de superficie infinita), para que la temperatura de salida del fluido frío alcanzase el mismo valor que la temperatura de salida del fluido caliente.

En contracorriente, se produce una diferencia de temperatura más constante a lo largo del intercambiador y permite calentar el fluido frío hasta una temperatura más elevada que la de salida del fluido caliente, siendo la velocidad de transmisión de calor más alta que en flujo en paralelo.

8.3.2.1. Clasificación

Dentro de las instalaciones de agua caliente sanitaria, los intercambiadores se suelen clasificar en dos tipos, dependiendo de si se encuentran o no dentro de los elementos de almacenamiento;

- Sistemas de intercambiador externos, el intercambiador se encuentra fuera de los acumuladores, instalados de forma independiente. Suelen ser intercambiadores de placas, su configuración suele ser un pequeño circuito con placas metálicas que aumentan la relación superficie/volumen del elemento con objeto de favorecer la transmisión de calor. *Este es el diseño que se ha tomado para esta instalación.*

El intercambiador de calor externo trae consigo la instalación de bombas de circulación para ambos circuitos (primario y secundario). Las principales ventajas son.

- Mantenimiento simple
- Posibilidad de ampliar la potencia de intercambio, aumentando el número de placas
- Rendimiento bueno
- Material de alta calidad y durabilidad

Los intercambiadores externos se suelen emplear para volúmenes de acumulación superiores a los 1000 litros.

- Sistemas de intercambio internos, el elemento que se encarga de la transferencia de calor se encuentra situado en el interior del depósito de almacenamiento. Dentro de estos sistemas existen dos configuraciones:
 - Sistemas de intercambio internos con serpentín, en este caso solo existe un elemento de intercambio en el interior del acumulador. Por él pasa el fluido del circuito primario. Estos sistemas se suelen emplear para instalaciones de hasta 1000 litros, por eso *no es aplicable a la instalación.*
 - Sistemas de intercambio internos de doble envolvente, se trata de un depósito situado en el interior de otro, de tal forma que la pared intermedia, actúa como elemento de intercambio. El fluido del circuito primario es el que ocupa el espacio exterior, rodeando al fluido del circuito secundario.

Este tipo de sistemas poseen un rendimiento muy bueno, pero son equipos caros, y generalmente su alto rendimiento no compensa su elevado coste.

8.3.3. Diseño y selección

Se ha optado por un intercambiador de calor de placas. Si bien se podría haber elegido un intercambiador de carcasa y tubos, se ha seleccionado el de placas por las siguientes características:

- **Compacto:** amplia superficie de intercambio de calor en poco espacio.
- **Flexibilidad:** usando diferente número de placas se pueden obtener nuevos programas térmicos.
- **Fácil mantenimiento:** inspección, limpieza y reemplazamiento de placas o juntas.
- **Alta eficiencia:** debido a la configuración especial de las placas.
- **Mínimos residuos:** la combinación de altas turbulencias y velocidades, impiden que los residuos se almacenen en las paredes de las placas.
- **Reducida pérdida de carga.**

En la siguiente tabla se pueden apreciar algunas diferencias entre ambos intercambiadores:

	PLACAS	CARCASA Y TUBOS
Servicios múltiples	Posible	Imposible
Relación de transferencia de calor	3-5	1
Relación de peso en	1	3-10

operación		
Relación de espacio	1	2-5
Soldaduras	Ninguna	Soldado
Sensibilidad a vibraciones	Insensible	Sensible
Volumen contenido	Bajo	Alto
Acceso para inspección	En cada lado de la placa	Limitado
Tiempo para apertura	15 minutos	60-90 minutos
Reparaciones	Fácil reposición de placas y/o juntas	Requiere anular los tubos
Detección de fugas	Fácil de detectar en el exterior	Difícil de detectar
Modificaciones	Fácil, añadiendo o retirando placas	Imposible

Tabla 8.16.- Comparación intercambiador carcasa y tubos e intercambiador placas.

Entre las principales limitaciones de los intercambiadores de calor de placas se encuentran las bajas presiones y temperaturas operativas, que en cualquier caso, no van a afectar a este tipo de instalaciones.

Existen varios diseños de intercambiadores de placas, pero son dos las construcciones básicas más difundidas:

- **Intercambiador de placas con juntas**, designado **PHE** (Plate heat exchangers)
- Intercambiador de placas soldadas, designado **BHE** (Brazed heat exchangers)

Se ha optado por un **PHE**, debido a su menor coste. Además los BHE está diseñados para soportar mayores presiones y temperaturas, aspecto que no influye.

Los PHE consisten en un conjunto de placas metálicas corrugadas montadas entre dos placas, una fija (bastidor) y otra móvil (de presión). Este paquete de placas a su vez, es soportado por dos barras guías, una superior y otra inferior que se apoyan sobre una columna o pedestal. El sellado entre placas se efectúa mediante juntas elastoméricas quienes a su vez dirigen los fluidos por canales alternos. Las placas contienen orificios que permiten y dirigen el flujo de los fluidos. El conjunto de placas es comprimido mediante espárragos que aseguran el apriete y estanqueidad entre las mismas. Las conexiones de entrada y salida se localizan en la placa fija del bastidor.

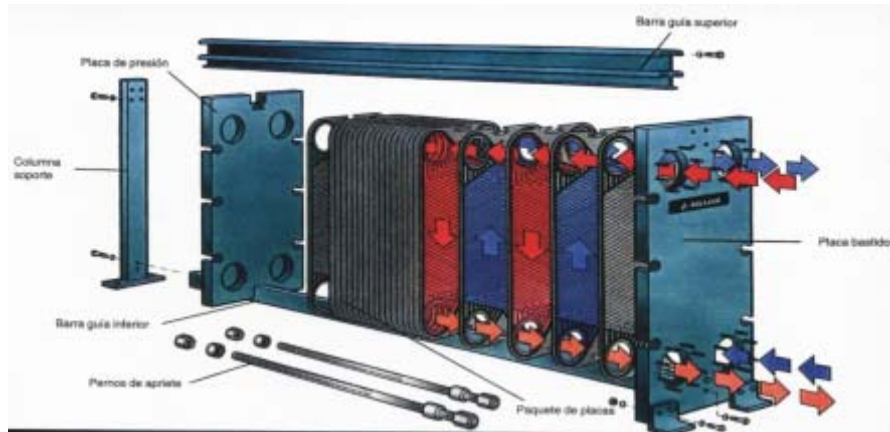


Fig. 8.17.-Intercambiador de placas

La incorporación de un intercambiador de calor entre los dos circuitos, es decir, entre el sistema de captación y el sistema de acumulación, supone una disminución del rendimiento del sistema, esta pérdida, para que el sistema sea efectivo, no será superior al 5%.

Para definir claramente el intercambiador utilizado se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

1) Potencia térmica.

$$Q = M \cdot C_p \cdot (t_e - t_s)$$

Donde:

Q es la potencia térmica demandada (Kcal/h)

M es el caudal (Kg/h)

C_p es el calor específico del fluido utilizado (Kcal/Kg°C)

(t_e-t_s) es el salto térmico en el intercambiador(°C)

Esta ecuación es válida para los dos circuitos que componen el intercambiador (frío y caliente), y en virtud del primer principio de la termodinámica, debe cumplirse que:

$$m_c \cdot Cp_c \cdot (t_{ce} - t_{cs}) = m_f \cdot Cp_f \cdot (t_{fe} - t_{fs})$$

Donde;

m_c : Caudal másico del fluido caliente

m_f : Caudal másico del fluido frío

Cp_c : Capacidad calorífica del fluido caliente

Cp_f : Capacidad calorífica del fluido frío

t_{ce} : Temperatura de entrada en el lado caliente del intercambiador

t_{fs} : Temperatura de salida en el lado frío del intercambiador

t_{cs} : Temperatura de salida en el lado caliente del intercambiador

t_{fe} : Temperatura de entrada en el lado frío del intercambiador

La potencia es un dato conocido, una vez conocida la superficie de captación, y suministrado por el fabricante. En caso de no saber este dato, en el Pliego de Condiciones de Baja Temperatura del IDAE, se detalla que el valor de la potencia del intercambiador, en W. debe ser como mínimo superior a 500 veces la superficie total útil del sistema de captación, medida en metros cuadrados.

Por tanto, según el Pliego de Condiciones de Baja Temperatura del IDAE, la potencia mínima de diseño del intercambiador debe cumplir lo siguiente:

$$Q \geq 500 A$$

Donde:

Q es la potencia térmica (W)

A es el área de captadores (m^2).

Como la instalación tiene 319,2 metros cuadrados, la potencia mínima aceptable para el intercambiador será de **159,5 Kw**. Se elige un intercambiador que opere a 144000 Kcal/h, **167,5 Kw de potencia térmica**, que cumple la norma.

2) **Temperaturas a la salida del circuito primario y a la entrada del secundario**

Los caudales máxicos se detallan en el punto 8.4 (diseño del sistema hidráulico), y son:

$$m_c = 9600 \text{ Kg} / h \text{ del circuito primario}$$

$$m_f = 9000 \text{ Kg} / h \text{ del circuito secundario}$$

La capacidad calorífica en ambos circuitos es de:

$$Cp_c = Cp_f = 1 \text{ Kcal} / \text{kg}^\circ \text{C} , \text{ ya que por ambos circula agua.}$$

El Pliego de condiciones del IDAE recomienda una serie de valores para las temperaturas de los dos circuitos:

<i>Aplicaciones</i>	<i>Temperatura entrada primario(°C)</i>	<i>Temperatura salida secundario(°C)</i>	<i>Temperatura entrada secundario(°C)</i>
Piscinas	50	28	24
Agua caliente sanitaria	60	50	45
Calefacción a baja temperatura	60	50	45
Refrigeración/Calefacción	105	90	75

Tabla 8.18.- Temperaturas recomendadas por el IDAE

Sin embargo, se van a tomar las siguientes temperaturas como salto térmico:

t_{ce} : Temperatura de entrada en el lado caliente del intercambiador = 60°C

t_{fs} : Temperatura de salida en el lado frío del intercambiador = 58 °C

Como se ha dicho, la siguiente relación debe cumplirse:

$$m_c \cdot Cp_c \cdot (t_{ce} - t_{cs}) = m_f \cdot Cp_f \cdot (t_{fs} - t_{fe}) = Q$$

Es decir, conociendo la potencia térmica, los caudales y las capacidades caloríficas, se pueden hallar las temperaturas de salida del circuito primario y la de entrada del circuito secundario:

$$t_{cs} = t_{ce} - \frac{Q}{m_c \cdot Cp} = 60 - \frac{144000 \text{Kcal}}{9600 \text{kg/h} \cdot 1 \text{Kcal/kg}^\circ\text{C}} = 45^\circ\text{C}$$

$$t_{fe} = t_{fs} - \frac{Q}{m_f \cdot Cp} = 58 - \frac{144000 \text{Kcal}}{9000 \text{kg/h} \cdot 1 \text{Kcal/kg}^\circ\text{C}} = 42^\circ\text{C}$$

En conclusión;

t_{cs} : Temperatura de salida en el lado caliente del intercambiador = **45°C**

t_{fe} : Temperatura de entrada en el lado frío del intercambiador = **42 °C**

3) Modelo de intercambiador según el fabricante Alfa Laval.

El fabricante elegido es Alfa Laval. Entre los distintos modelos de intercambiadores que presenta, el elegido será función de una serie de parámetros, según el método de elección del fabricante. Con dichos parámetros mediante una gráfica se obtendrá el modelo.

En primer lugar, se calculan los siguientes incrementos de temperaturas, y el diferencial de temperatura en las entradas de los dos circuitos:

$$\Delta t_1 = t_{ce} - t_{fs} = 60 - 45 = 15^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = t_{cs} - t_{fe} = 58 - 42 = 16^\circ C$$

$$\delta t = t_{ce} - t_{cs} = 60 - 45 = 15$$

En segundo lugar, del diagrama de la figura 8.20 se puede sacar la diferencia media logarítmica de temperaturas:

$$LMTD=15,5^\circ C$$

Con el siguiente parámetro se podría estimar cuál es el modelo mínimo de intercambiador que se puede usar, dicho parámetro (ϕ) sería la relación existente entre la potencia térmica y la media logarítmica:

$$\phi = \frac{Q}{LMTD} = \frac{167,4}{15} = 11,16$$

ϕ Max	3	16	30	80	95	185	300	1300
Modelo mínimo de intercambiador	CB14	CB27	CB52	CB77	M6	CB200	M10	M16
			M3					CB300

Tabla 8.19.- Modelos de intercambiadores Alfa Laval.

Los modelos que comienzan con “CB” son de placas soldadas, los que empiezan con “M” son intercambiadores de juntas, que son los que interesan a este proyecto. Con

este valor, el fabricante recomienda que el modelo mínimo que se puede utilizar es el CB27 de placas soldadas y el M3 de juntas.

Para poder hallar gráficamente exactamente que modelo se ajusta a las necesidades de la instalación falta definir un último parámetro, el valor termal (Θ), que es la relación entre el diferencial de temperaturas en la entrada de los dos circuitos y la diferencia media logarítmica:

$$\Theta = \frac{\delta t}{LMTD} = \frac{15}{15,5} = 0,96$$

Entonces, cuando:

$$\Theta = 0,96 ; \delta t = 5^{\circ}\text{C} \text{ y } m = 9600\text{kg/h} = 2,66\text{kg/s}$$

El modelo que se puede utilizar es el M6 de los de intercambiadores de juntas y el CB77 de placas soldadas, según el siguiente gráfico:

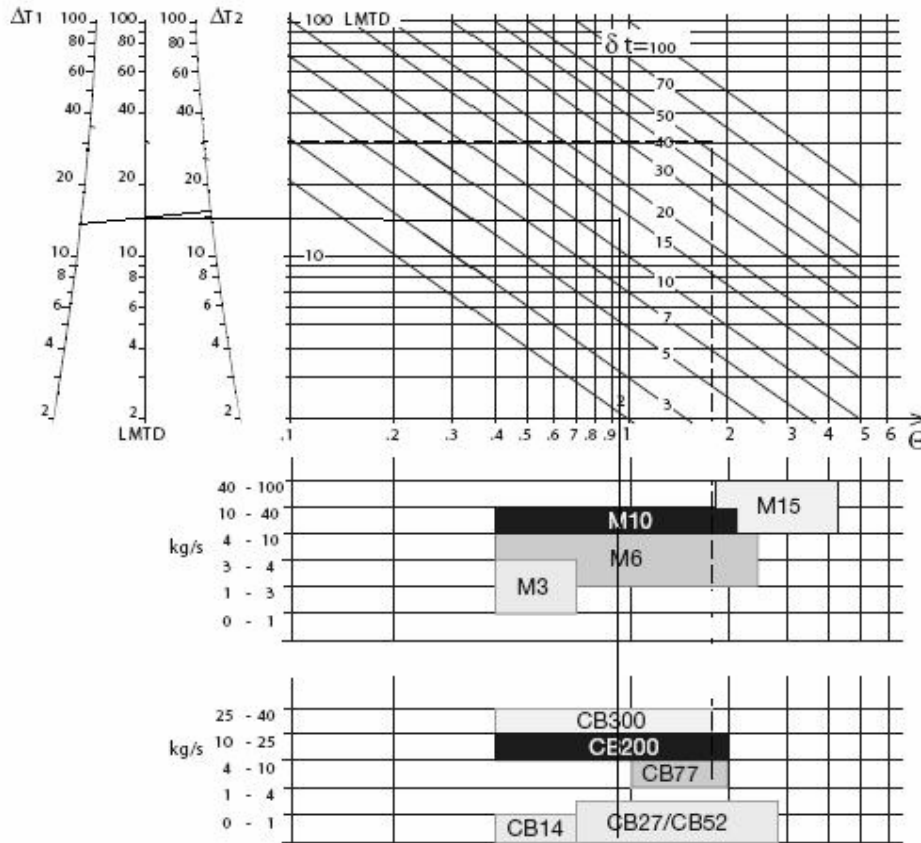


Fig.8.20.- Selección del modelo de intercambiador

Para este proyecto se ha elegido un intercambiador de calor de placas Alfa Laval M6, el de placas soldadas no interesa según se dijo antes.

4) Número de placas

El siguiente paso sería averiguar el número de placas necesarias. Para ello se ha llevado a cabo el **método Haslego&Polley**. Este procedimiento presenta una serie de gráficos que permiten obtener los coeficientes de convección en función de las caídas de presión en los equipos, para diferentes valores de NTU (número de unidades de transferencia), siendo aplicables bajo las siguientes condiciones:

1. Para equipos líquido-líquido, sin cambio de fase.

2. Válidas para equipos de paso simple con 0.5 mm espesor placas.
3. La conductividad térmica de la placa se supone de acero inoxidable
4. En las propiedades físicas del agua se asumen valores típicos.
5. La exactitud en los valores del coeficiente total de transferencia de calor de diseño se estima con un margen de $\pm 15\%$.
6. Para fluidos con viscosidad entre 100 y 500 cP, se deberá usar la línea correspondiente 100cP en los gráficos. Para valores superiores a 500 cP consultar al fabricante.

Los datos necesarios para llevar a cabo el cálculo son:

Fluido másico de agua: 9600 Kg/h

Temperatura entrada circuito 1º: 60°C

Temperatura salida circuito 1º: 45°C

Temperatura entrada circuito 2º: 42°C

Temperatura salida circuito 2º: 58°C

A partir de los datos básicos el objetivo es calcular la superficie de calefacción necesaria para producir el calentamiento del agua del circuito secundario y el número de placas necesarias asumiendo una determinada superficie de transferencia para las mismas.

Paso 1: cálculo de la LMTD (diferencia media logarítmica):

Lado caliente del equipo: $t_{ce} - t_{cs} = 60 - 45 = 15^\circ C$

Lado frío del equipo: $t_{fs} - t_{fe} = 58 - 42 = 16^\circ C$

$$LMTD = \frac{\Delta t_c - \Delta t_f}{LN \frac{\Delta t_c}{\Delta t_f}} = 15,5^\circ C$$

Paso 2: cálculo de NTU en lado caliente y frío, que para intercambiadores de placa es;

$$NTU_c = \frac{t_{ce} - t_{cs}}{LMTD} = \frac{16}{15,5} = 1,03$$

$$NTU_f = \frac{t_{fs} - t_{fe}}{LMTD} = \frac{15}{15,5} = 0,96$$

Paso 3: lectura coeficiente convección agua

Como en ambos lados, lado frío y caliente, $0,25 < NTU < 2$, se puede utilizar el siguiente gráfico, considerando la viscosidad aproximada del agua a 1cP y asumiendo una caída de presión máxima permitida en este equipo de 10psi (dato suministrado por Alfa laval):

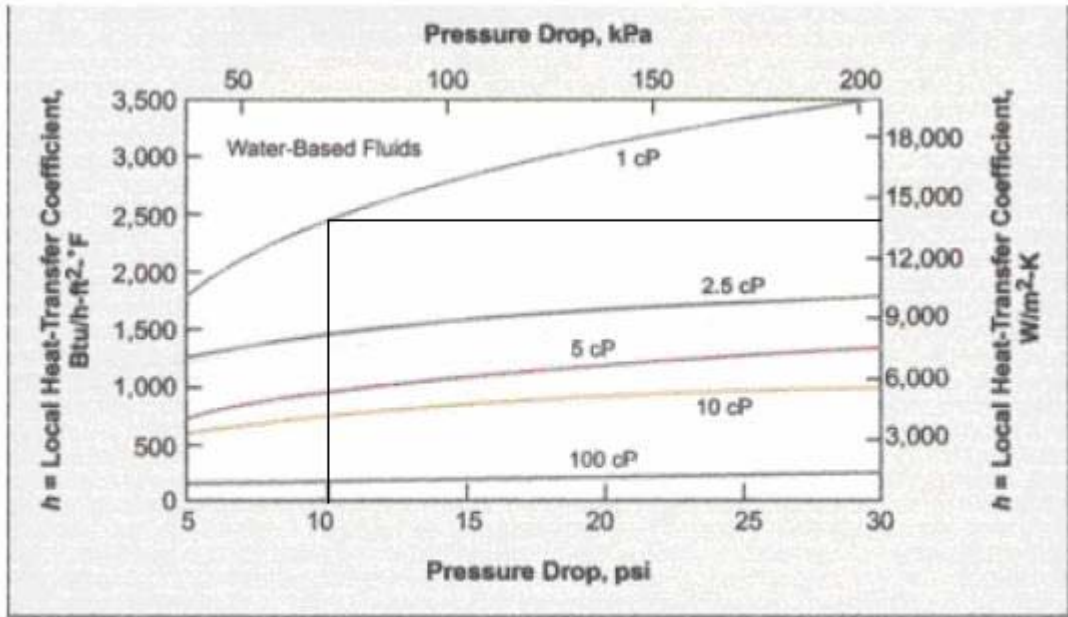


Fig.8.21.-Coeficiente de convección para agua

$$\alpha_w = 12040 \text{ kcal} / \text{hm}^2 \text{ } ^\circ \text{C}$$

Paso 5: cálculo del coeficiente total de transferencia e calor

$$\frac{1}{K_s} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{w1}} + \frac{1}{\alpha_{w2}}}; \quad K_s = 6020 \text{ Kcal} / \text{hm}^2 \text{ } ^\circ \text{C}$$

Paso 6: cálculo de la superficie de calefacción A_s

$$A_s = \frac{Q}{K_s \cdot LMTD} = \frac{m C_p \Delta t}{K_s \cdot LMTD} = \frac{9600(60 - 45)}{6020 \cdot 15,5} = 1,54 \text{ m}^2 \quad (\text{Superficie de$$

calefacción PHE)

Paso 7: cálculo del número de placas N

Adoptando placas de $0,089 m^2$ c/u (según indica el fabricante para este modelo), la cantidad de placas será:

$$N = \frac{A_t}{A_p} = \frac{1,54}{0,089} = 17,3 \approx 18 \text{ placas}$$

Por tanto, el intercambiador será un PHE de $1,54 m^2$ de superficie de calefacción compuesto por 18 placas de $0,089 m^2$ c/u, con una caída máxima de presión permitida de 10 psi por corriente fría o caliente.

En concreto, el intercambiador es el modelo **M6FM de 18** placas del fabricante **Alfa Laval**. Las placas de este intercambiador son de acero inoxidable. La presión máxima de trabajo es de 1.0 Mpa y la temperatura máxima es de 160°C. La máxima área de intercambio posible es de 4 metros cuadrados. El área de intercambio de cada placa es de 0,089 metros cuadrados.

Las placas constituyen el alma del equipo y tanto la selección de materiales como el diseño, tamaño y cantidad de las mismas dependerá de las condiciones de servicio. Las placas se componen de cinco segmentos funcionales:

- Segmento de ingreso del fluido en la parte superior
- Segmento de distribución del fluido
- Segmento o área principal de transferencia de calor
- Segmento colector del fluido
- Segmento de egreso del fluido

Las placas son corrugadas, este diseño crea conductos a través de los cuales circulan los fluidos en capas de muy bajo espesor y con gran turbulencia, lo que origina una alta transferencia de calor. Este escurrimiento turbulento causa que la suciedad formada por fluidos sucios sean continuamente removidos de la superficie de transferencia durante el proceso, lo que provoca un mayor coeficiente total de transferencia y un mayor tiempo de trabajo del equipo sin necesidad de limpiarlo.

El sellado y estanqueidad entre las placas se consigue mediante juntas que van colocadas entre ellas, con la doble finalidad de direccionar el flujo de fluidos a través del conjunto de placas. En este caso, las juntas son de Goma EPDM, lo que permite una temperatura de operación máxima de 160°C.

5) Ahorro de inversión

Conociendo el área total de intercambio se puede estimar cuanto se ahorra en comparación con la instalación de un intercambiador de carcasa y tubos. Polley&Haslego proponen una serie de ecuaciones para calcular el costo de los intercambiadores de placas y de casco y tubos a los fines de efectuar estudios comparativos de inversiones cuando se presenta la posibilidad de optar por uno u otro equipo, como es el caso.

- Casco y tubos: $C_1 = 7600 + 1186A^{0.6} = 7600 + 1186 \cdot 1,54^{0.6} \approx U\9137
- Placas: $C_2 = 1281A^{0.4887} = 1281 \cdot 1,54^{0.4887} \approx U\1582

Por tanto, el ahorro de inversión en equipamiento sería de **U\$7555**, esto es, aproximadamente un 80% menos respecto a un equipo de casco y tubos convencional. Esto es un dato a favor más, para utilizar un intercambiador de placas.

6) Suciedad

Como en cualquier otro equipo de transmisión de calor, el problema del ensuciamiento del área de calefacción está presente, ya que es muy complicado encontrar productos que puedan ser considerados totalmente limpios.

Sin embargo este problema se encuentra restringido debido a la elevada turbulencia producida (que mantiene los sólidos en suspensión) y la ausencia de zonas de bajas velocidades. También se encuentra limitado por las características anticorrosivas de las placas que restringen la adherencia de las incrustaciones a las paredes. Por tanto, el ensuciamiento es menos impactante en los intercambiadores de placas que en los de carcasa y tubos. Además los equipos de placas tienen mayor facilidad para ser limpiados tanto química como mecánicamente.

El fabricante garantiza que el factor de ensuciamiento del intercambiador es inferior al permitido para instalaciones de energía solar térmica.

7) Efectividad

Es un parámetro que influye directamente en la determinación de la superficie de los captadores solares, su dimensión describe el funcionamiento del sistema. La efectividad de un intercambiador viene dada por la transferencia real de calor, que a su vez vendrá dada por las características constructivas del intercambiador, de los caudales másicos, de la capacidad calorífica y de las temperaturas de los líquidos circulantes.

La efectividad se puede calcular como:

$$E_1 = \frac{C_F(t_{ce} - t_{cs})}{C_{MIN}(t_{ce} - t_{fe})} = \frac{(t_{ce} - t_{cs})}{(t_{ce} - t_{fe})}$$

Donde $C_F = m_F C_{p_F} = C_{MIN}$

$$E_1 = \frac{(t_{ce} - t_{cs})}{(t_{ce} - t_{fe})} = \frac{60 - 45}{58 - 42} = 0,93$$

Un intercambiador cuya efectividad resulte ser inferior al 50% no es aceptable en una instalación solar térmica. El valor de la efectividad será entorno al 70% para instalaciones de utilización preferente en verano o todo el año (como es el caso de la instalación proyectada), y de 80% para las de utilización preferente en invierno.

8.3.4. Resumen

Intercambiador de placas	M3FM ALFA LAVAL
Nº de placas	18
Área de cada placa	0,089 m ²
Área máxima de intercambio	4 m ²
Área real de intercambio	1,54 m ²
Espesor de la placa	0,5mm
Temperatura máxima de operación	160°C
Presión máxima de operación	10psi

Temperatura a la entrada del fluido caliente	60°C
Temperatura a la salida del fluido caliente	45°C
Temperatura a la entrada del fluido frío	58°C
Temperatura a la salida del fluido frío	42°C
Caudal másico del fluido caliente	9600Kg/h
Caudal másico del fluido frío	9000Kg/h

8.4. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

8.4.1. Introducción

Para que la instalación solar funcione de manera adecuada, el sistema hidráulico desde el subsistema de captación hasta el subsistema de almacenamiento está diseñado en base a una serie de criterios que son los siguientes:

1. Caudal. El caudal recomendado por el fabricante del colector se encuentra entre 50 L/h y 300 L/h por colector. El caudal elegido para esta instalación es de 80 L/h por colector.

2. Longitud. El sistema hidráulico se ha diseñado de forma que la longitud del trazado de tuberías sea el más corto posible.
3. Equilibrado. El circuito hidráulico esta de por sí equilibrado, por ello se dispone el circuito hidráulico tal como aparecen en los planos. Esto asegura que por los colectores pase el mismo caudal, produciéndose un salto de temperatura homogéneo en todo el campo de colectores.
4. Seguridad. El circuito hidráulico se compone de los elementos necesarios para permitir la expansión del fluido, para evitar la formación de bolsas de aire y para asegurar la integridad de la instalación ante sobrepresiones. Esos elementos son, el vaso de expansión, los purgadores y las válvulas de seguridad.
5. Montaje. Todo la instalación hidráulica esta diseñada de forma que el instalador pueda montar y desmontar las tuberías y los accesorios de forma adecuada y sin obstáculos.

8.4.2. Configuración en paralelo y retorno invertido

Los colectores se disponen en baterías de seis colectores en paralelo. La conexión en paralelo tiene un mayor rendimiento térmico que la configuración en serie, ya que a medida que el fluido va pasando de un colector a otro la energía aportada es menor por ser mayor la temperatura del fluido. Además, esta disposición dificultaría la instalación de dispositivos para la evacuación de aire.

Se aplica al circuito hidráulico la técnica del retorno invertido, con el fin de que los caudales que circulen por las baterías de los colectores sean los mismos. De esta forma, se ahorra la instalación de válvulas de equilibrado.

La técnica consiste en que la conducción de entrada se dirige a la batería de colectores más lejanos, y a partir de ahí repartir el fluido a las demás baterías de colectores. El retorno, con el fluido caliente, tiene un orden contrario al circuito de entrada, de forma que el colector que primero recibe el fluido frío es ahora el último en dispensar el fluido caliente.

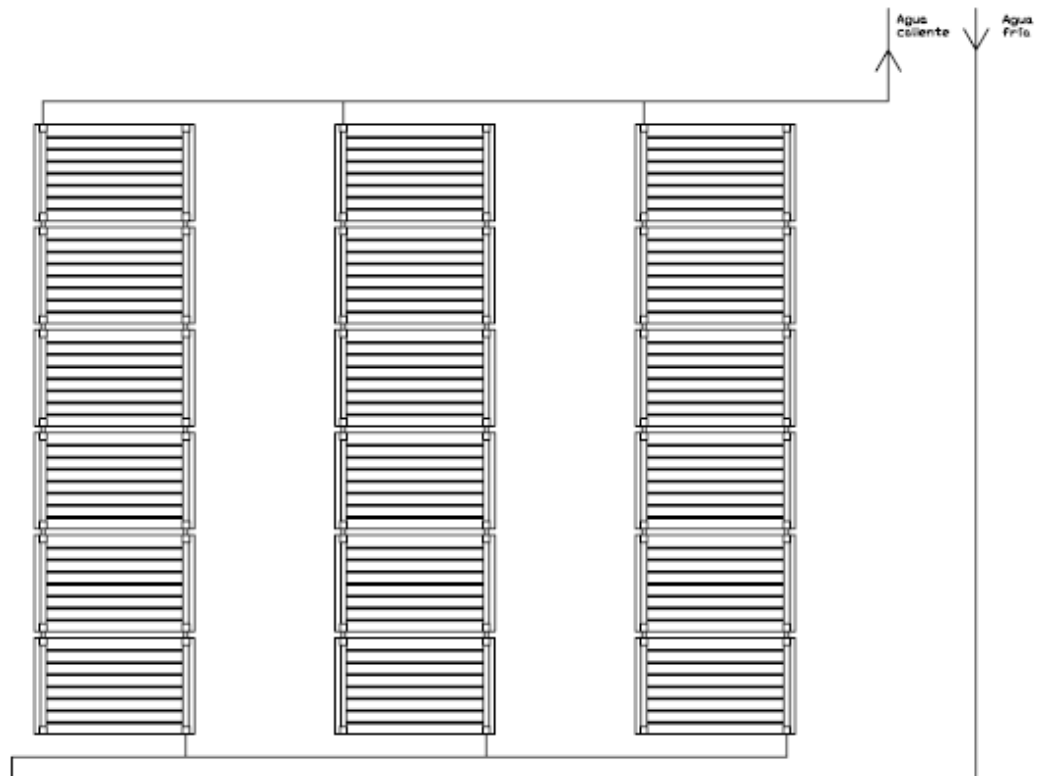


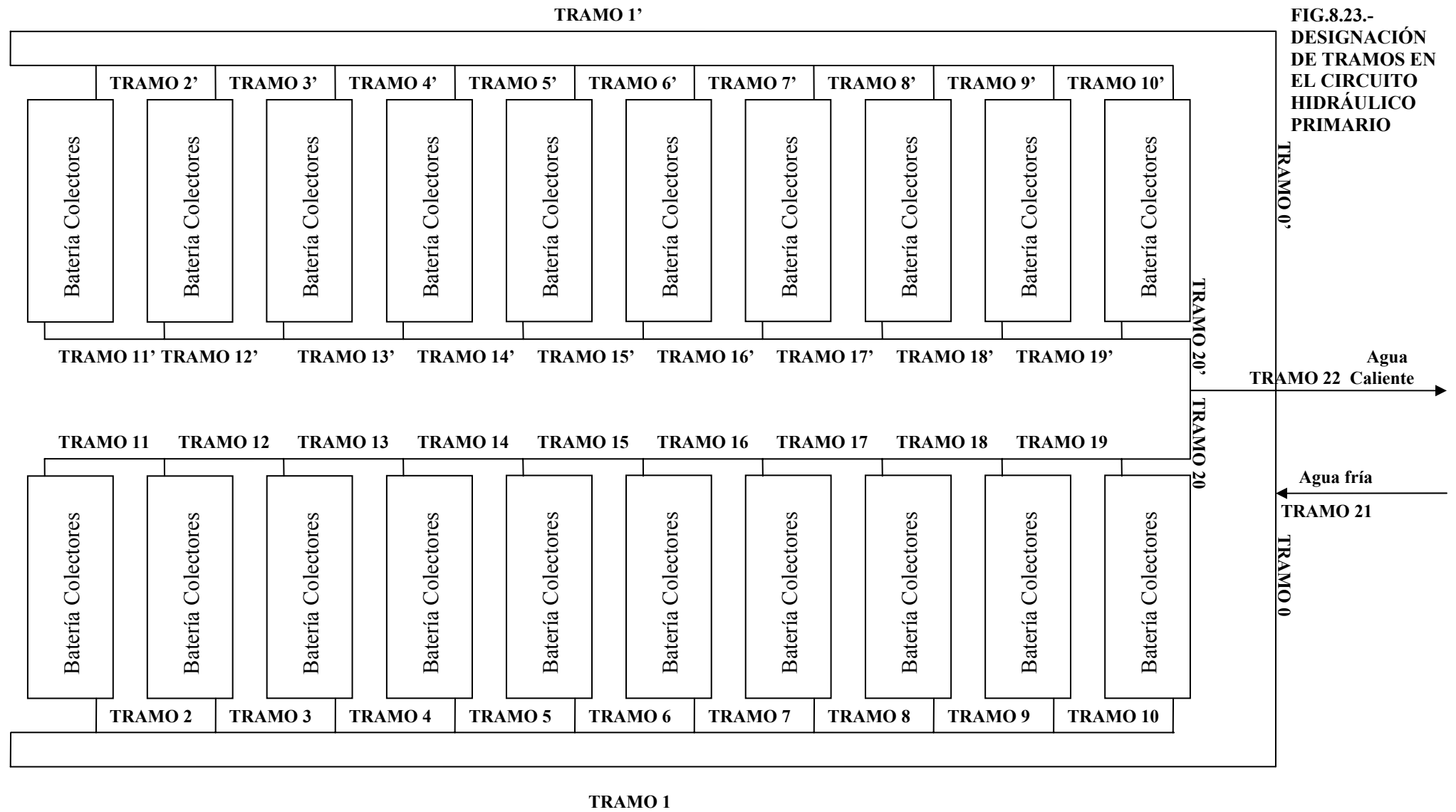
Fig.8.22.-Conexión de las baterías en paralelo junto con la técnica del retorno invertido.

8.4.3. Tuberías

El caudal recomendado por el fabricante es de 80 L/h por colector, por eso se ha elegido este caudal en el circuito primario. El Pliego de condiciones del IDAE exige que el caudal del circuito secundario no sea menor en un 10% al del primario. El cálculo de las tuberías se subdivide en circuito primario y circuito secundario.

8.4.3.1. Circuito primario

Si el caudal que pasa por cada colector es de 80 L/h, el caudal total por cada batería de colectores será de 480 L/h, y el total de 9600 L/h. Para saber que caudal atraviesa cada tramo de tubería, hay que tener claramente definido cada tramo:



El caudal que pasa por el “Tramo 21” será el equivalente a 120 colectores. Por tanto, si por un colector fluye 80 L/h, por ese tramo fluirán 9600 L/h. Este es el modo de cálculo que se utiliza para la tabla **8.26** donde se expone todos los caudales de cada tramo:

$$Q \text{ tramo 21} = 120 \text{ colectores} \times 80 \text{ L/h por colector} = 9600 \text{ L/h}$$

Para calcular el diámetro de tubería de cada tramo se parte de:

$$Q = V \times S$$

Donde;

Q = caudal en metros cúbicos por hora

V = Velocidad en metros por segundo

S = sección

Si la sección de la tubería es:

$$S = \pi \cdot r^2, \text{ donde } r \text{ es el radio de la tubería en metros}$$

Despejando de la ecuación del caudal:

$$r = \sqrt{\frac{Q}{V \cdot \pi}}; d = 2\sqrt{\frac{Q}{V \cdot \pi}}, \text{ donde } d \text{ es el diámetro}$$

Los valores de velocidad se pueden estimar, por experiencia, entre 0,6 m/s y 1,5 m/s. Si tomamos un valor de 1,3 m/s, el diámetro interior de la tubería del “Tramo 21” sería:

$$d = 2\sqrt{\frac{Q}{V \cdot \pi}} = 2\sqrt{\frac{9,6 \frac{m^3}{h} \cdot \frac{1h}{3600s}}{1,3 \frac{m}{s} \cdot \pi}} = 0,051m = 51mm$$

Este es el modo de cálculo que se ha seguido para el cálculo del diámetro interior de las tuberías de los distintos tramos. Dicho resultado se puede observar en la tabla 8.26. Las tuberías que se van a instalar son de cobre, por tanto, el diámetro calculado no se corresponderá con el diámetro real de la tubería. Es decir, se seleccionará el diámetro más aproximado al cálculo según la norma UNE 37.141-76. Los diámetros comerciales de cobre son los expuestos en la tabla 8.25.

Para el “Tramo 21” el diámetro interior elegido sería de 52mm. Si se recalcula la velocidad:

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi \cdot r^2} = \frac{9,6 \frac{m^3}{h} \cdot \frac{1h}{3600s}}{\pi \cdot 0,026^2 m} = 1,25m/s$$

Dicho valor sigue encontrándose dentro de los límites 0,6m/s-1,5m/s.

El siguiente paso sería calcular las pérdidas de carga por cada tramo de tubería, con el fin de calcular la pérdida de carga total de todos los tramos, por tanto, de todo el circuito de tuberías.

Con la gráfica 8.24 se puede calcular la pérdida de carga en mm.c.a por metros de tubería de cobre. Solo haría falta conocer el caudal y el diámetro de tubería

Para el caso del “Tramo 21”, los datos son los siguientes:

$$\text{Caudal} = 9,6 \text{ m}^3 / h$$

Diámetro = 52 mm

Utilizando la gráfica, la pérdida de carga sería de **25 mm.c.a** por metro de tubería de cobre. Como el Tramo 21 tiene 4 metros, la pérdida total del tramo sería de **100 mm.c.a.**

Este el método de cálculo de las pérdidas de carga de todos los tramos que se pueden observar en la tabla 8.26.

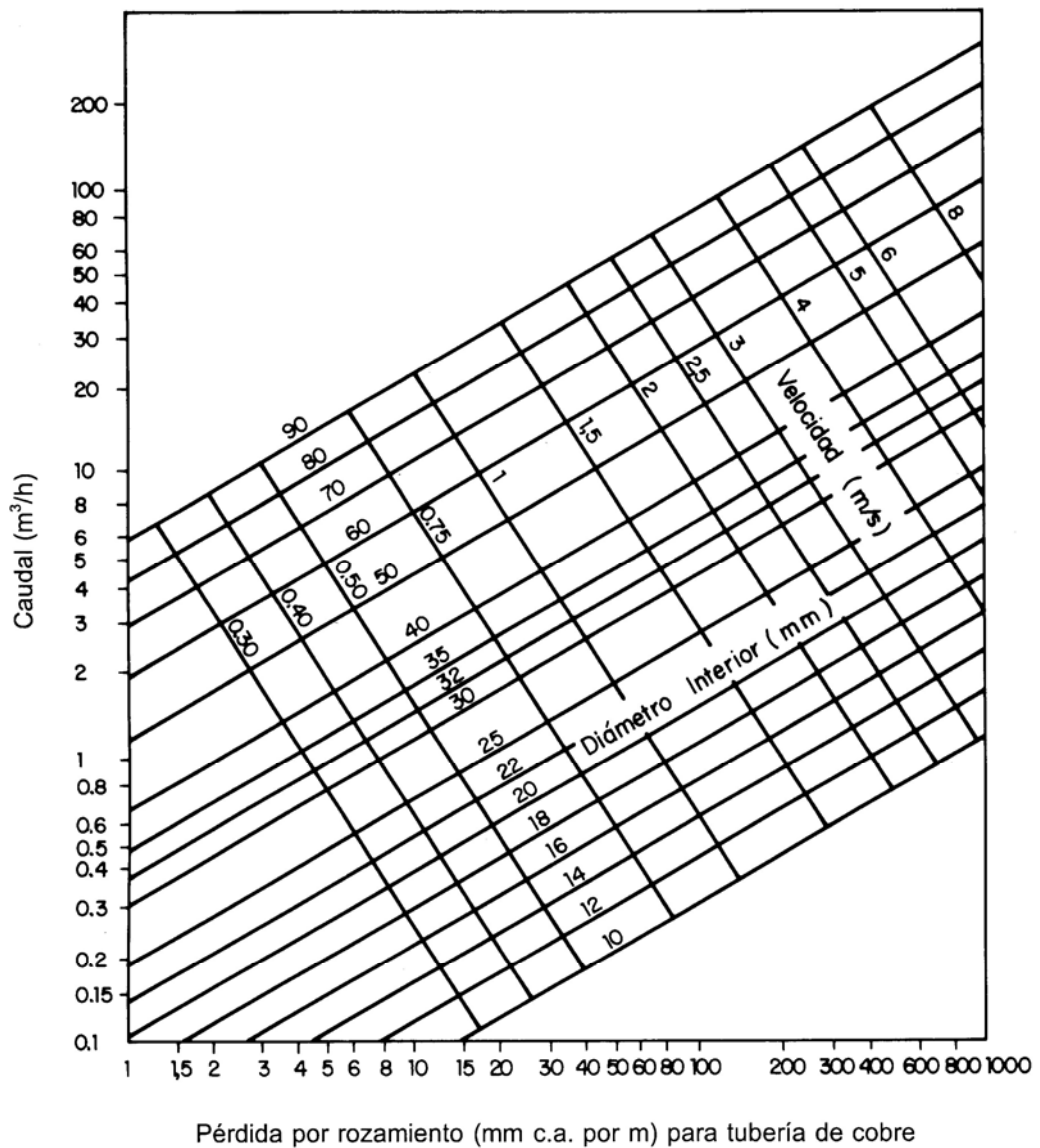


Fig.8.24.-Pérdidas en tuberías de cobres. Fuente: Fabricante Salvador Escoda

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

Diámetro exterior nominal en mm	Espesores en mm					
	0,75	1	1,2	1,5	2	2,5
	Diámetro interior en mm					
6	4,5	4				
8	6,5	6				
10	8,5	8				
12	10,5	10				
15	13,5	13				
18	16,5	16				
22		20	19,6	19		
28		26	25,6	25		
35		33	32,6	32		
42		40	39,6	39		
54			51,6	51		
63				60	59	
80				77	76	

Tabla 8.25.-Características de los tubos de cobre comprendidos en la norma UNE

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

TRAMOS	LONGITUD (M)	N COLECTORES	CAUDAL (L/h)	CAUDAL (m^3)/h	D.INTERIOR CALCULADO (m)	D.INTERIOR ELEGIDO (mm)	D.EXTERIOR (mm)	VELOCIDAD REAL (m/s)	PÉRDIDAS POR METRO (mm c.a)	PERDIDAS TOTAL TRAMO (mm c.a.)
0	9,18	60	4800	4,8	0,036	40,00	42	1,1	23	211,14
0'	15,31	60	4800	4,8	0,036	40,00	42	1,1	23	352,13
1	40,43	60	4800	4,8	0,036	40,00	42	1,1	23	929,89
1'	40,43	60	4800	4,8	0,036	40,00	42	1,1	23	929,89
2	3,85	54	4320	4,3	0,034	40,00	42	1,0	19	73,15
2'	3,85	54	4320	4,3	0,034	40,00	42	1,0	19	73,15
3	3,85	48	3840	3,8	0,032	33,00	35	1,2	35	134,75
3'	3,85	48	3840	3,8	0,032	33,00	35	1,2	35	134,75
4	3,85	42	3360	3,4	0,030	33,00	35	1,1	31	119,35
4'	3,85	42	3360	3,4	0,030	33,00	35	1,1	31	119,35
5	3,85	36	2880	2,9	0,028	33,00	35	0,9	25	96,25
5'	3,85	36	2880	2,9	0,028	33,00	35	0,9	25	96,25
6	3,85	30	2400	2,4	0,026	33,00	35	0,8	17	65,45
6'	3,85	30	2400	2,4	0,026	33,00	35	0,8	17	65,45
7	3,85	24	1920	1,9	0,023	26,00	28	1,0	30	115,5
7'	3,85	24	1920	1,9	0,023	26,00	28	1,0	30	115,5
8	3,85	18	1440	1,4	0,020	26,00	28	0,8	19	73,15
8'	3,85	18	1440	1,4	0,020	26,00	28	0,8	19	73,15
9	3,85	12	960	1,0	0,016	20,00	22	0,8	39	150,15
9'	3,85	12	960	1,0	0,016	20,00	22	0,8	39	150,15
10	3,85	6	480	0,5	0,011	13,00	15	0,4	14	53,9
10'	3,85	6	480	0,5	0,011	13,00	15	0,4	14	53,9
11	3,85	6	480	0,5	0,011	13,00	15	0,4	14	53,9

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

11'	3,85	6	480	0,5	0,011	13,00	15	0,4	14	53,9
12	3,85	12	960	1,0	0,016	20,00	22	0,8	39	150,15
12'	3,85	12	960	1,0	0,016	20,00	22	0,8	39	150,15
13	3,85	18	1440	1,4	0,020	26,00	28	0,8	19	73,15
13'	3,85	18	1440	1,4	0,020	26,00	28	0,8	19	73,15
14	3,85	24	1920	1,9	0,023	26,00	28	1,0	30	115,5
14'	3,85	24	1920	1,9	0,023	26,00	28	1,0	30	115,5
15	3,85	30	2400	2,4	0,026	33,00	35	0,8	17	65,45
15'	3,85	30	2400	2,4	0,026	33,00	35	0,8	17	65,45
16	3,85	36	2880	2,9	0,028	33,00	35	0,9	25	96,25
16'	3,85	36	2880	2,9	0,028	33,00	35	0,9	25	96,25
17	3,85	42	3360	3,4	0,030	33,00	35	1,1	31	119,35
17'	3,85	42	3360	3,4	0,030	33,00	35	1,1	31	119,35
18	3,85	48	3840	3,8	0,032	33,00	35	1,2	35	134,75
18'	3,85	48	3840	3,8	0,032	33,00	35	1,2	35	134,75
19	3,85	54	4320	4,3	0,034	40,00	42	1,0	19	73,15
19'	3,85	54	4320	4,3	0,034	40,00	42	1,0	19	73,15
20	4,05	60	4800	4,8	0,036	40,00	42	1,1	23	93,15
20'	4,05	60	4800	4,8	0,036	40,00	42	1,1	23	93,15
21	4	120	9600	9,6	0,051	52,00	54	1,3	25	100
22	4	120	9600	9,6	0,051	52,00	54	1,3	25	100
Tabla 8.26. Pérdidas de carga en las tuberías el circuito primario									TOTAL	6335,95

8.4.3.2. Circuito secundario

El caudal para este circuito, según norma del IDAE, no puede exceder de un 10% de diferencia, en sentido descendente, del caudal del circuito primario. El caudal del primario es de 9600 L/h, como se ha detallado anteriormente. El caudal del circuito secundario es de 9000 L/h, que representa un 7% menos que el primario.

En el caso del circuito secundario, solo se utilizará un solo tipo de tubería, ya que, el caudal es el mismo en todo el recorrido.

El cálculo es análogo al realizado en el circuito primario:

LONGITUD (M)	CAUDAL (m^3)	D.INTERIOR CALCULAD O (mm)	D.INTE RIOR ELEGI DO (mm)	D.EXTERIOR (mm)	VELOCIDAD REAL (m/s)	PÉRDIDAS POR METRO (mm c.a)	PERDIDAS TOTAL TRAMO (mm c.a.)
64	9	49	52	54	1,1	25	1600

Tabla.8.27.- Pérdidas de carga en las tuberías del circuito secundario

8.4.4. Bombas de circulación

Como la instalación es muy grande, se instalan dos bombas idénticas en paralelo, de forma que siempre queda una de ellas en reserva, tanto en el circuito primario como secundario. El fin último de esto, es evitar la parada del sistema por avería de la bomba o por su mantenimiento.

La elección de la bomba se ha realizado en función del caudal y la pérdida de carga de diseño. De tal forma, que ambos se sitúen dentro del área de rendimiento óptimo dado por el fabricante. La presión de la bomba compensa todas las pérdidas de carga del circuito primario y secundario.

Las bombas se ubicaran en las zonas más frías del circuito, tiene espacio suficiente para que puedan ser desmontadas sin necesidad de desarmar las tuberías adyacentes. Todas las bombas llevan incorporado tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.

Para la elección de la bomba de circulación se debe conocer el total de pérdidas de carga del circuito primario (accesorios, tuberías, intercambiador, campo de colectores).

8.4.4.1. Bombas de circulación del circuito primario

Las pérdidas de carga de las tuberías se han expuesto en el punto anterior, que eran de **6336 mm.c.a.** Para el cálculo de las pérdidas de carga de los accesorios se necesita la velocidad máxima del fluido en el circuito primario.

Como ya se ha comentado, la velocidad del fluido en cada uno de los tramos se calcula a partir de la ecuación:

$$V = Q / (\pi R^2)$$

El valor máximo que se obtiene es de 1,3 m/s.

Las pérdidas debidas a accesorios se calculan a partir de los respectivos coeficientes k, mostrados en la tabla 9.18. En el circuito primario tenemos la siguiente relación de puntos de pérdidas localizadas: 46 válvulas de corte, 10 codos y 38 Tes.

$$\sum K = 38 \times 1 + 10 \times 1,2 + 46 \times 0,5 = 73$$

<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.-8.28.- Coeficientes K de pérdidas localizadas para algunas piezas o accesorios. Fuente: Enre (Ente regional de la Energía)

Las pérdidas se pueden calcular a partir de la siguiente fórmula:

$$V^2/2g \cdot \Sigma K$$

En el caso del circuito primario el valor de K es de 73, luego la pérdida de carga valdrá:

$$V^2 / 2g \cdot \Sigma K = \frac{(1,3m/s)^2}{2 \cdot 9,81m/s^2} \cdot 73 = 6280mm.c.a$$

El siguiente paso es calcular las pérdidas de carga en los colectores. Las baterías de captadores están en paralelo, sin embargo, dentro de cada batería, los captadores están en serie entre ellos. Considerando que para el caudal dado, el fabricante suministra el dato de 10 mm.c.a de pérdida de carga por colector, la pérdida de cada batería será de 60 mm.c.a. Como son 20 baterías de colectores, la pérdida total de carga en los colectores será de **1200 mm.c.a.**

La pérdida en el intercambiador suministrada por el fabricante es de 200 mm c.a.

Por lo tanto la pérdida total de presión que debe de soportar la bomba es:

De las tuberías: 6335 mm c.a

De los accesorios: 6280 mm c.a

De los colectores: 1200 mm c.a

Del Intercambiador: 200 mm.c.a

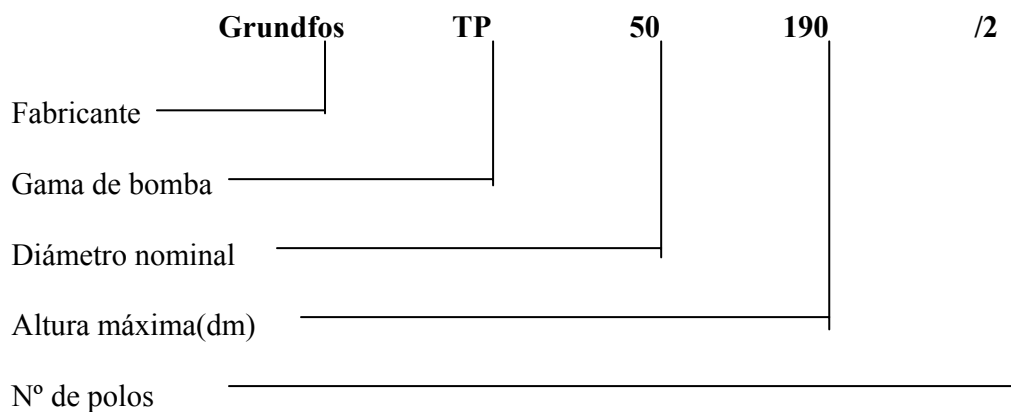
La suma total de las pérdidas de carga en el circuito primario es **de 14015 mm**

c.a.

La bomba elegida debe ser capaz de superar esta caída de presión con un factor de sobredimensionado del 10%. Por tanto, la bomba debe proveer 15,4 m c.a. para un caudal de $9,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

La bomba elegida es la **Grundfos TP 50-190/2** del fabricante Grundfos. Esta bomba esta diseñada para muchas funciones, una de las cuales es el suministro de agua. Es una bomba centrífuga monocular en línea, es del tipo acoplamiento compacto, es decir, la bomba y el motor son unidades separadas, lo que hace ser menos sensible a las impurezas del líquido bombeado. Las conexiones de carga y descarga tienen diámetro idéntico.

La bomba se ha elegido entre las distintas que ofrece el fabricante, por ser la que mejor se adapta a las necesidades de la instalación.



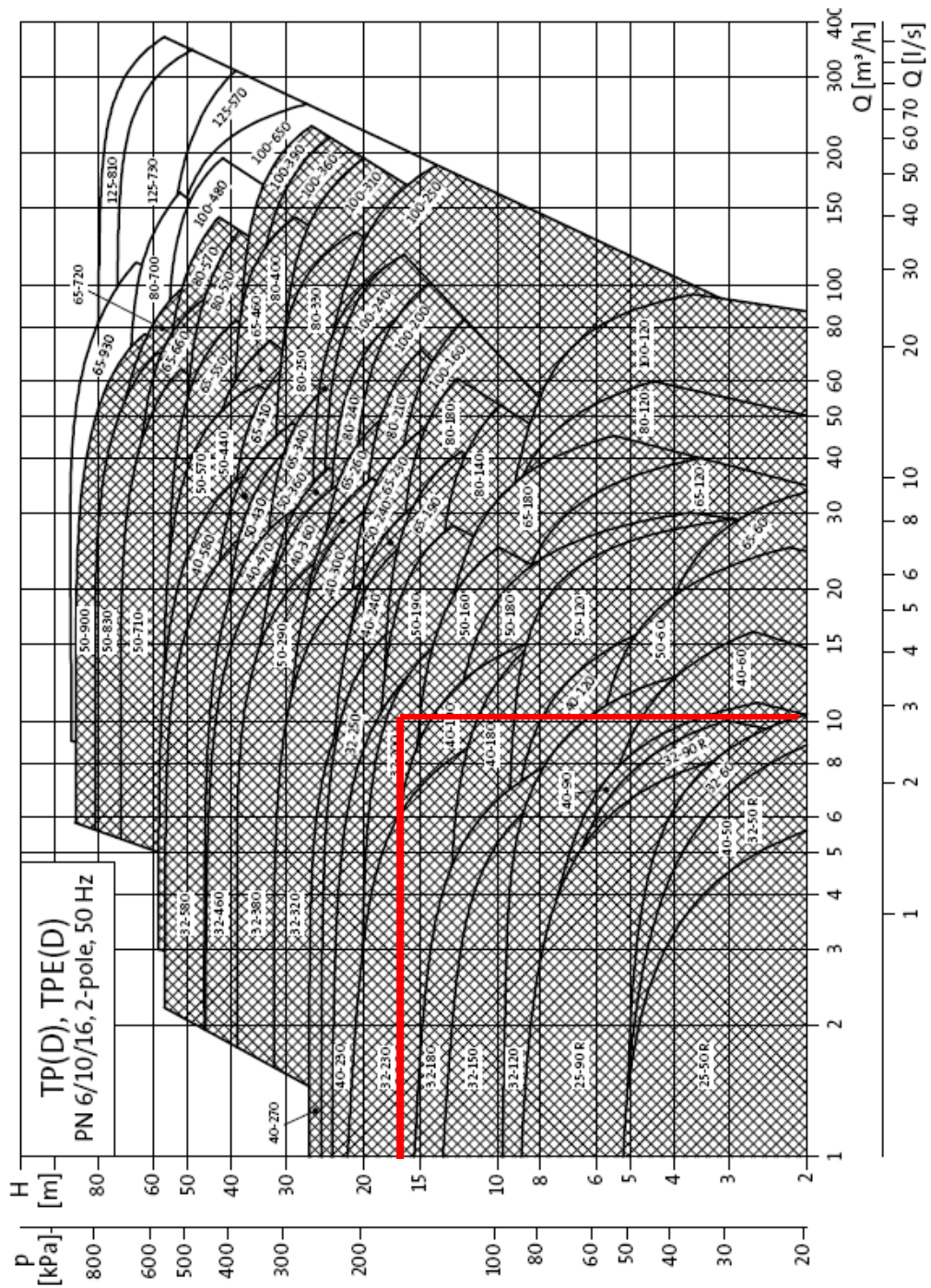


Fig.8.29.- Gama de trabajo de bombas para climatización Grundfos

Como se puede apreciar para el diámetro nominal requerido para las tuberías, los valores de caudal y altura que necesitamos se encuentran dentro de la bomba elegida. Su curva característica es la siguiente:

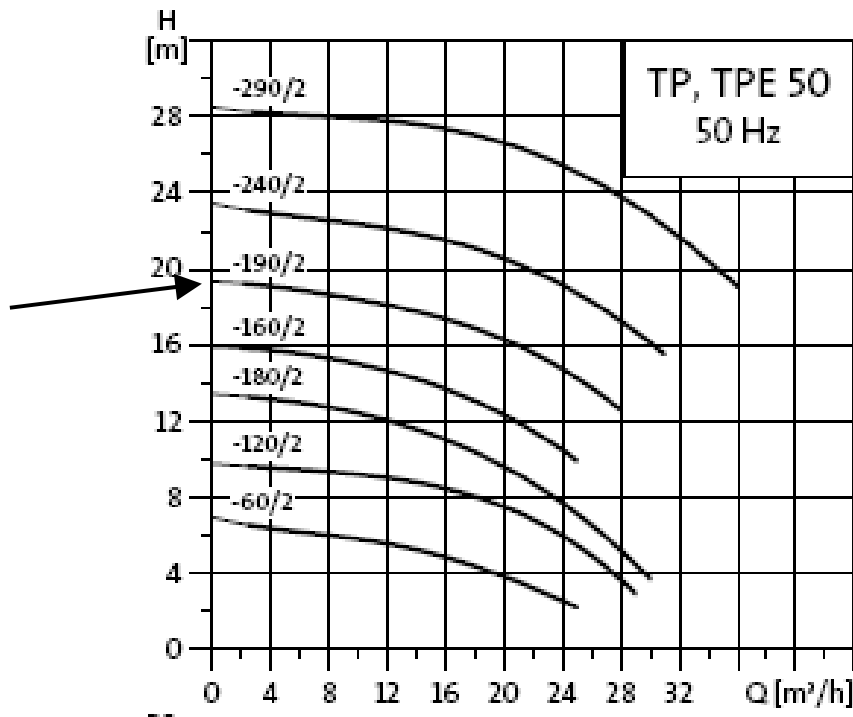


Fig.8.30.- Curva característica de la bomba seleccionada.

Los líquidos admisibles para esta bomba son:

- Líquidos refrigerantes
- Agua blanda
- Agua doméstica
- Líquidos industriales
- Agua en sistema de calefacción central.

Su mantenimiento es fácil, ya que se puede extraer el motor de manera adecuada, quedando el cuerpo de la bomba en las tuberías. Esta protegida contra la corrosión y al ser en línea permiten una tubería recta, por tanto, menos costes de instalación. Como ya se ha comentado, se dispondrán dos bombas en paralelo, por razones de mantenimiento y reparación.

8.4.4.2. Bombas de circulación del circuito secundario

Para calcular la bomba del circuito secundario habría que tener en cuenta las pérdidas de las tuberías y la de los accesorios.

Las pérdidas de carga de las tuberías se han expuesto en el punto **8.4.3.2** anterior, en la tabla **8.27**.

El valor máximo que se obtiene de velocidad es de 1,1 m/s.

Las pérdidas debidas a accesorios se calculan a partir de los respectivos coeficientes k. En el circuito secundario tenemos la siguiente relación de puntos de pérdidas localizadas: 25 válvulas de corte, 3 válvulas de retención, 18 codos y 6 Tes.

$$\sum K = 6 \times 1 + 18 \times 1,2 + 25 \times 0,5 + 3 \times 12 = 76,1$$

$$V^2 / 2g \cdot \sum K = \frac{(1,1 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot 76,1 = 4,69$$

Y la pérdida de carga valdrá $V^2/2g \cdot \sum K = 4690 \text{ mm c.a}$

Por lo tanto la pérdida total de presión que debe de soportar la bomba es:

De las conducciones: 1600 mm c.a

De los accesorios: 4690 mm c.a

Del Intercambiador: 200 mm.c.a

La suma total de las pérdidas de carga en el circuito secundario es de 6490 mm c.a.

La bomba a elegir debe ser capaz de superar esta caída de presión con un factor de sobredimensionado del 10%. Por tanto, la bomba debe proveer 7,1 m c.a. para un caudal de $9 \text{ m}^3/\text{h}$.

Para el circuito secundario se ha elegido una bomba del mismo fabricante que para el circuito secundario, con la salvedad que como el caudal y la altura son más pequeños, la bomba es de una gama más baja. En concreto la bomba es la **Grundfos TP 50-120/2**. Las características de la bomba son las mismas que las del circuito primario. Al igual que antes, se instalarán dos bombas en paralelo para facilitar el mantenimiento. En este caso, su curva característica es:

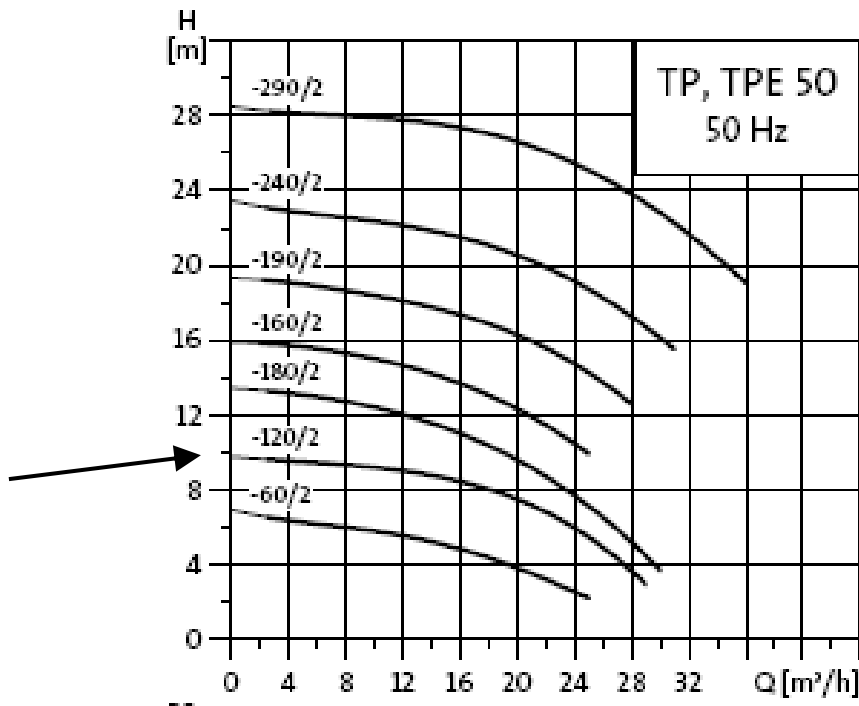


Fig.8.31.- Curva característica de la bomba seleccionada

8.4.5. Vaso de expansión

Los vasos de expansión se destinan a las instalaciones de transferencia de agua potable fría y caliente. Permiten la absorción del aumento del volumen que es consecuencia del calentamiento del agua, evitando el incremento de la presión. A medida que se va expansionando el agua, ésta penetra en el vaso, comprimiendo el colchón de aire y aumentando su presión hasta el valor determinado en el cálculo, de acuerdo con el volumen del vaso seleccionado, en función de la temperatura y presiones determinadas. Cuando el agua va enfriándose, el aire cautivo se expande, empujando el agua para que retorne a la instalación, recobrando la presión original.

Para el dimensionado del vaso de expansión hay que tener en cuenta que la capacidad del vaso debe ser suficiente para admitir la expansión del fluido, por lo tanto debe ser como mínimo igual al aumento total del volumen de fluido de la instalación a la temperatura considerada.

El vaso de expansión se conecta a la aspiración de la bomba. El vaso de expansión será cerrado, ya que se situará por debajo del campo de colectores. Además, de que presentan las siguientes ventajas sobre los abiertos:

- Fácil montaje
- No absorben oxígeno del aire

Su único inconveniente es el incremento en el coste del equipo.

Para el cálculo del volumen del depósito de expansión se ha tenido en cuenta lo expresado en el Anexo VII del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE.

Los datos que sirven de base para la selección del vaso son los siguientes:

- Volumen total de agua en la instalación, en litros.

- Temperatura mínima de funcionamiento, para la cual se asumirá el valor de 4 °C, a la que corresponde la máxima densidad.

- Temperatura máxima que pueda alcanzar el agua durante el funcionamiento de la instalación (se toma la temperatura máxima de funcionamiento del colector, 210°C)

- Presiones mínima y máxima de servicio.

- Volumen de expansión calculado, en litros.

Para la determinación del volumen del vaso de expansión se va a realizar el siguiente cálculo:

- V_u : Cantidad de agua dilatada. $V_u = V_t * Fe$.

- V_t : Contenido total de agua en la instalación

- T_m : Temperatura media del agua en la instalación $T_m = (T_{ida} + T_{retorno}) / 2$.

- P_e : Presión estática o diferencia de nivel en metros, entre el punto más alto de la instalación y el vaso.

- P_f : Presión máxima de trabajo (coincide con el valor máxima en válvula de seguridad)

- K : Coeficiente de dilatación

- Fp: Factor de presión en función de la presión absoluta inicial y la presión absoluta final :

$$F_p = 1 - (P_{ai} / P_{af}).$$

- Vv: Capacidad del vaso. $V_v = V_u / F_p$

En primer lugar, se calculará el volumen en litros del circuito primario (Vt).

El volumen de líquido caloportador contenido en un colector, según el fabricante, es de 1,6 litros.

El volumen del resto del circuito primario se calcula mediante la ecuación:

$$\Sigma \pi \cdot (\phi / 2)^2 \cdot l$$

Donde:

ϕ Es el diámetro de la tubería para cada tramo

l es la longitud de tubería de cada tramo

$$\begin{aligned} & \pi \cdot (5,2 / 2 \text{ cm})^2 \cdot 800 \text{ cm} + \pi \cdot (4 / 2 \text{ cm})^2 \cdot 12813 \text{ cm} + \pi \cdot (3,3 / 2 \text{ cm})^2 \cdot \\ & 6160 \text{ cm} + \pi \cdot (2,6 / 2 \text{ cm})^2 \cdot 3080 \text{ cm} + \pi \cdot (2 / 2 \text{ cm})^2 \cdot 1540 \text{ cm} + \pi \cdot (1,3 / 2 \text{ cm})^2 \cdot \\ & 3080 \text{ cm} = 16990 + 161918 + 52687 + 15353 + 4835 + 6287 = 258070 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Por tanto, el volumen de las tuberías será de 258 litros.

El volumen total del circuito primario, V_T , es

$$V_T = 120 \cdot 1,6 + 258 = \mathbf{450 \text{ litros de agua del circuito primario.}}$$

El depósito de expansión, como se puede observar en los planos, se encuentra en la sala de máquinas del matadero. La distancia entre éste y los colectores situados en el tejado es de 10 metros.

Por tanto, una vez obtenidos todos los datos para el cálculo:

Volumen de agua del circuito primario: 450 litros

Temperatura máxima: 210

Temperatura mínima: 4

Altura estática: 10m

Presión de trabajo: 6 bar (presión de las válvulas de seguridad)

Por tanto, el procedimiento matemático sería:

$$Fp = 1 - \frac{P_{ai}}{P_{af}} = 1 - \frac{1+1}{1+6} = 0,71$$

$$Tm = \frac{210 - 4}{2} = 107$$

El valor de K (coeficiente de dilatación se extrae de la siguiente tabla):

Temperatura (°C)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Coef. K Dilatación	0,027	0,177	0,435	0,782	1,21	1,71	2,27	2,9	3,59	4,34

Tabla 8.32.-Coeficiente de dilatación

De donde los valores de V_u y V_v son:

$$V_u = V_t \cdot K = 450 \cdot 0,0541 = 24,37 \text{ litros}$$

$$V_v = \frac{V_u}{F_p} = \frac{24,37}{0,71} = 34,1 \text{ litros}$$

Por último, el Pliego del IDAE también dice que el volumen de dilatación será, como mínimo, igual al 4,3 % del volumen total de fluido en el circuito primario.

En el caso de la instalación será:

$$V = 0,043 \cdot 450 \text{ litros} = \mathbf{19,35 \text{ litros.}}$$

Luego, el volumen calculado cumple el requisito mínimo del IDAE.

En el mercado, el depósito de expansión más próximo a esos litros es el de 50 litros. En concreto, se ha optado por el vaso de expansión **50 AMR-P-SO**, por su precio competitivo.

8.4.6. Aislamiento

El aislamiento se ha decidido en base a lo que recomienda el fabricante, de tal forma, que para las tuberías interiores se escoge un espesor de aislamiento de 19mm, y para las conducciones exteriores será de 27mm de espesor.

En la siguiente tabla se pueden observar las distintas opciones del fabricante:

Diámetro exterior del tubo				Equivalencia de espesores				SH/Armaflex espesor 9 mm.
Referencia	Cobre métrico Ø exterior tubo en mm.	Pulgadas O.D. Tubo de cobre	Pulgadas I.P.S. Tubo de hierro	Temperatura del fluido				Para ahorro energético superior al 70% en instalaciones no recogidas en el Reglamento
				40 °C a 65 °C		66 °C a 100 °C		
				RITE	SH/Armaflex	RITE	SH/Armaflex	
12	12	1/2	—	20	19	20	19	* 9- 12
15	15	5/8	1/4	20	*19	20	19	* 9- 15
18	18	3/4	3/8	20	*19	20	19	* 9- 18
22	22	7/8	1/2	20	*19	20	19	* 9- 22
28	28	1 1/8	3/4	20	*19	20	19	* 9- 28
35	35	1 3/8	1	20	*19	20	19	* 9- 35
42	42	1 5/8	1 1/4	20	*19	30	27	* 9- 42
48	—	—	1 1/2	20	*19	30	27	* 9- 48
54	54	2 1/8	—	20	19	30	27	9- 54
60	—	—	2	20	27	30	27	* 9- 60
76	—	—	2 1/2	30	27	30	27	9- 76
89	88,9	3 1/2	3	30	27	30	27	9- 89
102	100	3 5/8	3 1/2	30	27	40	36	9-102
114	114	—	4	30	27	40	36	9-114
140	—	—	5	30	27	40	36	9-140
160	159	—	—	30	27	40	36	
168	—	—	6	30	27	40	36	

Color de identificación espesores equivalentes en SH/Armaflex:

19 mm	27 mm	36 mm
-------	-------	-------

Fig.8.33.- Tabla de medidas de aislamiento

El aislamiento SH/Armaflex es un tipo de aislamiento térmico flexible de espuma elastomérica con coeficiente de conductividad térmica a 20°C de $\lambda=0,037$ W/(m·K). Es un tipo de aislamiento de uso común en instalaciones hidrosanitarias. Se ha elegido este aislamiento porque su conductividad térmica cumple con el Apéndice 031 del RITE.

El aislamiento se producirá antes de la instalación de las tuberías, optando por coquillas (de fácil instalación), y no por otros sistemas como pueden ser espumas autoadhesivas. De esta forma se gana tiempo y se ahorran costes.

Entre las principales características del aislamiento se encuentran:

- Material: Espuma elastomérica a base de caucho sintético
- Fabricación: Extrusionado con vulcanización posterior
- Color: Gris oscuro
- Aspecto: Superficie exterior: liso
- Superficie cortada: poroso
- Peculiaridades: Aislamiento térmico que cumple con el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), fácil de instalar, ahorro de tiempo, sin riesgo para la salud, sin gas de expansión C.F.C.
- Conductividad térmica a 20°C de temperatura media $\leq 0,037 \text{ W / (m}\cdot\text{K)}$
- Aspectos de salubridad

1. Olores Neutro

2. Composición No contiene asbestos

- Medio ambiente Sin gas de Expansión C.F.C.
- Comportamiento biológico y químico:

1. Resistencia al envejecimiento Muy buena

2. Corrompimiento No se corrompe
 3. Resistencia a la putrefacción Muy buena
 4. Resistencia otros materiales Muy buena
- Resistencia a la intemperie SH/Armaflex expuesto a la intemperie se protegerá

El siguiente gráfico da una idea aproximada del ahorro energético que puede llegar a dispensar este tipo de aislamientos.

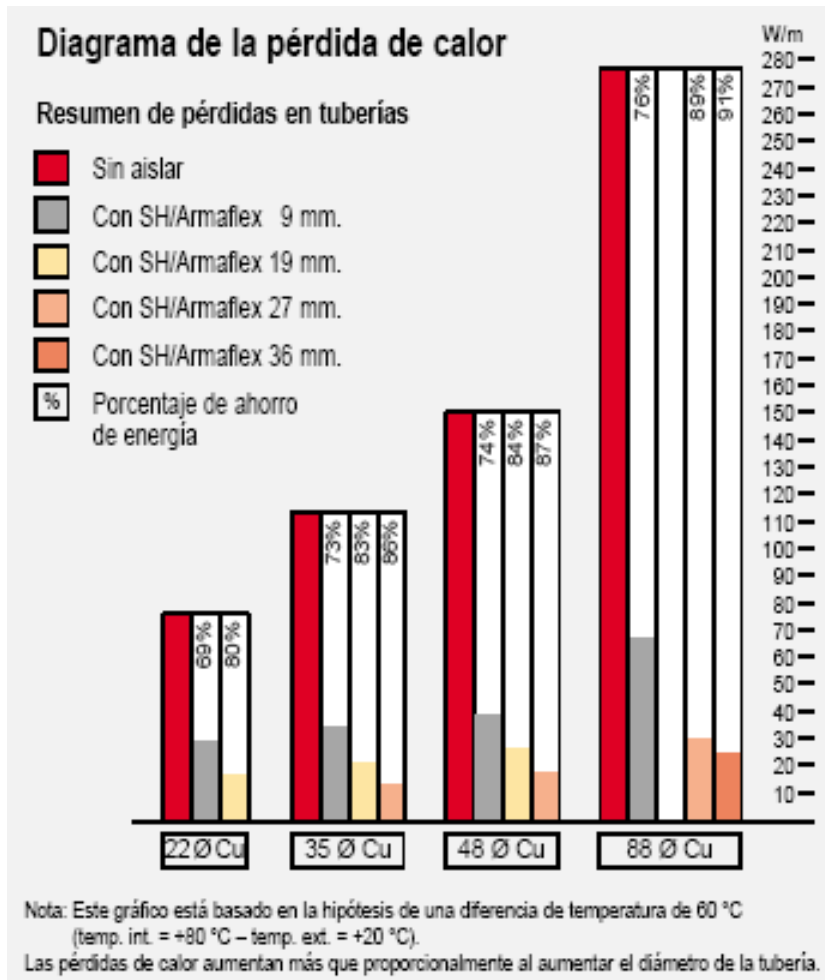


Fig.8.34.-Ahorro energético

Este tipo de aislamiento va a ser de ayuda para prevenir la congelación del agua en las tuberías. Evidentemente, con ningún aislamiento se puede proteger las tuberías por tiempo indefinido y bajo condiciones climatológicas adversas, pero el aislamiento térmico puede retrasar la congelación del agua el tiempo necesario porque varíe alguna de las condiciones.

El campo de temperaturas del SH/Armaflex es en tuberías desde + 10 °C a +105 °C, con independencia de la temperatura exterior, que en la situación a estudiar será inferior a 0 °C. A continuación se detalla como este tipo de aislamiento retrasa el tiempo de congelación.

Cálculo de Tiempo de Congelación

El proceso seguido en el cálculo coincide con el desarrollado en el proyecto de norma europea CEN 89 WG3 N-126 (ISO 12241). En este tipo de cálculos se usa el tiempo en horas y las pérdidas de calor en Kcal/(m.h.). Considérese también que el agua se congelará en codos y válvulas mal aisladas por lo que debe hacerse una buena instalación.

Para el cálculo se considera un metro de la tubería de 40mm de diámetro interno.

Los datos de partida son:

- 1 metro de tubería de 40mm de diámetro interno y 42mm de diámetro externo
- La temperatura ambiente se supone la mínima registrada en la zona:

$$T_a = -5^{\circ}\text{C}$$

- Se supone una temperatura inicial del agua de $t_i = 10^{\circ}\text{C}$

En primer lugar, se calcula el volumen de agua contenido en un metro de tubería:

$$V = \pi \cdot L \cdot r^2 = \pi \cdot 10dm \cdot (0,4^2 / 4) = 1,26litros$$

Donde;

L= longitud del tramo considerado

R= radio interno

Se puede considerar entonces que el peso aproximado es de 1,26 Kg.

$$W \approx 1,26Kg$$

Las kilocalorías cedidas al enfriar el agua hasta 0°C son:

$$Q_0 = (T_i - T_f) \cdot W \cdot C = (10 - 0) \cdot 1,26 \cdot 1 = 12,6kcal$$

Donde;

T_f= temperatura de congelación(°C)

W= caudal másico(Kg)

C=capacidad calorífica del agua(1 kcal/°CKg)

Se va a dar como porcentaje de hielo máximo aceptado el f=70%. De tal forma que las Kilocalorías cedidas al congelar el 70%:

$$Q_c = \frac{f}{100} \cdot F \cdot W = 0,70 \cdot 80 \cdot 1,26 = 70,6 Kcal$$

donde:

f = porcentaje de hielo máximo aceptado

F = Kilocalorías cedidas para congelar 1 Kg de agua

W=Kg de agua en la tubería

Con todos estos datos se está en disposición de calcular el tiempo de congelación del agua tanto en la tubería sin aislar como la que tiene aislamiento:

1. Tubería sin aislar

Lo primero es calcular las pérdidas de calor en tuberías por metro y hora:

$$q_0 = h_e \cdot \Delta t \cdot \pi \cdot D_e = 14,2 \cdot \left[\frac{10+0}{2} - (-5) \right] \cdot \pi \cdot 0,042 = 18,7 Kcal / (m \cdot h)$$

Donde:

hc = Coeficiente superficial de transmisión de calor

Las calorías cedidas para congelar todo el agua serían:

$$q_0 = h_e \cdot \Delta t \cdot \pi \cdot D_e = 14,2 \cdot [0 + 5] \cdot \pi \cdot 0,042 = 15 Kcal / (m \cdot h)$$

Por tanto los tiempos respectivos a las calorías cedidas serán:

$$t_0 = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{12,6}{18,7} = 0,7 \text{ horas}$$

$$t_c = \frac{Q_c}{q_c} = \frac{70,6}{15} = 4,7 \text{ horas}$$

El tiempo que tarda la tubería sin aislar en congelarse es:

$$t = t_0 + t_c = 5,4 \text{ horas}$$

2. Tubería con 27mm.SH/Armaflex

Lo primero es calcular las pérdidas de calor en tuberías por metro y hora:

$$q_0 = \frac{\Delta t \cdot \pi}{\frac{1}{2d} \cdot \ln \frac{Da}{De} + \frac{1}{ha \cdot Da}} = \frac{\left[\frac{(10+0)}{2} - (-5) \right] \cdot \pi}{\frac{1}{2 \cdot 0,03} \cdot \ln \frac{(0,04 + 2 \cdot 0,03)}{0,06} \cdot \frac{1}{14,2 \cdot 0,1}} = 1,72 \text{ Kcal}/(m \cdot h)$$

Donde:

Da = diámetro con aislamiento

d = espesor aislamiento

ha = Coeficiente superficial de transmisión de calor

Las calorías cedidas para congelar todo el agua serían:

$$q_0 = \frac{\Delta t \cdot \pi}{\frac{1}{2d} \cdot \ln \frac{Da}{De} + \frac{1}{ha \cdot Da}} = \frac{[0+8] \cdot \pi}{\frac{1}{2 \cdot 0,03} \cdot \ln \frac{(0,04+2 \cdot 0,03)}{0,06} \cdot \frac{1}{14,2 \cdot 0,1}} = 1,37 \text{ Kcal}/(m \cdot h)$$

Por tanto los tiempos respectivos a las calorías cedidas serán:

$$t_0 = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{12,6}{1,72} = 7,3 \text{ horas}$$

$$t_c = \frac{Q_c}{q_c} = \frac{70,6}{1,37} = 51,5 \text{ horas}$$

El tiempo que tarda la tubería aislada en congelarse es:

$$t = t_0 + t_c = 58,8 \text{ horas}$$

Es decir, la tubería sin aislar se puede congelar prácticamente en una noche, mientras que la tubería aislada de 27mm, son necesarios casi tres días de bajas temperaturas, situación muy improbable en la zona.

El fabricante del aislamiento facilita un ábaco basado en el cálculo anterior y partiendo de una temperatura ambiente, da el tiempo en horas que tarda en congelarse el 70% del agua estancada para distintos diámetros de tuberías sin aislar y aisladas con diferentes espesores.

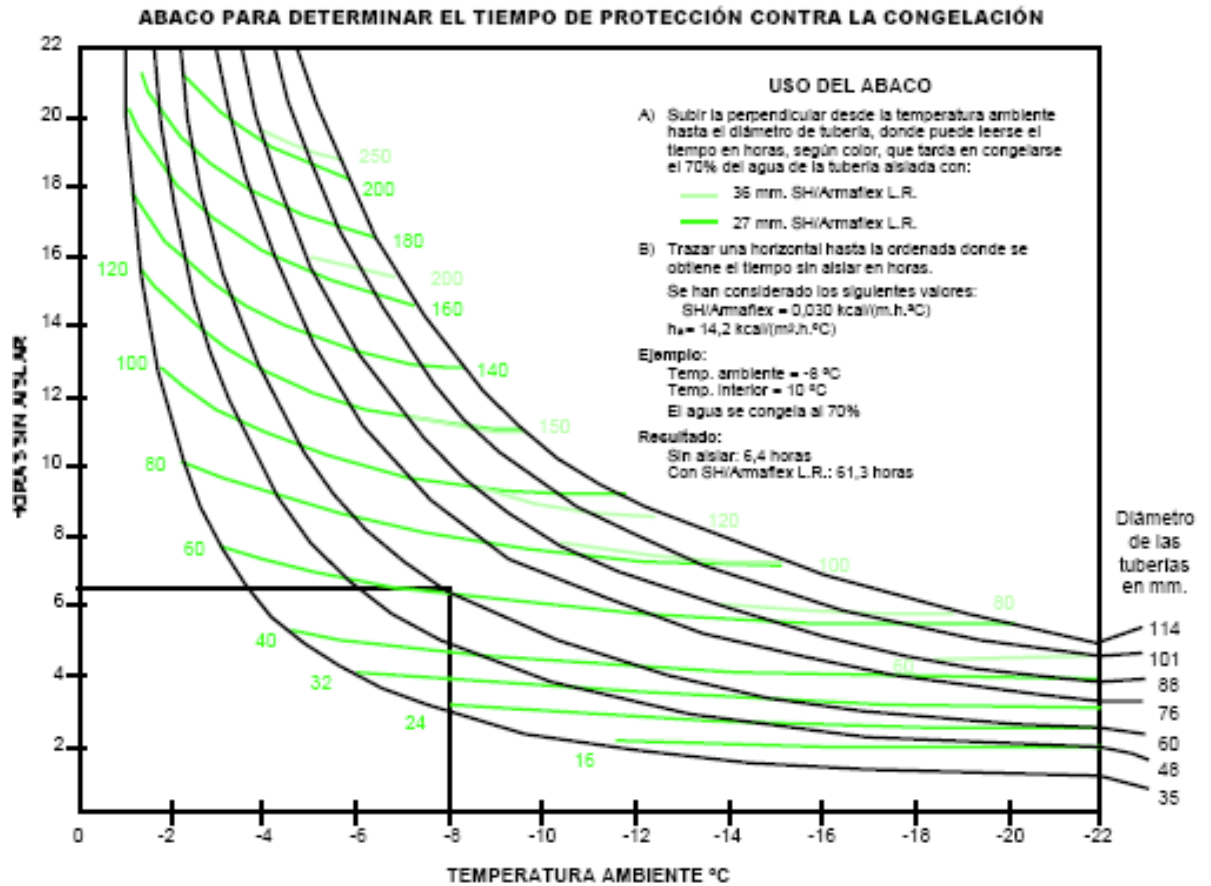


Fig. 8.35.- Ábaco tiempo congelación

8.4.7. Elementos de seguridad

Los elementos fundamentales de seguridad de la instalación son las válvulas de seguridad. Las válvulas de seguridad se encuentran en cada elemento de la instalación que puede ser aislado (mediante válvulas de corte), de manera que no se entorpezcan las tareas de mantenimiento.

Según la función que desempeñan las válvulas utilizadas son:

- Aislamiento: válvulas de esfera

- Vaciado: válvulas de esfera
- Seguridad: válvulas de resorte.
- Para retención: válvulas de claveta

Las válvulas de esfera cuya función es el aislamiento, se colocan en la entrada y salida de las baterías de colectores, de tal forma que se puedan aislar para su adecuado mantenimiento, para su reparación o sustitución, sin necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación. El intercambiador, los acumuladores y las bombas de circulación también estarán seguidas de este tipo de válvulas con el mismo fin.

El vaciado se realizará mediante válvulas de esfera, que si situarán en los puntos más bajos de los elementos de la instalación, de manera que actúen como conducciones de drenaje de la instalación. Por tanto, el vaciado podrá ser parcial o total, según que válvulas de vaciado se accionen.

Las válvulas de seguridad son las encargadas de derivar la potencia máxima de las baterías de captadores, incluso en forma de vapor, de forma que en ningún caso se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador. Esta es la función básica de las válvulas de seguridad instaladas en cada elemento, es decir, las válvulas de seguridad estarán taradas a una presión que garantice que en cualquier punto del circuito no se superará la presión máxima de trabajo de los componentes. La descarga de estas válvulas, en caso de producirse, no causará daños o accidentes.

La función básica de las válvulas de retención es evitar que se produzca flujo inverso, por eso se sitúan en los puntos de llenado y en las instalaciones de las bombas.

8.4.8. Elementos de purga de aire

Su función es la de evitar la formación de bolsas de aire en el interior de las tuberías, facilitando la circulación. El elemento encargado es el purgador de aire, que evacuará el aire. Se sitúan en los puntos altos de las baterías de captadores purgadores automáticos.

8.4.9. Llenado de la instalación

El llenado de la instalación se hará a través de válvulas de llenado automático conectadas a la red de distribución. Las operaciones de llenado se realizarán con suficiente lentitud y de las partes más bajas de la instalación a las más altas, para ir eliminando las bolsas de aire, que de no ser así dificultarían e incluso impedirían el correcto funcionamiento de la instalación. El purgador automático de aire del punto más elevado del circuito se mantendrá abierto hasta la evacuación de todo el aire del sistema.

8.4.10. Resumen

A continuación se detalla un resumen de los datos más significativos del sistema hidráulico:

DIÁMETRO INTERIOR DE LAS TUBERÍAS SEGÚN TRAMOS DE LA FIGURA 8.17	
TRAMOS	DIÁMETRO INTERIOR (mm)
0	40,00
0'	40,00
1	40,00
1'	40,00
2	40,00
2'	40,00
3	33,00
3'	33,00
4	33,00
4'	33,00
5	33,00
5'	33,00
6	33,00
6'	33,00
7	26,00
7'	26,00
8	26,00
8'	26,00
9	20,00
9'	20,00
10	13,00
10'	13,00
11	13,00
11'	13,00
12	20,00
12'	20,00
13	26,00
13'	26,00
14	26,00
14'	26,00
15	33,00
15'	33,00
16	33,00
16'	33,00
17	33,00
17'	33,00
18	33,00
18'	33,00
19	40,00
19'	40,00
20	40,00
20'	40,00
21	52,00
22	52,00

ELEMENTO	OBSERVACIONES
BOMBAS	<p>Grundfos TP 50-190/2: Para un caudal de 9,6 m³/h y una pérdida de carga de 15,4 m.c.a</p> <p>Grundfos TP 50-120/2: Para un caudal de 8,7 m³/h y una pérdida de carga de 7,1 m.c.a</p>
VASO DE EXPANSIÓN	50 AMP-R-50: Vaso de expansión de 50 litros
AISLAMIENTO	<p>Conducciones interiores: 19mm SH/Armaflex</p> <p>Conducciones exteriores: 27mm SH/Armaflex</p>
VÁLVULAS	<p>Aislamiento: válvulas de esfera</p> <p>Vaciado: válvulas de esfera</p> <p>Seguridad: válvulas de resorte.</p> <p>Retención: válvulas de claveta</p>

8.5. REGULACIÓN Y CONTROL

8.5.1. Introducción

El objetivo fundamental de los sistemas de regulación y control es optimizar el rendimiento de la instalación y evitar que ésta, alcance condiciones extremas que puedan provocar averías.

Al igual que las instalaciones convencionales de agua caliente sanitaria o calefacción, una instalación solar necesita de un sistema de regulación y de control eficaces.

Si una instalación está mal regulada pueden ocurrir dos cosas:

- Que no se aproveche toda la energía útil que se puede obtener.
- Disipar energía almacenada al ambiente.

Los dos parámetros más influyentes en la regulación son:

- La temperatura media del panel
- El caudal de fluido que circula por el mismo

Cuanto mayor sea la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura media del captador, menor será el rendimiento. Por eso, la temperatura de salida del captador debe ser lo más adaptada al nivel de consumo y la temperatura de retorno hacia el captador debe ser lo más baja posible.

Existen varios sistemas para la regulación de una instalación solar térmica, basados en el control de la temperatura y el caudal. Para elegir el adecuado es necesario comparar el precio y el rendimiento.

La normativa respecto a este apartado, se puede encontrar en el punto 3.9 y 3.10 (sistema de control y monitorización) del Pliego De Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura. Los siguientes apartados están basados en dicha norma.

8.5.2. Componentes de un sistema de regulación y control

Los tres elementos principales de un sistema de regulación y control son los sensores, el regulador y los actuadores:

- Sensores: Miden las variables a controlar de la instalación, las temperaturas.
- Regulador: Este dispositivo genera una señal de control a partir del valor de la variable controlada y el punto de consigna.
- Actuador: Es el elemento que actúa sobre la variable de operación cuando recibe la señal de control, regulando en general el flujo de materia o de energía.

En las instalaciones solares, la regulación se basa en la comparación de temperaturas en diferentes puntos de la instalación, de tal forma que se pongan en funcionamiento o en parada las bombas de circulación.

8.5.3. Sistemas de regulación y control

Existen múltiples configuraciones de sistemas de regulación. De entre los distintos sistemas disponibles se ha optado por un sistema de control con termostato diferencial y válvula mezcladora progresiva. Según normativa (RITE – ITE 10):

- El control de funcionamiento normal de las bombas será siempre de tipo diferencial y debe actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de captadores y la del depósito de acumulación.
- El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor que 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor que 7°C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada del termostato diferencial no será menor que 2 °C.

8.5.3.1. Regulación por termostato diferencial y válvula mezcladora progresiva.

Los principales elementos que presenta el sistema de control son los siguientes:

- Sonda de temperatura en el circuito primario a la salida del campo de colectores
- Sonda de temperatura en el circuito primario a la entrada del intercambiador de calor
- Sonda de temperatura en el circuito secundario en la parte inferior de los acumuladores solares.

- Sonda de temperatura en la parte superior de los acumuladores solares.
- Centralita de regulación.
- Válvula mezcladora progresiva

El control se hace en función de la temperatura diferencial entre la salida del campo de captadores y la zona más fría del sistema de acumulación. La bomba del circuito primario se conectará cuando la diferencia de temperatura en el circuito primario en la salida de captadores y la parte inferior del sistema de acumulación supere 5°C.

Con el fin de evitar paradas y arranques intermitentes de la bomba del circuito primario, se establece un periodo de funcionamiento mínimo de la bomba de 10 minutos, una vez se haya conectado. La siguiente tabla establece los valores de temperatura y tiempo en los que se mueve el termostato diferencial:

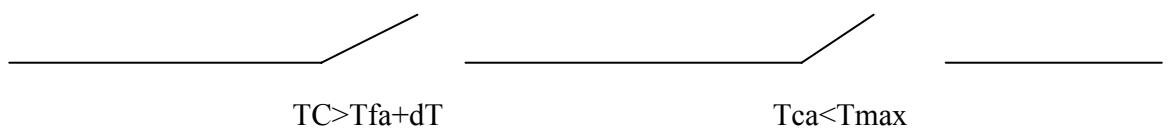
Variable	Mínimo	Máximo
Diferencia de temperatura a la conexión	5°C	7°C
Diferencia de temperatura a la desconexión	3°C	5°C
Tiempo de conexión mínimo de la bomba	7 min	10 min

Tabla 8.36.- Valores de la regulación

Se ha optado por añadir este retardo de la desconexión de la bomba de circulación para evitar que el sistema de acumulación transfiera calor al campo de colectores, ya que, el agua contenida en el circuito primario puede tener menor temperatura que la contenida en el circuito secundario debido a los periodos de parada.

La válvula mezcladora progresiva también está instalada con el fin de evitar el comportamiento anteriormente descrito. Esta válvula se activa en función de la diferencia de temperatura entre la entrada al intercambiador de calor y la temperatura en la parte inferior del sistema de acumulación. En estado reposo, la válvula se encuentra *bypasseando*. Cuando la temperatura a la entrada del intercambiador es superior a la temperatura de la parte inferior del sistema de acumulación, la válvula dará paso progresivamente al agua procedente de los captadores a través del intercambiador. La válvula vuelve a su posición inicial cuando la diferencia entre ambas temperaturas es pequeña.

En resumen, el control de la instalación se basa en la temperatura a la salida del campo de captadores, y la temperatura a la salida de los acumuladores. De tal forma, que si no se cumple una de las condiciones del gráfico posterior, el sistema se desconecta:



Donde:

TC = Sonda de temperatura a la salida del campo de colectores

T_{fa} = Sonda de temperatura en la parte inferior del sistema de acumulación

dT= Diferencia de temperaturas consigna

T_{max} = Máxima temperatura que se puede alcanzar.

8.5.3.1.1. Control de temperaturas extremas.

En la instalación se pueden dar temperaturas extremadamente bajas y altas. La instalación solar esta diseñada y construida para soportar el amplio rango de temperaturas al que puede estar sometida, desde las mínimas, con riesgo de congelación, a las máximas con riesgos de ebullición y sobrepresión.

8.5.3.1.1.1. Altas temperaturas

Las máximas temperaturas que pueden alcanzarse ocurren en periodos de bajo o nulo consumo y de elevada radiación, como puede ocurrir en verano. La instalación esta diseñada para que las temperaturas no alcancen valores perjudiciales para los materiales, para la durabilidad de los circuitos.

Cuando en el sistema de acumulación haya alcanzado 60°C (temperatura máxima), se pararan las bombas. Cuando la temperatura en el circuito primario sea demasiado elevada, el sistema drenará el circuito al exterior, y volverá a llenarse a través de la válvula de llenado automático.

8.5.3.1.1.2. Bajas temperaturas

Durante la noche el sistema no recibe energía del sol, esto hace que en la época del año donde las temperaturas son más bajas, exista riesgo de helada. En concreto, en

la zona de Cádiz en los últimos años se han venido registrando días con temperaturas inferiores a 0°C.

En este punto el sistema de control juega un papel importante. Éste activará la circulación del circuito primario cuando la temperatura detectada en captadores, alcance un valor ligeramente superior al de congelación del agua (+4°C).

Si bien existen otros sistemas antiheladas, se ha elegido este, porque en Cádiz es muy poco el tiempo en el cual existe riesgo real de helada.

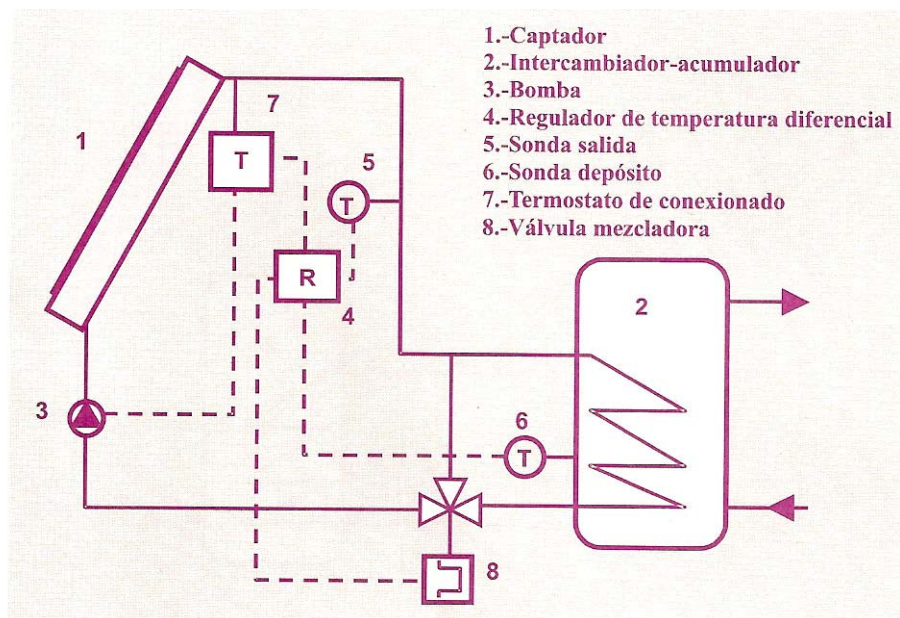


Fig.8.37.- Regulación por termostato diferencial y válvula mezcladora progresiva. Fuente: Enre

9. ESTUDIO DE SEGURIDAD

9.1.SEGURIDAD E HIGIENE EN INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

Las condiciones de operación de la instalación se encuentran dentro de los requisitos de las normas EN 12975, EN 12976 e ISO 9806.

El campo de colectores está provisto de las válvulas de seguridad necesarias. Soportan las temperaturas máximas alcanzadas en la instalación, y los conductos de escape están provistos de materiales que aguantan la corrosión. Además, la instalación dispone de un vaso de expansión en el circuito primario, que soporta la cantidad de vapor equivalente a la instalación en su momento de máxima potencia.

La instalación está diseñada de forma óptima, con el fin de evitar problemas en condiciones de estancamiento. Para evitar grandes sobrecalentamientos de la instalación parada en épocas de elevada radiación el Pliego de Condiciones del IDAE indica que no debe sobrepasarse en ningún mes el 110% de la energía necesaria.

Por otro lado, el Real Decreto 865/2003 de 4 julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis, dicta una serie de requisito técnicos que afectan a las instalaciones de energía solar térmica:

- Los acumuladores serán accesibles para su limpieza, desinfección y toma de muestras. No deben existir fugas y no debe tener lugar ningún retorno no deseado
- En el circuito secundario de preparación de agua caliente sanitaria hay que conseguir una temperatura superior a los 50°C en el punto

más alejado. La instalación debe estar preparada para soportar temperaturas superiores a 70°C

- Para instalaciones que tengan como elemento de preparación del agua caliente sanitaria la energía solar térmica, en los términos que establece el Real Decreto 865/2003, habrá que certificar que el agua del circuito secundario de la instalación es susceptible de alcanzar 65° C de temperatura en el último acumulador, antes de ser distribuida al consumidor final.

Todo esto lo cumple la instalación.

9.2. ESTUDIO DE SEGURIDAD

Para el estudio de seguridad se tendrá en cuenta la Ley de Prevención de Riesgos Laborales además del Real Decreto 1627/97, de 24 de Octubre de 1997, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. Este Real Decreto proviene de la Directiva 92/57/CEE del Consejo, 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.

Existe un riesgo apreciable de que ocurra un accidente sino se realiza una planificación adecuada a la hora de proyectar. A esto se le añade la falta de coordinación entre las distintas empresas cuando se está ejecutando la obra. Esto mismo es lo que intenta evitar la directiva mencionada anteriormente. Ésta directiva deja claro que la integración de la Seguridad, anterior y posterior al proceso constructivo, debe ser planificada tanto cuando se proyecta como cuando se ejecuta la obra.

Éste Real Decreto pone de relieve cuales son las funciones de cada uno de los que forman parte del proyecto.

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 sea igual o superior a 75 millones de pesetas
- Duración estimada superior a 30 días laborales, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores, simultáneamente.
- Volumen de mano de obra estimada superior a 500, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra.
- Realización de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En todos los proyectos de obra no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud, el cual será elaborado por el técnico competente designado por el promotor.

En aplicación del estudio de seguridad y salud o, en este caso, del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad en el trabajo en el que 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. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención

que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no 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.

9.3.FUNDAMENTO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

En el apartado 2 del Artículo 6 del R.D 1627/1997, se especifica de que debe constar el estudio básico de seguridad y salud:

- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.
- 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.)

9.4.ANÁLISIS DE RIESGOS

Los principales riesgos a tener en cuenta serán los propios derivados de la construcción. No se van a utilizar materiales peligrosos.

9.4.1. Análisis y prevención de los riesgos en los medios y en la maquinaria

- Maquinaria

- Camiones.
- Grúas
- Carretillas
- Hormigonera

Se utilizarán las siguientes herramientas:

- Sierra circular.
- Herramientas manuales diversas.

La prevención sobre la utilización de estas máquinas y herramientas se desarrollará en base a lo siguiente:

- Reglamentación oficial.

Se cumplirá el Reglamento de máquinas, en las Instrucciones Técnicas Complementarias (I.T.C.) correspondientes, y acorde con las especificaciones

de los fabricantes. En el Plan se hará especial hincapié en las normas de seguridad sobre montaje y uso de la grúa torre.

- Las máquinas y herramientas a utilizar en obra tendrán un manual de instrucciones de manejo que incluya:

- Riesgos que entraña para los trabajadores
- Modo de uso con seguridad.

- No se utilizarán máquinas sin reglamentar.

- *Medios auxiliares*

Los medios auxiliares previstos en la realización de esta obra son:

- Plataforma de entrada y salida de materiales
- Andamios colgantes.
- Escaleras de mano.

De estos medios, la ordenación de la prevención se realizará mediante la aplicación de la Ordenanza de Trabajo y la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, ya que tanto los andamios como las escaleras de mano están totalmente normalizados. Referente a la plataforma de entrada y salida de materiales, se utilizara un modelo normalizado y se dispondrá de las protecciones colectivas de: barandillas, enganches para cinturón de seguridad y demás elementos de uso corriente.

9.4.2. Análisis y prevención de riesgos en la fase de obras

A continuación se expondrán los riesgos existentes, las operaciones a realizar, la prevención que se puede aplicar y por último se comentarán tanto las protecciones colectivas como las personales.

9.4.2.1. Identificación de riesgo

Para poder identificar que tipos de riesgos existen, se deben especificar en primer lugar las operaciones que se realizan en la obra. Las actividades de trabajos se pueden clasificar en:

- b. Áreas externas a las instalaciones de la empresa.
- c. Etapas en el proceso de producción o en el suministro de un servicio.
- d. Trabajos planificados y de mantenimiento.
- e. Tareas definidas

Para cada actividad de trabajo será necesario información sobre:

- a. Tareas a realizar. Su duración y frecuencia.
- b. Lugares donde se realiza el trabajo.
- c. Quien realiza el trabajo, tanto permanente como ocasional.
- d. Otras personas que puedan ser afectadas por las actividades de trabajo (por ejemplo: visitantes, subcontratistas, público).

- e. Formación que han recibido los trabajadores sobre la ejecución de sus tareas.
- f. Procedimientos escritos de trabajo, y/o permisos de trabajo.
- g. Instalaciones, maquinaria y equipos utilizados.
- h. Herramientas manuales.
- i. Instrucciones de fabricantes y suministradores para el funcionamiento y mantenimiento de planta, maquinaria y equipos.
- j. Tamaño, forma, carácter de la superficie y peso de los materiales a manejar.
- k. Distancia y altura a las que han de moverse de forma manual los materiales.
- l. Energías utilizadas (por ejemplo: aire comprimido).
- m. Sustancias y productos utilizados y generados en el trabajo.
- n. Estado físico de las sustancias utilizadas (humos, gases, vapores, líquidos, polvo, sólidos).
- o. Contenido y recomendaciones del etiquetado de las sustancias utilizadas.
- p. Requisitos de la legislación vigente sobre la forma de hacer el trabajo, instalaciones, maquinaria y sustancias utilizadas.
- q. Medidas de control existentes.
- r. Datos relativos a la actuación en prevención de riesgos laborales: incidentes, accidentes, enfermedades laborales derivadas de la actividad que se desarrolla, de los equipos y de las sustancias utilizadas. Debe buscarse información dentro y fuera de la organización.

- s. Datos de evaluaciones de riesgos existentes, relativos a la actividad desarrollada.
- t. Organización del trabajo.

Los niveles de riesgo de acuerdo a su probabilidad estimada y a sus consecuencias esperadas son:

		CONSECUENCIAS		
		BAJA	MEDIA	ALTA
PROBABILIDAD	BAJA	T	TO	MO
	MEDIA	TO	MO	I
	ALTA	MO	I	IN

Tabla 9.1.- Cuantificación de riesgos

Los niveles de riesgos indicados en el cuadro anterior forman la base para decidir si se requiere mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos.

En la siguiente tabla se especifican las acciones a tomar en función de la categoría del riesgo.

Riesgo	Acción y temporización
Trivial (T)	No se requiere acción específica.
Tolerable (TO)	<p>No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante.</p> <p>Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.</p>
Moderado (M)	<p>Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado.</p> <p>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</p>

	determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Importante (I)	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.
Intolerable (IN)	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 9.2.- Acciones

A continuación se analizarán los distintos riesgos que hay en función de la tarea que realiza el trabajador:

- montador

- soldador

- electricista e instrumentista

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

		Caída de personas a distinto nivel	Caída de objetos de cotas superiores	Pisadas sobre objetos, caídas al mismo nivel	Cortes por objetos y herramientas	Golpes con objetos o herramientas	
MONTADOR	Probabilidad	A					
		M					
		B	X	X	X	X	X
	Severidad de las consecuencias	A	X				
		M		X		X	
		B			X		X
	Grado del riesgo	TRI.			X		
		TOL.		X			X
		MOD.	X			X	
		IMP.					
		INT.					
	SOLDADOR	Probabilidad	A				
M						X	
B			X	X	X		
Severidad de las consecuencias		A	X				
		M		X		X	
		B			X		X
Grado del riesgo		TRI.			X		
		TOL.		X			X
		MOD.	X			X	
		IMP.					
		INT.					
ELECTRICISTA		Probabilidad	A				
	M					X	
	B		X	X	X		X
	Severidad de las consecuencias	A	X				
		M		X		X	
		B			X		X
	Grado del riesgo	TRI.			X		
		TOL.		X			X
		MOD.	X			X	
		IMP.					
		INT.					
	MEDIDAS DE PROTECCIÓN		Usar andamios estables, con dos barandillas, rodapiés y escaleras interiores o cestas hidráulicas	Usar casco, calzado de seguridad y marquesinas de protección en las zonas de paso. Limpiar de objetos las zonas superiores.	Limpiar la zona de trabajo, iluminar correctamente la zona de trabajo	Usar guantes y ropa que cubra brazos y piernas. Usar las herramientas en buen estado de uso.	Usar casco, proteger y señalar las zonas de choque y reconocer el espacio útil antes de comenzar el trabajo

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

		Contactos eléctricos	Caída de objetos izados	Proyecciones de partículas en ojos	Sobreesfuerzos	Exposición a ruidos	
MONTADOR	Probabilidad	A				X	
		M		X	X		
	Severidad de las consecuencias	B	X	X			
		A	X				
		M		X		X	
	Grado del riesgo	B			X		X
		TRI.					X
		TOL.		X	X		
MOD.		X			X		
IMP.							
INT.							
SOLDADOR	Probabilidad	A					
		M			X	X	
	Severidad de las consecuencias	B	X	X			X
		A		X			
		M	X			X	
	Grado del riesgo	B			X		X
		TRI.					X
		TOL.	X		X		
MOD.			X		X		
IMP.							
INT.							
ELECTRICISTA	Probabilidad	A					
		M					
	Severidad de las consecuencias	B	X	X	X	X	X
		A	X	X			
		M				X	
	Grado del riesgo	B			X		X
		TRI.			X		X
		TOL.				X	
MOD.		X	X				
IMP.							
INT.							
MEDIDAS DE PROTECCIÓN		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	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	Usar gafas de seguridad. Para trabajos intensivos con la radial usar pantallas de protección facial. Impartir formación de cómo quitarse las gafas y lavarse	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	Uso recomendado de tapones en ambientes ruidosos.	

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

		Quemaduras	Incendio de la zona de trabajo	Explosión e incendio de botellas de gases comprimidos.	Contactos con sustancias cáusticas y/o corrosivas.	Trabajo en condiciones de stress térmico	
MONTADOR	Probabilidad	A					
		M	X				
		B		X	X	X	X
	Severidad de las consecuencias	A		X	X		
		M				X	X
		B	X				
	Grado del riesgo	TRI.					
		TOL.	X			X	X
		MOD.		X	X		
		IMP.					
SOLDADOR	Probabilidad	A					
		M	X				
		B		X	X	X	X
	Severidad de las consecuencias	A		X	X		X
		M				X	
		B	X				
	Grado del riesgo	TRI.					
		TOL.	X			X	
		MOD.		X	X		X
		IMP.					
ELECTRICISTA	Probabilidad	A					
		M					
		B	X	X	X		
	Severidad de las consecuencias	A		X	X		
		M					X
		B	X				
	Grado del riesgo	TRI.	X				
		TOL.					
		MOD.		X	X		X
		IMP.					
MEDIDAS DE PROTECCIÓN	Usar guantes y ropa que cubra los brazos y piernas, usar mandil de cuero y en posiciones forzadas usar chaquetilla, pantalón de cuero y polainas. No tocar las partes recién cortadas o soldadas y no dirigir el chorro de chispas hacia el cuerpo.		Limpiar la zona de trabajo y proteger los materiales combustibles. Conocer la situación de los medios de extinción.	Mantener las botellas siempre en posición vertical. Para los sopletes usar válvulas antirretroceso a la salida de las botellas y entrada a la caña.	Usar ropa, guantes y botas resistentes a dichas sustancias.	Establecer turnos de trabajo y descanso en función del WBGT. No permitir que un trabajador permanezca sólo en el área de trabajo.	

9.4.3. Medidas preventivas

Para esta obra las medidas preventivas se impondrán según las líneas siguientes:

- Normativa de prevención dirigida y entregada a los operarios de las máquinas y herramientas para su aplicación en todo su funcionamiento.
- Cuidar del cumplimiento de la normativa vigente en:
 - a. Manejo de máquinas y herramientas.
 - b. Movimiento de materiales y cargas.
 - c. 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 para los trabajadores.
- 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 con los trabajos de realización de obra.
- Orden y limpieza en toda la obra.

- Delimitación de las zonas de trabajo y cercado si es necesaria la prevención.
- Medidas específicas

9.4.4. Protecciones colectivas

Las protecciones colectivas necesarias se estudiarán sobre los planos de edificación y en consideración a las partidas de obra en cuanto a los tipos de riesgos indicados anteriormente y a las necesidades de los trabajadores. Las protecciones previstas son:

- Señales varias en la obra de indicación de peligro.
- Señales normalizadas para el tránsito de vehículos.
- Valla de obra delimitando y protegiendo el centro de trabajo.
- Plataforma de madera cubriendo el espacio entre el edificio y las instalaciones del personal.
- Comprobación de que todas las máquinas y herramientas disponen de sus protecciones colectivas de acuerdo con la normativa vigente.
- Finalmente, el plan puede adoptar mayores protecciones colectivas. En primer lugar todas aquéllas que resulten según la normativa vigente y que aquí no estén relacionadas, y en segundo lugar, aquellas que considere el autor del plan incluso incidiendo en los medios auxiliares de ejecución de obra para una buena construcción

Todo ello armonizado con las posibilidades y formación de los trabajadores en la prevención de riesgos.

9.4.5. Protecciones personales

Las protecciones necesarias para la realización de los trabajos previstos desde el proyecto son las siguientes:

- Protección del cuerpo, de acuerdo con la climatología, mediante ropa de trabajo adecuada.
- Protección del trabajador en su cabeza, extremidades, ojos y contra caídas de altura con los siguientes medios:
 - Casco
 - Poleas de seguridad.
 - Cinturón de seguridad.
 - Gafas antipartículas.
 - Pantalla de soldadura eléctrica.
 - Gafas para soldadura autógena.
 - Guantes finos de goma para contactos con el hormigón.
 - Guantes de cuero para manejo de materiales.
 - Guantes de soldador.
 - Mandil.
 - Polainas.
 - Gafas antipolvo
 - Botas de agua.

- Impermeables.
- Protectores gomados.

- Protectores contra ruido mediante elementos normalizados.

- Complementos de calzado, polainas y mandiles.

9.5. Análisis de riesgos catastróficos

El único riesgo catastrófico previsto es el de incendio. Por otra parte no se espera la acumulación de materiales con alta carga de fuego.

El riesgo considerado posible se cubrirá con las siguientes medidas:

- Realizar revisiones periódicas en la instalación eléctrica de la obra.

- Colocar en los lugares, o locales, independientes aquellos productos muy inflamables con señalización expresa sobre su mayor riesgo.

- Prohibir hacer fuego dentro del recinto de la obra; caso de necesitar calentarse algún trabajador, debe hacerse de una forma controlada y siempre en recipientes, bidones por ejemplo, en donde se mantendrán las ascuas. Las temperaturas de invierno tampoco son extremadamente bajas en el emplazamiento de esta obra.

- Disponer en la obra de extintores, mejor polivalentes, situados en lugares tales como oficina, vestuario, pie de escaleras internas de la obra, etc.

9.6. Primeros auxilios y medicina preventiva

- *Medicina preventiva.*

Las posibles enfermedades profesionales que puedan originarse en esta obra son las normales que trata la medicina del trabajo y la higiene industrial.

Todo ello se resolverá de acuerdo con los servicios de prevención de empresa quienes ejercerán la dirección y el control de las enfermedades profesionales, tanto en la decisión de utilización de los medios preventivos como la observación médica de los trabajadores.

- Primeros auxilios.

Para atender a los primeros auxilios existirá un botiquín de urgencia situado en los vestuarios, y se comprobará que, entre los trabajadores presentes en la obra, uno, por lo menos, haya recibido un curso de socorrismo.

10. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

10.1. GENERALIDADES

El mantenimiento de una instalación solar térmica está determinado por el mantenimiento de cada uno de los componentes y equipos que lo constituyen, así como por el clima de la zona donde se encuentra ubicado (humedad, contaminación, etc.) y las características del agua que circula por el secundario.

En una instalación de este tipo es preciso realizar tareas de vigilancia, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo con el fin de:

- Asegurar su funcionamiento.
- Mantener su seguridad.
- Conseguir la máxima eficiencia de sus equipos
- Prolongar la duración de la misma.

Mantenimiento	Actuaciones	Personal	Frecuencia
vigilancia	Observación de valores correctos de operación	Usuario	Al menos 1 vez al mes
Preventivo	<ul style="list-style-type: none">• Inspección visual• Verificación• Asegurar funcionamiento	Personal técnico especializado	Cada seis meses
correctivo	Corregir defectos como consecuencia de anomalías.	Personal técnico especializado	Cuando el sistema falle

Tabla 10.1.- Tipos de mantenimiento

Según normativa (RITE- ITE 08):

- El mantenimiento será efectuado por empresas mantenedoras o por mantenedores debidamente autorizados por la correspondiente Comunidad Autónoma.

10.2. VIGILANCIA

Consiste en verificar el correcto funcionamiento de la instalación observando algunos de los valores de operación. Se tendrá especial cuidado en ver si las bombas hacen algún ruido anormal, funcionamiento de las bombas de acuerdo al control, temperatura del acumulador y del intercambiador y la temperatura del campo de colectores.

Si algún valor se encuentra fuera de rango, avisar a mantenimiento.

10.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El plan de mantenimiento preventivo incluye todas las operaciones de mantenimiento o sustitución, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante toda su vida útil.

El mantenimiento preventivo no puede ser realizado por el usuario, tiene que ser personal técnico especializado quién lo efectúe.

Durante el periodo de garantía de la instalación, la empresa instaladora será la responsable de la realización de las labores de mantenimiento preventivo, sin coste alguno para el usuario.

Los trabajos que se tengan que realizar en una instalación de energía solar sólo se deben llevar a cabo en:

- Horas tempranas de la mañana
- Últimas horas de la tarde
- Cuando el cielo esté cubierto ó

- Tapando los captadores

Según RITE – ITE 08, cuando sea necesario sustituir equipos, piezas o materiales de una instalación, la empresa de mantenimiento es responsable de que los elementos nuevos que se instalen cumplan la normativa vigente en cuanto al nivel de calidad, homologación y aprobación o registro de tipos.

10.4. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Son operaciones realizadas como consecuencia de la detección de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación, el plan de vigilancia o el mantenimiento preventivo.

Generalmente el fallo es descubierto por el usuario durante las operaciones de vigilancia. Normalmente el fallo se detecta cuando la avería ya está muy avanzada y el deterioro puede ser importante.

Se pueden distinguir dos tipos de anomalías en las instalaciones, aquellas que impiden el funcionamiento del sistema o que disminuyen sustancialmente su rendimiento, y aquellas que no impiden el funcionamiento, ni afectan al rendimiento, pero que si no se detectan y corrigen pueden llegar a inutilizar la instalación. Al primer tipo de anomalías se las denomina averías y al segundo degradaciones.

10.4.1. Averías

Síntomas:

- El sistema auxiliar funciona excesivo tiempo en un día soleado
- La instalación genera mucho ruido, o algún ruido anormal.

- La instalación no calienta en un día soleado.
- El rendimiento del sistema es muy bajo.
- El sistema de energía auxiliar no arranca
- Los manómetros fluctúan.
- Algunos de los circuitos tienen fugas importantes.

Posibles anomalías:

- El quemador o la resistencia del sistema auxiliar está averiado.
- Falta de suministro en la red eléctrica.
- El termostato no funciona.
- La cubierta de los captadores está muy sucia.
- Se ha fundido un fusible.
- Rotura del cristal del captador
- Ha reventado alguna tubería o válvula de la instalación.
- Bolsas de aire
- Bomba atascada
- Fallos en el sistema de control

10.4.2. Degradaciones

Síntomas:

- Alguno de los circuitos tiene una pequeña fuga
- Condensaciones en el interior del captador
- Disminución del rendimiento de la instalación.
- Deformación de las tuberías.
- Deformación de la caja del captador.

Posibles degradaciones:

- Pérdida de fluido y disminución del rendimiento.
- Mal estado del aislamiento
- Suciedad excesiva del intercambiador
- Tensiones térmicas, posibles dilataciones.

10.5. FRECUENCIA MÍNIMA DE OPERACIONES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Abreviaturas:

- IV: Inspección Visual
- CF: Control de funcionamiento.

A. CAPTADORES SOLARES

	Periodicidad meses	Operaciones
Colectores	6	IV de diferencias sobre el original
Cubierta Transparente	6	IV de condensaciones y suciedad
Absorbedor	6	IV de agrietamientos y deformaciones
Carcasa	6	IV de deformación, oscilaciones y estado de los orificios de respiración
Conexiones	6	IV de aparición de fugas
Estructura	6	IV de degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos

B. ACUMULADORES

	Periodicidad meses	Operaciones
Depósito	24	IV de presencia de lodos en fondo
Ánodos sacrificio	12	IV de desgaste
Aislamiento	12	IV de ausencia de humedad

C. INTERCAMBIADOR

	Periodicidad meses	Operaciones
Intercambiador de placas	12	CF de la eficiencia y prestaciones
	60	Limpieza interior

D. CIRCUITO HIDRÁULICO

	Periodicidad meses	Operaciones
Fluido caloportador	12	Comprobación densidad
Aislamiento exterior	6	IV de degradación, protecciones, uniones y ausencia de humedad
Purgadores	6	CF y limpieza
Vaso de expansión	6	Comprobación de la presión
Válvulas de corte	12	CF de apertura y cierre para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF de apertura y cierre
Bomba	12	Comprobación de estanqueidad

E. SISTEMA DE CONTROL

	Periodicidad meses	Operaciones
Control diferencial	12	CF según el control diseñado para el sistema
Termostato	12	Comprobación exactitud lecturas

10.6. REGISTRO DE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

Según normativa (RITE – ITE 08), el registro de operaciones de mantenimiento de cada instalación se hará por duplicado y se entregará una copia al titular de la instalación, además los documentos se guardarán al menos durante tres años, contados a partir de la fecha de ejecución de la correspondiente operación de mantenimiento.

Para el caso de este proyecto, el mantenedor deberá llevar un registro de las operaciones de mantenimiento, en el que se reflejen los resultados de las tareas realizadas. Deben numerarse correlativamente las operaciones de mantenimiento de la instalación incluyendo como mínimo la siguiente información:

- El titular de la instalación y la ubicación de ésta.

- El titular de mantenimiento.
- El número de orden de la operación en la instalación.
- La fecha de ejecución
- Las operaciones realizadas y el personal que las realizó.
- Materiales sustituidos
- Observaciones.

11. VIABILIDAD ECONÓMICA

11.1. GENERALIDADES

Para evaluar la rentabilidad de la instalación se va a tener en cuenta la Tasa Interna de Rendimiento (TIR). Se llama TIR al tipo de interés al que hay que descontar una serie de flujos en una fecha determinada para que tenga un valor actual neto igual cero, es decir, iguala el valor presente de los flujos de ingresos futuros (intereses, amortizaciones parciales), con el costo de la inversión inicial. La Tasa Interna de Rendimiento o TIR es un indicador que nos dice aproximadamente cuál será la rentabilidad que podemos esperar de nuestra inversión

Para calcular el TIR se utiliza la siguiente expresión;

$$B = A \cdot \Sigma [(1 + c) / (1 + e)]^t - M \cdot \Sigma [(1 + g) / (1 + e)]^t - C$$

Donde:

B es el beneficio neto (€)

A es el ahorro de combustible (€/año)

M es el coste de mantenimiento (€/año)

C es el coste de inversión (€)

c es el incremento de combustible anual porcentual

e es el interés bancario en tanto por ciento

g es la inflación en tanto por ciento

t es el tiempo en años

C es el valor de la instalación. En el caso de este proyecto, el valor de la instalación se corresponde únicamente con la instalación solar, ya que la instalación de energía auxiliar ya está instalada. A este coste, habrá que añadir el coste que produce el mantenimiento de la instalación (M), éste mantenimiento engloba a todas las operaciones de mantenimiento posteriores como las reparaciones de piezas etc., suele ser el 1% del valor total de la instalación.

También se calculará el ahorro energético anual A producido al introducir la instalación solar, responsable de la recuperación de la inversión realizada.

A estos valores conocidos y fijos (C, M y A), hay que añadir otros valores que fluctúan con el paso del tiempo, se tomará un valor constante calculado en un mes determinado:

- El incremento anual del coste del combustible sustituido “c”
- El incremento del coste del mantenimiento, según la inflación anual “i”
- El interés bancario “e”

El beneficio neto “B” se obtiene a partir de restarle al ahorro energético anual el coste de mantenimiento y el total de la inversión realizada. Evidentemente, este beneficio será negativo en los primeros años, y será positivo cuando se haya rentabilizado la instalación. Cuando $B = 0$ significará que se habrá alcanzado el *tiempo de retorno de la inversión*.

La tasa interna de retorno TIR siempre deberá ser superior al interés bancario, si bien la instalación será tanto más rentable cuanto mayor sea el TIR.

11.2. SUBVENCIÓN DEL IDAE Y PROSOL

El Instituto de Desarrollo de Ahorro y Energía (IDAE) todos los años subvenciona aquellos proyectos de energía solar térmica que cumplen una serie de requisitos. En el año 2006, el IDAE ha delegado muchas de sus funciones en las distintas instituciones autonómicas responsables del sector energético. Por eso, para el presente proyecto se tomará en cuenta la subvención proveniente del PROGRAMA PROSOL de la Junta de Andalucía, en concreto el organismo que lleva adelante dicha iniciativa es SODEAN S.A. (Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía).

Dicha institución facilita un programa en formato Access a través del cual se puede calcular el total de la subvención según la instalación. Para este cálculo se ha empleado el PRI 2003 VERSIÓN 3.1.0., facilitado por SODEAN S.A. Habría que introducir dentro del apartado de instalaciones solares térmicas el captador empleado, el volumen de acumulación, el número de captadores (la superficie, por tanto) y especificar que tipo de instalación es ; Termosifón directo, indirecto, o forzada directa o indirecta.

En concreto, para el caso de este proyecto la subvención a fondo perdido podría alcanzar el 37% del total del capital invertido. En las bases de la subvención se especifica que para PYMES, la subvención se podría aumentar en un 10% más, aunque también se dice que la cantidad determinada por el PRI no tiene que ser la que finalmente se asigne.

Para tener una visión global de lo que puede ocurrir, aunque lo normal es que la subvención se conceda, se va a proceder en el cálculo con cuatro supuestos; una subvención del 47%, una del 37%, una del 20% y el caso en el que no se contemple la subvención.

Al coste total de la instalación habrá que restarle la cuantía de la subvención.

11.3. TIEMPO DE RETORNO DEL CAPITAL INVERTIDO

Los valores para este proyecto son los siguientes:

- Coste de la instalación; Se tendrá en cuenta el resultado del presupuesto del presente proyecto. Cuando el supuesto contemple la subvención habrá que restarle esta al coste total.
- Ahorro de combustible anual (A): Según datos de la empresa Snell Servicios el precio del Gasóleo C se encuentra en torno al 0,07 €/Kwh. Esto, multiplicado por el número total de Kwh ahorrados anualmente y por una eficiencia de la caldera estimada en un 90% , daría el total de euros ahorrados:

$$A = 0,07 \text{ €/Kwh} \times 1095833 \text{ Kcalh} \times 0,278 \text{ Kw/Kcal} \times 100/90 = 23694 \text{ € anuales}$$

- Coste de mantenimiento (M): Se considera el coste de mantenimiento anual igual al 1,8% del total de la inversión, 2585 €. Esto es un dato que facilita el Plan de Energía Renovables.
- Incremento del precio de combustible (c): Según datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística en el mes de julio de 2006, este

valor se puede tomar como el 11,8% para el aumento anual en el precio de los combustibles.

- Inflación (g): Este dato se extrae del Banco de España para el mes de julio de 2006, y asciende al 4%.
- Interés financiero (e): El interés financiero, según el Banco de España en el mes de julio de 2006, se sitúa entorno al 4,59%.

El tiempo de vida útil para la instalación será de 25 años.

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

SUBVENCIÓN DEL 47%		CALCULO DEL TIEMPO DE RETORNO DEL CAPITAL INVERTIDO	
DATOS INICIALES			
COSTE INSTALACIÓN(C)	148656,66 €	$B = A \cdot \sum [(1 + c) / (1 + e)]^t - M \cdot \sum [(1 + g) / (1 + e)]^t - C$ <p> B= Beneficio neto Q1= $\sum [(1 + c) / (1 + e)]^t$ T= tiempo Q2= $\sum [(1 + g) / (1 + e)]^t$ A= Ahorro Anual M= Mantenimiento </p>	
MANTENIMIENTO(M)	2675,82 €/AÑO		
SUBVENCIÓN	69868,63 €		
VIDA ÚTIL	25,00 AÑOS		
IPC (ABRIL 06) (g)	0,04		
INTERÉS FINANCIERO (e)	0,05		
COSTE ANUAL GASOLEO C	0,07 €/KWH		
AHORRO ANUAL(A)	23694,00 €		
SOBRE COSTE DE COMBUSTIBLE(c)	0,12		

t	A	Q1	M	Q2	AHORRO	MANTEN	INVERSIÓN	B
0	23694,00	1,000	2675,82	1,000	23694,00	2675,82	78788,03	-57769,85
1	23694,00	1,069	2675,82	0,993	25324,94	2657,91	56121,00	-33453,97
2	23694,00	1,142	2675,82	0,987	27068,15	2640,13	31692,97	-7264,95
3	23694,00	1,221	2675,82	0,980	28931,35	2622,46	5384,08	20924,82
4	23694,00	1,305	2675,82	0,973	30922,80	2604,91	-22933,82	51251,71
5	23694,00	1,395	2675,82	0,967	33051,33	2587,48	-53397,68	83861,53
6	23694,00	1,491	2675,82	0,961	35326,38	2570,16	-86153,89	118910,11
7	23694,00	1,594	2675,82	0,954	37758,02	2552,96	-121358,95	156564,02
8	23694,00	1,703	2675,82	0,948	40357,04	2535,87	-159180,12	197001,29
9	23694,00	1,821	2675,82	0,941	43134,97	2518,90	-199796,18	240412,25
10	23694,00	1,946	2675,82	0,935	46104,10	2502,05	-243398,24	287000,29
11	23694,00	2,080	2675,82	0,929	49277,62	2485,30	-290190,55	336982,87
12	23694,00	2,223	2675,82	0,923	52669,57	2468,67	-340391,46	390592,36
13	23694,00	2,376	2675,82	0,916	56295,01	2452,15	-394234,32	448077,18
14	23694,00	2,539	2675,82	0,910	60170,01	2435,74	-451968,58	509702,85

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

15	23694,00	2,714	2675,82	0,904	64311,73	2419,44	-513860,87	575753,16
16	23694,00	2,901	2675,82	0,898	68738,54	2403,25	-580196,16	646531,45
17	23694,00	3,101	2675,82	0,892	73470,06	2387,17	-651279,06	722361,95
18	23694,00	3,314	2675,82	0,886	78527,27	2371,19	-727435,14	803591,23
19	23694,00	3,542	2675,82	0,880	83932,59	2355,32	-809012,41	890589,69
20	23694,00	3,786	2675,82	0,874	89709,98	2339,56	-896382,83	983753,26
21	23694,00	4,047	2675,82	0,868	95885,05	2323,90	-989943,98	1083505,12
22	23694,00	4,325	2675,82	0,863	102485,16	2308,35	-1090120,79	1190297,61
23	23694,00	4,623	2675,82	0,857	109539,59	2292,90	-1197367,48	1304614,17
24	23694,00	4,941	2675,82	0,851	117079,60	2277,56	-1312169,53	1426971,57
25	23694,00	5,281	2675,82	0,845	125138,62	2262,32	-1435045,83	1557922,13

SUBVENCIÓN DEL 37%		CALCULO DEL TIEMPO DE RETORNO DEL CAPITAL INVERTIDO
DATOS INICIALES		
COSTE INSTALACIÓN(C)	148656,66 €	$B = A \cdot \sum [(1 + c) / (1 + e)] ^t - M \cdot \sum [(1 + g) / (1 + e)] ^t - C$ <p> B= Beneficio neto Q1=∑ [(1 + c) / (1 + e)] ^t T= tiempo Q2= ∑[(1 + g) / (1 + e)] ^t A= Ahorro Anual M= Mantenimiento </p>
MANTENIMIENTO(M)	2675,82 €/AÑO	
SUBVENCIÓN	55002,97 €	
VIDA ÚTIL	25,00 AÑOS	
IPC (ABRIL 06) (g)	0,04	
INTERÉS FINANCIERO (e)	0,05	
COSTE ANUAL GASOLEO C	0,07 €/KWH	
AHORRO ANUAL(A)	23694,00 €	
SOBRE COSTE DE COMBUSTIBLE(c)	0,12	

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

t	A	Q1	M	Q2	AHORRO	MANTEN	INVERSIÓN	B
0	23694,00	1,000	2675,82	1,000	23694,00	2675,82	93653,70	-72635,52
1	23694,00	1,069	2675,82	0,993	25324,94	2657,91	70986,67	-48319,63
2	23694,00	1,142	2675,82	0,987	27068,15	2640,13	46558,64	-22130,61
3	23694,00	1,221	2675,82	0,980	28931,35	2622,46	20249,74	6059,15
4	23694,00	1,305	2675,82	0,973	30922,80	2604,91	-8068,15	36386,05
5	23694,00	1,395	2675,82	0,967	33051,33	2587,48	-38532,01	68995,87
6	23694,00	1,491	2675,82	0,961	35326,38	2570,16	-71288,23	104044,44
7	23694,00	1,594	2675,82	0,954	37758,02	2552,96	-106493,29	141698,35
8	23694,00	1,703	2675,82	0,948	40357,04	2535,87	-144314,46	182135,62
9	23694,00	1,821	2675,82	0,941	43134,97	2518,90	-184930,52	225546,58
10	23694,00	1,946	2675,82	0,935	46104,10	2502,05	-228532,57	272134,63
11	23694,00	2,080	2675,82	0,929	49277,62	2485,30	-275324,89	322117,20
12	23694,00	2,223	2675,82	0,923	52669,57	2468,67	-325525,79	375726,69
13	23694,00	2,376	2675,82	0,916	56295,01	2452,15	-379368,65	433211,52
14	23694,00	2,539	2675,82	0,910	60170,01	2435,74	-437102,92	494837,18
15	23694,00	2,714	2675,82	0,904	64311,73	2419,44	-498995,21	560887,49
16	23694,00	2,901	2675,82	0,898	68738,54	2403,25	-565330,49	631665,78
17	23694,00	3,101	2675,82	0,892	73470,06	2387,17	-636413,39	707496,29
18	23694,00	3,314	2675,82	0,886	78527,27	2371,19	-712569,48	788725,56
19	23694,00	3,542	2675,82	0,880	83932,59	2355,32	-794146,75	875724,02
20	23694,00	3,786	2675,82	0,874	89709,98	2339,56	-881517,17	968887,59
21	23694,00	4,047	2675,82	0,868	95885,05	2323,90	-975078,31	1068639,46
22	23694,00	4,325	2675,82	0,863	102485,16	2308,35	-1075255,13	1175431,94
23	23694,00	4,623	2675,82	0,857	109539,59	2292,90	-1182501,81	1289748,50
24	23694,00	4,941	2675,82	0,851	117079,60	2277,56	-1297303,86	1412105,90
25	23694,00	5,281	2675,82	0,845	125138,62	2262,32	-1420180,16	1543056,46

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

SUBVENCIÓN DEL 20%		CALCULO DEL TIEMPO DE RETORNO DEL CAPITAL INVERTIDO	
DATOS INICIALES			
COSTE INSTALACIÓN(C)	148656,66 €	$B = A \cdot \sum [(1 + c) / (1 + e)]^t - M \cdot \sum [(1 + g) / (1 + e)]^t - C$ <p> B= Beneficio neto $Q1 = \sum [(1 + c) / (1 + e)]^t$ T= tiempo $Q2 = \sum [(1 + g) / (1 + e)]^t$ A= Ahorro Anual M= Mantenimiento </p>	
MANTENIMIENTO(M)	2675,82 €/AÑO		
SUBVENCION	29731,33 €		
VIDA ÚTIL	25,00 AÑOS		
IPC (ABRIL 06) (g)	0,04		
INTERÉS FINANCIERO (e)	0,05		
COSTE ANUAL GASOLEO C	0,07 €/KWH		
AHORRO ANUAL(A)	23694,00 €		
SOBRE COSTE DE COMBUSTIBLE(c)	0,12		

t	A	Q1	M	Q2	AHORRO	MANTEN	INVERSIÓN	B
0	23694,00	1,000	2675,82	1,000	23694,00	2675,82	118925,33	-97907,15
1	23694,00	1,069	2675,82	0,993	25324,94	2657,91	96258,30	-73591,27
2	23694,00	1,142	2675,82	0,987	27068,15	2640,13	71830,27	-47402,24
3	23694,00	1,221	2675,82	0,980	28931,35	2622,46	45521,38	-19212,48
4	23694,00	1,305	2675,82	0,973	30922,80	2604,91	17203,48	11114,41
5	23694,00	1,395	2675,82	0,967	33051,33	2587,48	-13260,38	43724,23
6	23694,00	1,491	2675,82	0,961	35326,38	2570,16	-46016,59	78772,81
7	23694,00	1,594	2675,82	0,954	37758,02	2552,96	-81221,66	116426,72
8	23694,00	1,703	2675,82	0,948	40357,04	2535,87	-119042,82	156863,99
9	23694,00	1,821	2675,82	0,941	43134,97	2518,90	-159658,88	200274,95
10	23694,00	1,946	2675,82	0,935	46104,10	2502,05	-203260,94	246863,00
11	23694,00	2,080	2675,82	0,929	49277,62	2485,30	-250053,25	296845,57
12	23694,00	2,223	2675,82	0,923	52669,57	2468,67	-300254,16	350455,06
13	23694,00	2,376	2675,82	0,916	56295,01	2452,15	-354097,02	407939,88
14	23694,00	2,539	2675,82	0,910	60170,01	2435,74	-411831,29	469565,55

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

15	23694,00	2,714	2675,82	0,904	64311,73	2419,44	-473723,57	535615,86
16	23694,00	2,901	2675,82	0,898	68738,54	2403,25	-540058,86	606394,15
17	23694,00	3,101	2675,82	0,892	73470,06	2387,17	-611141,76	682224,65
18	23694,00	3,314	2675,82	0,886	78527,27	2371,19	-687297,84	763453,93
19	23694,00	3,542	2675,82	0,880	83932,59	2355,32	-768875,11	850452,39
20	23694,00	3,786	2675,82	0,874	89709,98	2339,56	-856245,54	943615,96
21	23694,00	4,047	2675,82	0,868	95885,05	2323,90	-949806,68	1043367,82
22	23694,00	4,325	2675,82	0,863	102485,16	2308,35	-1049983,49	1150160,31
23	23694,00	4,623	2675,82	0,857	109539,59	2292,90	-1157230,18	1264476,87
24	23694,00	4,941	2675,82	0,851	117079,60	2277,56	-1272032,23	1386834,27
25	23694,00	5,281	2675,82	0,845	125138,62	2262,32	-1394908,53	1517784,83

SIN SUBVENCIÓN		CALCULO DEL TIEMPO DE RETORNO DEL CAPITAL INVERTIDO	
DATOS INICIALES			
COSTE INSTALACIÓN(C)	148656,66 €	$B = A \cdot \sum [(1 + c) / (1 + e)]^{t-1} - M \cdot \sum [(1 + g) / (1 + e)]^{t-1} - C$ <p> B= Beneficio neto Q1=∑ [(1 + c) / (1 + e)]^t T= tiempo Q2=∑ [(1 + g) / (1 + e)]^t A= Ahorro Anual M= Mantenimiento </p>	
MANTENIMIENTO(M)	2675,82 €/AÑO		
SUBVENCIÓN	0,00 €		
VIDA ÚTIL	25,00 AÑOS		
IPC (ABRIL 06) (g)	0,04		
INTERÉS FINANCIERO (e)	0,05		
COSTE ANUAL GASOLEO C	0,07 €/KWH		
AHORRO ANUAL(A)	23694,00 €		
SOBRE COSTE DE COMBUSTIBLE(c)	0,12		

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

t	A	Q1	M	Q2	AHORRO	MANTEN	INVERSIÓN	B
0	23694,00	1,000	2675,82	1,000	23694,00	2675,82	148656,66	-127638,48
1	23694,00	1,069	2675,82	0,993	25324,94	2657,91	125989,63	-103322,60
2	23694,00	1,142	2675,82	0,987	27068,15	2640,13	101561,60	-77133,58
3	23694,00	1,221	2675,82	0,980	28931,35	2622,46	75252,71	-48943,81
4	23694,00	1,305	2675,82	0,973	30922,80	2604,91	46934,81	-18616,92
5	23694,00	1,395	2675,82	0,967	33051,33	2587,48	16470,96	13992,90
6	23694,00	1,491	2675,82	0,961	35326,38	2570,16	-16285,26	49041,48
7	23694,00	1,594	2675,82	0,954	37758,02	2552,96	-51490,32	86695,38
8	23694,00	1,703	2675,82	0,948	40357,04	2535,87	-89311,49	127132,66
9	23694,00	1,821	2675,82	0,941	43134,97	2518,90	-129927,55	170543,61
10	23694,00	1,946	2675,82	0,935	46104,10	2502,05	-173529,61	217131,66
11	23694,00	2,080	2675,82	0,929	49277,62	2485,30	-220321,92	267114,23
12	23694,00	2,223	2675,82	0,923	52669,57	2468,67	-270522,82	320723,73
13	23694,00	2,376	2675,82	0,916	56295,01	2452,15	-324365,69	378208,55
14	23694,00	2,539	2675,82	0,910	60170,01	2435,74	-382099,95	439834,22
15	23694,00	2,714	2675,82	0,904	64311,73	2419,44	-443992,24	505884,53
16	23694,00	2,901	2675,82	0,898	68738,54	2403,25	-510327,53	576662,82
17	23694,00	3,101	2675,82	0,892	73470,06	2387,17	-581410,43	652493,32
18	23694,00	3,314	2675,82	0,886	78527,27	2371,19	-657566,51	733722,59
19	23694,00	3,542	2675,82	0,880	83932,59	2355,32	-739143,78	820721,05
20	23694,00	3,786	2675,82	0,874	89709,98	2339,56	-826514,20	913884,62
21	23694,00	4,047	2675,82	0,868	95885,05	2323,90	-920075,35	1013636,49
22	23694,00	4,325	2675,82	0,863	102485,16	2308,35	-1020252,16	1120428,97
23	23694,00	4,623	2675,82	0,857	109539,59	2292,90	-1127498,85	1234745,54
24	23694,00	4,941	2675,82	0,851	117079,60	2277,56	-1242300,89	1357102,94
25	23694,00	5,281	2675,82	0,845	125138,62	2262,32	-1365177,20	1488053,50

Por tanto, el tiempo de retorno del capital invertido según el supuesto sería:

- a) Subvención del 47%: 4 años
- b) Subvención del 37%: 4 años
- c) Subvención del 20%: 5 años
- d) Sin subvención: 6 años

Para calcular la TIR se parte de la misma ecuación inicial, donde se conocen todos los términos. Sin embargo el objetivo ahora es calcular el valor de ‘e’ que hace B=0, de tal forma que agrupando términos la expresión queda:

$$A \cdot \underbrace{\left[\frac{(1+c)^{t+1}}{(1+TIR)^t} - (1+c) \right]}_{Q1^*} - M \underbrace{\left[\frac{(1+g)^{t+1}}{(1+TIR)^t} - (1+g) \right]}_{Q2^*} - C = 0$$

A continuación se detalla el cálculo del TIR para cada supuesto:

SUBVENCIÓN DEL 47%			TASA INTERNA DE RENTABILIDAD					
TIR	T	A	Q1*	AHORRO	M	Q2*	MANTENIM	B
0,49	25,00	23694,00	3,00	71155,20	2675,82	2,30	6163,72	-13796,56
0,48	25,00	23694,00	3,09	73110,60	2675,82	2,36	6303,35	-11980,78
0,41	25,00	23694,00	3,82	90444,48	2675,82	2,80	7490,11	4166,34
0,42	25,00	23694,00	3,69	87492,59	2675,82	2,73	7294,09	1410,47
0,43	25,00	23694,00	3,58	84722,96	2675,82	2,66	7108,01	-1173,08
0,425	25,00	23694,00	3,63	86086,02	2675,82	2,69	7199,85	98,14
0,4255	25,00	23694,00	3,63	85947,79	2675,82	2,69	7190,56	-30,80
0,4254	25,00	23694,00	3,63	85975,40	2675,82	2,69	7192,42	0,00

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

<i>SUBVENCIÓN DEL 37%</i>				<i>TASA INTERNA DE RENTABILIDAD</i>				
<i>TIR</i>	<i>T</i>	<i>A</i>	<i>Q1*</i>	<i>AHORRO</i>	<i>M</i>	<i>Q2*</i>	<i>MANTENIM</i>	<i>B</i>
0,4	25,00	23694,00	3,95	93596,42	2675,82	2,88	7696,87	-7754,15
0,35	25,00	23694,00	4,78	113156,59	2675,82	3,34	8926,64	10576,25
0,37	25,00	23694,00	4,41	104465,92	2675,82	3,14	8390,98	2421,25
0,36	25,00	23694,00	4,59	108646,09	2675,82	3,23	8650,65	6341,74
0,38	25,00	23694,00	4,25	100583,04	2675,82	3,04	8146,25	-1216,91
0,375	25,00	23694,00	4,33	102489,22	2675,82	3,09	8266,83	568,70
0,3765	25,00	23694,00	4,30	101910,13	2675,82	3,08	8230,29	26,14
0,3766	25,00	23694,00	4,30	101871,75	2675,82	3,07	8227,86	0,00

<i>SUBVENCIÓN DEL 20%</i>				<i>TASA INTERNA DE RENTABILIDAD</i>				
<i>TIR</i>	<i>T</i>	<i>A</i>	<i>Q1*</i>	<i>AHORRO</i>	<i>M</i>	<i>Q2*</i>	<i>MANTENIM</i>	<i>B</i>
0,35	25,00	23694,00	4,78	113156,59	2675,82	3,34	8926,64	-14695,39
0,3	25,00	23694,00	6,00	142195,58	2675,82	3,97	10612,73	12657,51
0,33	25,00	23694,00	5,20	123324,91	2675,82	3,56	9533,95	-5134,38
0,32	25,00	23694,00	5,45	129075,43	2675,82	3,69	9868,96	281,14
0,321	25,00	23694,00	5,42	128478,08	2675,82	3,68	9834,43	-281,67
0,3203	25,00	23694,00	5,44	128895,68	2675,82	3,68	9858,57	111,78
0,3204	25,00	23694,00	5,44	128835,87	2675,82	3,68	9855,12	55,43
0,3205	25,00	23694,00	5,43	128776,11	2675,82	3,68	9851,66	0,00

<i>SIN SUBVENCIÓN</i>				<i>TASA INTERNA DE RENTABILIDAD</i>				
<i>TIR</i>	<i>T</i>	<i>A</i>	<i>Q1*</i>	<i>AHORRO</i>	<i>M</i>	<i>Q2*</i>	<i>MANTENIM</i>	<i>B</i>
0,3	25,00	23694,00	6,00	142195,58	2675,82	3,97	10612,73	-17073,82
0,25	25,00	23694,00	7,95	188355,60	2675,82	4,88	13046,65	26652,29
0,27	25,00	23694,00	7,05	167077,99	2675,82	4,47	11955,83	6465,50
0,28	25,00	23694,00	6,67	157966,98	2675,82	4,29	11473,31	-2163,00
0,275	25,00	23694,00	6,85	162409,01	2675,82	4,38	11709,81	2042,53
0,277	25,00	23694,00	6,78	160605,80	2675,82	4,34	11614,10	335,03
0,2775	25,00	23694,00	6,76	160160,55	2675,82	4,33	11590,41	-86,52
0,2774	25,00	23694,00	6,76	160249,43	2675,82	4,33	11595,14	0,00

Es decir, la tasa interna de rentabilidad según los supuestos es:

SUBVENCIÓN (%)	TIR
47	42,54%
37	37,66%
20	32,05%
0	27,64%

En definitiva, la tasa interna de rentabilidad alcanza valores muy aceptables para cuando la instalación se encuentra subvencionada. Y aunque el valor de la TIR no es tan alto cuando no se aplica la subvención, alcanza casi un 28%, valor muy aceptable. El tiempo de recuperación del capital invertido se aumentaría a 6 años, dicho tiempo tampoco es un valor muy grande.

Lo más probable es que se concediese la subvención del 37% o como muy poco, entorno al 20-30%. De todas formas, la instalación es rentable por sí sola, debido al aumento de los precios en el combustible.

B.

ANEXOS

ANEXO I

CÁLCULO DE LA INCLINACIÓN DE LOS CAPTADORES

I.1. MÉTODO DE CÁLCULO

Se calculará el área de colectores y el número de colectores resultante para las distintas inclinaciones. El fin último es encontrar la inclinación que da una menor área de captación, y por tanto, un menor número de colectores.

Para ello, se desarrolla el mismo método de cálculo seguido en la memoria para el cálculo del área, con la salvedad de que se modificará el parámetro “k”, radiación sobre superficie inclinada, según las distintas inclinaciones:

Latitud: 36 °. Cádiz

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
20	1.22	1.18	1.12	1.06	1.01	.99	1.01	1.06	1.14	1.22	1.28	1.27
45	1.34	1.23	1.1	.97	.87	.84	.87	.98	1.14	1.32	1.44	1.43
30	1.29	1.22	1.13	1.04	.98	.95	.98	1.05	1.16	1.29	1.37	1.36
26	1.29	1.22	1.13	1.04	.98	.95	.98	1.05	1.16	1.29	1.37	1.36
27	1,29	1,22	1,14	1,06	1	0,97	1	1,07	1,17	1,28	1,36	1,35
28	1.32	1.24	1.12	1	.91	.88	.91	1.01	1.16	1.29	1.37	1.36

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

INCLINACIÓN 20°

MES	Nº DE DÍAS DEL MES	H RADIACION HORIZONTAL (MJ/M2)	H RADIACION HORIZONTAL (KWH/M2)	H RADIACION MODIFICADA (KWH/M2)	K FACTOR CORRECCION	E=I x H RADIACION INCLINADA	T AMBIENTE (°C)	T FRIA (°C)	HORAS UTILES DE SOL	I (W/M2)	RENDIMIENTO MENSUAL
ENERO	31	8,1	2,25	8,51	1,22	10,38	13	8	8	360,3	0,44
FEBRERO	28	11,5	3,19	12,08	1,18	14,25	15	9	9	439,8	0,51
MARZO	31	15,7	4,36	16,49	1,12	18,46	17	11	9	569,9	0,58
ABRIL	30	18,5	5,14	19,43	1,06	20,59	19	13	9	635,5	0,61
MAYO	31	22,2	6,17	23,31	1,01	23,54	21	14	9,5	688,4	0,63
JUNIO	30	23,8	6,61	24,99	0,99	24,74	24	15	9,5	723,4	0,65
JULIO	31	25,9	7,20	27,20	1,01	27,47	27	16	9,5	803,1	0,67
AGOSTO	31	23	6,39	24,15	1,06	25,60	27	15	9,5	748,5	0,67
SEPTIEMBRE	30	18,1	5,03	19,01	1,14	21,67	25	14	9	668,7	0,65
OCTUBRE	31	14,2	3,94	14,91	1,22	18,19	22	13	9	561,4	0,61
NOVIEMBRE	30	10	2,78	10,50	1,28	13,44	18	11	8	466,7	0,55
DICIEMBRE	31	7,4	2,06	7,77	1,27	9,87	15	8	7,5	365,5	0,46

MES	CONSUMO A.C.S. (LITROS/DIA)	CONSUMO A.C.S. (LITROS/MES)	CONSUMO A.C.S. (m3/MES)	Q energia calorifica necesaria (mj/mes)	Q captador	Q útil (mj/M2)	RESULTADO	
ENERO	16638,7	515800	515,8	79773,6	4,3	134,4	Nº PANELES	119,08
FEBRERO	18021,4	504600	504,6	75932,2	6,8	189,8		
MARZO	18309,7	567600	567,6	80667,3	9,8	303,1	SUPERFICIE COLECTORA(m2)	316,76
ABRIL	16203,3	486100	486,1	65020,7	11,2	337,4		
MAYO	26812,9	831200	831,2	107706,9	13,2	408,4		
JUNIO	40346,7	1210400	1210,4	151784,2	14,1	424,4		
JULIO	39380,6	1220800	1220,8	147985,4	16,4	509,5		
AGOSTO	39371,0	1220500	1220,5	153050,7	15,5	480,0		
SEPTIEMBRE	32223,3	966700	966,7	125265,0	12,9	387,4		
OCTUBRE	16993,5	526800	526,8	70464,8	10,4	323,0		
NOVIEMBRE	17820,0	534600	534,6	75977,4	7,0	211,1		
DICIEMBRE	17512,9	542900	542,9	83964,9	4,4	135,4		
	24969,5		760,7	1217593,04		3843,9		

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

INCLINACIÓN 45°

MES	Nº DE DÍAS DEL MES	H RADIACION HORIZONTAL (MJ/M2)	H RADIACION HORIZONTAL (KWH/M2)	H RADIACION MODIFICADA (KWH/M2)	K FACTOR CORRECCION	E=I x H RADIACION INCLINADA	T AMBIENTE (°C)	T FRIA (°C)	HORAS UTILES DE SOL	I (W/M2)	RENDIMIENTO MENSUAL
ENERO	31	8,1	2,25	8,51	1,34	11,40	13	8	8	395,7	0,47
FEBRERO	28	11,5	3,19	12,08	1,23	14,85	15	9	9	458,4	0,52
MARZO	31	15,7	4,36	16,49	1,1	18,13	17	11	9	559,7	0,57
ABRIL	30	18,5	5,14	19,43	0,97	18,84	19	13	9	581,6	0,59
MAYO	31	22,2	6,17	23,31	0,87	20,28	21	14	9,5	593,0	0,61
JUNIO	30	23,8	6,61	24,99	0,84	20,99	24	15	9,5	613,8	0,63
JULIO	31	25,9	7,20	27,20	0,87	23,66	27	16	9,5	691,8	0,66
AGOSTO	31	23	6,39	24,15	0,98	23,67	27	15	9,5	692,0	0,66
SEPTIEMBRE	30	18,1	5,03	19,01	1,14	21,67	25	14	9	668,7	0,65
OCTUBRE	31	14,2	3,94	14,91	1,32	19,68	22	13	9	607,4	0,62
NOVIEMBRE	30	10	2,78	10,50	1,44	15,12	18	11	8	525,0	0,57
DICIEMBRE	31	7,4	2,06	7,77	1,43	11,11	15	8	7,5	411,5	0,49

MES	CONSUMO A.C.S. (LITROS/DIA)	CONSUMO A.C.S. (LITROS/MES)	CONSUMO A.C.S. (m3/MES)	Q energia calorifica necesaria (mj/mes)	Q captador	Q útil (mj/M2)
ENERO	16638,7	515800	515,8	79773,6	4,6	142,9
FEBRERO	18021,4	504600	504,6	75932,2	6,9	193,4
MARZO	18309,7	567600	567,6	80667,3	9,7	301,4
ABRIL	16203,3	486100	486,1	65020,7	11,0	330,0
MAYO	26812,9	831200	831,2	107706,9	12,8	395,6
JUNIO	40346,7	1210400	1210,4	151784,2	13,7	412,5
JULIO	39380,6	1220800	1220,8	147985,4	16,1	500,0
AGOSTO	39371,0	1220500	1220,5	153050,7	15,3	475,1
SEPTIEMBRE	32223,3	966700	966,7	125265,0	12,9	387,4
OCTUBRE	16993,5	526800	526,8	70464,8	10,6	328,8
NOVIEMBRE	17820,0	534600	534,6	75977,4	7,3	219,8
DICIEMBRE	17512,9	542900	542,9	83964,9	4,7	144,8
	24969,5		760,7	1217593,04		3831,7

RESULTADO	
Nº PANELES	119,46
SUPERFICIE COLECTORA(m2)	317,77

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

INCLINACIÓN 30°

MES	Nº DE DÍAS DEL MES	H RADIACION HORIZONTAL (MJ/M2)	H RADIACION HORIZONTAL (KWH/M2)	H RADIACION MODIFICADA (KWH/M2)	K FACTOR CORRECCION	E=I x H RADIACION INCLINADA	T AMBIENTE (°C)	T FRIA (°C)	HORAS UTILES DE SOL	I (W/M2)	RENDIMIENTO MENSUAL
ENERO	31	8,1	2,25	8,51	1,29	10,97	13	8	8	381,0	0,46
FEBRERO	28	11,5	3,19	12,08	1,22	14,73	15	9	9	454,7	0,52
MARZO	31	15,7	4,36	16,49	1,13	18,63	17	11	9	574,9	0,58
ABRIL	30	18,5	5,14	19,43	1,04	20,20	19	13	9	623,5	0,60
MAYO	31	22,2	6,17	23,31	0,98	22,84	21	14	9,5	667,9	0,62
JUNIO	30	23,8	6,61	24,99	0,95	23,74	24	15	9,5	694,2	0,64
JULIO	31	25,9	7,20	27,20	0,98	26,65	27	16	9,5	779,3	0,67
AGOSTO	31	23	6,39	24,15	1,05	25,36	27	15	9,5	741,4	0,67
SEPTIEMBRE	30	18,1	5,03	19,01	1,16	22,05	25	14	9	680,4	0,65
OCTUBRE	31	14,2	3,94	14,91	1,29	19,23	22	13	9	593,6	0,61
NOVIEMBRE	30	10	2,78	10,50	1,37	14,39	18	11	8	499,5	0,56
DICIEMBRE	31	7,4	2,06	7,77	1,36	10,57	15	8	7,5	391,4	0,48

MES	CONSUMO A.C.S. (LITROS/DIA)	CONSUMO A.C.S. (LITROS/MES)	CONSUMO A.C.S. (m3/MES)	Q energia calorifica necesaria (mj/mes)	Q captador	Q útil (mj/M2)
ENERO	16638,7	515800	515,8	79773,6	4,5	139,6
FEBRERO	18021,4	504600	504,6	75932,2	6,9	192,7
MARZO	18309,7	567600	567,6	80667,3	9,8	303,9
ABRIL	16203,3	486100	486,1	65020,7	11,2	335,8
MAYO	26812,9	831200	831,2	107706,9	13,1	406,0
JUNIO	40346,7	1210400	1210,4	151784,2	14,1	421,6
JULIO	39380,6	1220800	1220,8	147985,4	16,4	507,7
AGOSTO	39371,0	1220500	1220,5	153050,7	15,5	479,5
SEPTIEMBRE	32223,3	966700	966,7	125265,0	13,0	388,5
OCTUBRE	16993,5	526800	526,8	70464,8	10,6	327,1
NOVIEMBRE	17820,0	534600	534,6	75977,4	7,2	216,2
DICIEMBRE	17512,9	542900	542,9	83964,9	4,5	141,0
	24969,5		760,7	1217593,04		3859,5

RESULTADO	
Nº PANELES	118,60
SUPERFICIE COLECTORA(m2)	315,48

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA
PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

INCLINACIÓN 28°

MES	Nº DE DÍAS DEL MES	H RADIACION HORIZONTAL (MJ/M2)	H RADIACION HORIZONTAL (KWH/M2)	H RADIACION MODIFICADA (KWH/M2)	K FACTOR CORRECCION	E=I x H RADIACION INCLINADA	T AMBIENTE (°C)	T FRIA (°C)	HORAS UTILES DE SOL	I (W/M2)	RENDIMIENTO MENSUAL
ENERO	31	8,1	2,25	8,51	1,29	10,97	13	8	8	381,0	0,46
FEBRERO	28	11,5	3,19	12,08	1,22	14,73	15	9	9	454,7	0,52
MARZO	31	15,7	4,36	16,49	1,14	18,79	17	11	9	580,0	0,58
ABRIL	30	18,5	5,14	19,43	1,05	20,40	19	13	9	629,5	0,61
MAYO	31	22,2	6,17	23,31	0,99	23,08	21	14	9,5	674,8	0,63
JUNIO	30	23,8	6,61	24,99	0,97	24,24	24	15	9,5	708,8	0,65
JULIO	31	25,9	7,20	27,20	0,99	26,92	27	16	9,5	787,2	0,67
AGOSTO	31	23	6,39	24,15	1,06	25,60	27	15	9,5	748,5	0,67
SEPTIEMBRE	30	18,1	5,03	19,01	1,17	22,24	25	14	9	686,3	0,65
OCTUBRE	31	14,2	3,94	14,91	1,29	19,23	22	13	9	593,6	0,61
NOVIEMBRE	30	10	2,78	10,50	1,37	14,39	18	11	8	499,5	0,56
DICIEMBRE	31	7,4	2,06	7,77	1,35	10,49	15	8	7,5	388,5	0,48

MES	CONSUMO A.C.S. (LITROS/DIA)	CONSUMO A.C.S. (LITROS/MES)	CONSUMO A.C.S. (m3/MES)	Q energia calorifica necesaria (mj/mes)	Q captador	Q útil (mj/M2)	RESULTADO	
ENERO	16638,7	515800	515,8	79773,6	4,5	139,6	Nº PANELES	118,45
FEBRERO	18021,4	504600	504,6	75932,2	6,9	192,7		
MARZO	18309,7	567600	567,6	80667,3	9,8	304,7	SUPERFICIE COLECTORA(m2)	315,07
ABRIL	16203,3	486100	486,1	65020,7	11,2	336,6		
MAYO	26812,9	831200	831,2	107706,9	13,1	406,8		
JUNIO	40346,7	1210400	1210,4	151784,2	14,1	423,0		
JULIO	39380,6	1220800	1220,8	147985,4	16,4	508,3		
AGOSTO	39371,0	1220500	1220,5	153050,7	15,5	480,0		
SEPTIEMBRE	32223,3	966700	966,7	125265,0	13,0	389,0		
OCTUBRE	16993,5	526800	526,8	70464,8	10,6	327,1		
NOVIEMBRE	17820,0	534600	534,6	75977,4	7,2	216,2		
DICIEMBRE	17512,9	542900	542,9	83964,9	4,5	140,4		
	24969,5		760,7	1217593,04		3864,5		

MES	Nº DE DÍAS DEL MES	H RADIACION HORIZONTAL (MJ/M2)	H RADIACION HORIZONTAL (KWH/M2)	H RADIACION MODIFICADA (KWH/M2)	K FACTOR CORRECCION	E=I x H RADIACION INCLINADA	T AMBIENTE (°C)	T FRIA (°C)	HORAS UTILES DE SOL	I (W/M2)	RENDIMIENTO MENSUAL
ENERO	31	8,1	2,25	8,51	1,28	10,89	13	8	8	378,0	0,45
FEBRERO	28	11,5	3,19	12,08	1,22	14,73	15	9	9	454,7	0,52
MARZO	31	15,7	4,36	16,49	1,14	18,79	17	11	9	580,0	0,58
ABRIL	30	18,5	5,14	19,43	1,06	20,59	19	13	9	635,5	0,61
MAYO	31	22,2	6,17	23,31	1	23,31	21	14	9,5	681,6	0,63
JUNIO	30	23,8	6,61	24,99	0,98	24,49	24	15	9,5	716,1	0,65
JULIO	31	25,9	7,20	27,20	1	27,20	27	16	9,5	795,2	0,67
AGOSTO	31	23	6,39	24,15	1,07	25,84	27	15	9,5	755,6	0,67
SEPTIEMBRE	30	18,1	5,03	19,01	1,17	22,24	25	14	9	686,3	0,65
OCTUBRE	31	14,2	3,94	14,91	1,28	19,08	22	13	9	589,0	0,61
NOVIEMBRE	30	10	2,78	10,50	1,35	14,18	18	11	8	492,2	0,56
DICIEMBRE	31	7,4	2,06	7,77	1,34	10,41	15	8	7,5	385,6	0,48

MES	CONSUMO A.C.S. (LITROS/DIA)	CONSUMO A.C.S. (LITROS/MES)	CONSUMO A.C.S. (m3/MES)	Q energia calorifica necesaria (mj/mes)	Q captador	Q útil (mj/M2)
ENERO	16638,7	515800	515,8	79773,6	4,5	138,9
FEBRERO	18021,4	504600	504,6	75932,2	6,9	192,7
MARZO	18309,7	567600	567,6	80667,3	9,8	304,7
ABRIL	16203,3	486100	486,1	65020,7	11,2	337,4
MAYO	26812,9	831200	831,2	107706,9	13,1	407,6
JUNIO	40346,7	1210400	1210,4	151784,2	14,1	423,7
JULIO	39380,6	1220800	1220,8	147985,4	16,4	508,9
AGOSTO	39371,0	1220500	1220,5	153050,7	15,5	480,6
SEPTIEMBRE	32223,3	966700	966,7	125265,0	13,0	389,0
OCTUBRE	16993,5	526800	526,8	70464,8	10,5	326,6
NOVIEMBRE	17820,0	534600	534,6	75977,4	7,2	215,1
DICIEMBRE	17512,9	542900	542,9	83964,9	4,5	139,8
	24969,5		760,7	1217593,04		3865,0

RESULTADO	
Nº PANELES	118,43
SUPERFICIE COLECTORA(m2)	315,03

MES	Nº DE DÍAS DEL MES	H RADIACION HORIZONTAL (MJ/M2)	H RADIACION HORIZONTAL (KWH/M2)	H RADIACION MODIFICADA (KWH/M2)	K FACTOR CORRECCION	E=I x H RADIACION INCLINADA	T AMBIENTE (°C)	T FRIA (°C)	HORAS UTILES DE SOL	I (W/M2)	RENDIMIENTO MENSUAL
ENERO	31	8,1	2,25	8,51	1,29	10,97	13	8	8	381,0	0,46
FEBRERO	28	11,5	3,19	12,08	1,22	14,73	15	9	9	454,7	0,52
MARZO	31	15,7	4,36	16,49	1,14	18,79	17	11	9	580,0	0,58
ABRIL	30	18,5	5,14	19,43	1,06	20,59	19	13	9	635,5	0,61
MAYO	31	22,2	6,17	23,31	1	23,31	21	14	9,5	681,6	0,63
JUNIO	30	23,8	6,61	24,99	0,97	24,24	24	15	9,5	708,8	0,65
JULIO	31	25,9	7,20	27,20	1	27,20	27	16	9,5	795,2	0,67
AGOSTO	31	23	6,39	24,15	1,07	25,84	27	15	9,5	755,6	0,67
SEPTIEMBRE	30	18,1	5,03	19,01	1,17	22,24	25	14	9	686,3	0,65
OCTUBRE	31	14,2	3,94	14,91	1,28	19,08	22	13	9	589,0	0,61
NOVIEMBRE	30	10	2,78	10,50	1,36	14,28	18	11	8	495,8	0,56
DICIEMBRE	31	7,4	2,06	7,77	1,35	10,49	15	8	7,5	388,5	0,48

MES	CONSUMO A.C.S. (LITROS/DIA)	CONSUMO A.C.S. (LITROS/MES)	CONSUMO A.C.S. (m3/MES)	Q energia calorifica necesaria (mj/mes)	Q captador	Q útil (mj/M2)
ENERO	16638,7	515800	515,8	79773,6	4,5	139,6
FEBRERO	18021,4	504600	504,6	75932,2	6,9	192,7
MARZO	18309,7	567600	567,6	80667,3	9,8	304,7
ABRIL	16203,3	486100	486,1	65020,7	11,2	337,4
MAYO	26812,9	831200	831,2	107706,9	13,1	407,6
JUNIO	40346,7	1210400	1210,4	151784,2	14,1	423,0
JULIO	39380,6	1220800	1220,8	147985,4	16,4	508,9
AGOSTO	39371,0	1220500	1220,5	153050,7	15,5	480,6
SEPTIEMBRE	32223,3	966700	966,7	125265,0	13,0	389,0
OCTUBRE	16993,5	526800	526,8	70464,8	10,5	326,6
NOVIEMBRE	17820,0	534600	534,6	75977,4	7,2	215,7
DICIEMBRE	17512,9	542900	542,9	83964,9	4,5	140,4
	24969,5		760,7	1217593,036		3866,1

RESULTADO	
Nº PANELES	118,40
SUPERFICIE COLECTORA(m2)	314,94

ANEXO II

EQUIPOS

II.1.CAPTADOR

SALVADOR ESCODA S.A. Provença, 392 pl. 1 y 2
 Tel. 93 446 27 80
 Fax 93 456 90 32
 08025 BARCELONA

TARIFA DE PRECIOS

19 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



• **Colectores solares**

Colector solar plano, de nueva generación y tecnología, adecuado para todos los sistemas de circulación forzada. Su fabricación y los excelentes materiales que se utilizan, producen una gran absorción de la irradiación solar y el gran rendimiento de energía térmica, aún cuando haya periodos de poca insolación.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Carcasa de aluminio anodizado, especialmente resistente en condiciones climáticas no favorables (humedad elevada, zonas cerca del mar).
- Importante aislamiento lateral y trasero (20 mm fibra de vidrio y 40mm fibra de piedra respectivamente) el cual minimiza las pérdidas térmicas en lugares con estaciones y periodos de bajas temperaturas.
- Cristal solar prismático, resistente a granizados (cristal temperado).
- Absorbedor de tubos de cobre y aletas con revestimiento selectivo de titanio, SOL 2500 selectivo. Este tipo de absorbedor particularmente es idóneo para lugares con alta irradiación difusa y temperaturas bajas, llegando a absorber hasta un 16% más de irradiación solar durante los meses invernales, en comparación con los sencillos absorbedores de cromo negro.



SOL 2000



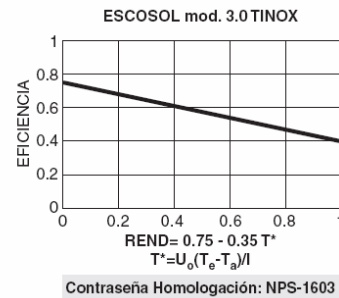
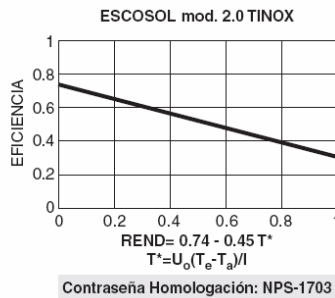
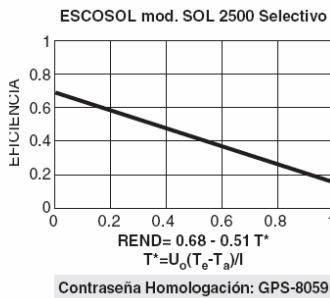
SOL 2500 selectivo

Código	Artículo	€
COLECTORES SOLARES		
CE 19 701	Colector solar ESCOSOL SOL 2000; 2,1 m ²	469,00
CE 19 704	Colector solar ESCOSOL SOL 2500 selectivo; 2,6 m ²	643,00
CE 19 703	Colector solar ESCOSOL 2.0 TINOX; 2,0 m ²	520,00
CE 19 720	Colector solar ESCOSOL 3.0 TINOX; 2,85 m ²	748,00
ESTRUCTURA SOPORTE		
CE 19 705	Estructura soporte para 1 colector	133,00
CE 19 706	Estructura soporte para 2 colectores	140,00
CE 19 708	Estructura soporte para 2 colectores 3.0 TINOX	145,00
ACCESORIOS CONEXIÓN		
CE 19 735	Racor doble recto unión colectores	3,30
CE 19 736	Racor recto macho salida colector	2,30
CE 19 737	Racor recto hembra salida colector	2,90
CE 19 738	Manguito tipo cruz + vaina + racor	25,00
AA 25 032	Tapón rosca hembra latón 3/4"	0,49

DATOS TÉCNICOS:

Modelo	Dimensiones (mm)	Superficie bruta (m ²)	Superficie neta (m ²)	Peso (Kg)	Capacidad (l)	Presión de prueba (bar)	Presión máx. de funcionamiento (bar)
SOL 2000	2050x1010x90	2,10	1,80	43	1,67	10	7
SOL 2500 selectivo	2050x1275x90	2,61	2,31	51	2,09	10	7
2.0 TINOX	2000x1000x77	2,00	1,84	45	1,24	10	6
3.0 TINOX	2300x1240x77	2,85	2,66	67	1,67	10	6

Certificación:



II.2.ACUMULADORES

SALVADOR ESCODA S.A. Provença, 392 pl. 1 y 2
Tel. 93 446 27 80
Fax 93 456 90 32
08025 BARCELONA

TARIFA DE PRECIOS

01 ACUMULADORES PARA A.C.S.



Serie «ACS / ACSO»



Para modelos de 1500 a 5000 lts

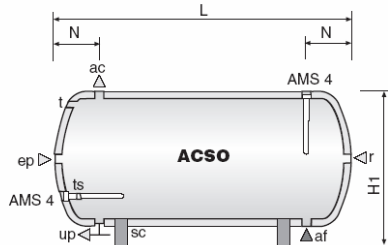
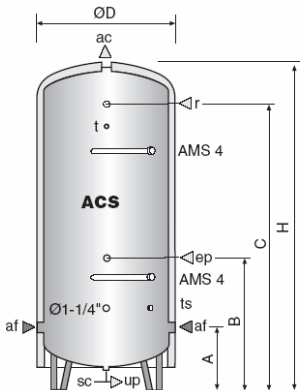
Código		Artículo	€	
Presión trabajo 6 bar	Presión trabajo 8 bar		Presión trabajo 6 bar	Presión trabajo 8 bar
«ACS» VERTICAL				
CC 01 256	CC 01 601	ACS 200 litros	483,00	498,00
CC 01 271	CC 01 602	ACS 300 litros	616,00	629,00
CC 01 272	CC 01 603	ACS 500 litros	838,00	854,00
CC 01 273	CC 01 604	ACS 750 litros	1.050,00	1.063,00
CC 01 274	CC 01 605	ACS 1000 litros	1.209,00	1.243,00
CC 01 275	CC 01 606	ACS 1500 litros	1.763,00	1.806,00
CC 01 276	CC 01 607	ACS 2000 litros	1.987,00	2.056,00
CC 01 277	CC 01 608	ACS 2500 litros	2.337,00	2.546,00
CC 01 278	CC 01 609	ACS 3000 litros	2.737,00	2.764,00
CC 01 279	CC 01 610	ACS 4000 litros	3.416,00	3.728,00
CC 01 280	CC 01 611	ACS 5000 litros	3.928,00	4.176,00
«ACSO» HORIZONTAL				
CC 01 200	CC 01 612	ACSO 200 litros	546,00	548,00
CC 01 201	CC 01 613	ACSO 300 litros	666,00	692,00
CC 01 202	CC 01 614	ACSO 500 litros	947,00	940,00
CC 01 203	CC 01 615	ACSO 750 litros	1.177,00	1.170,00
CC 01 204	CC 01 616	ACSO 1000 litros	1.355,00	1.368,00
CC 01 205	CC 01 617	ACSO 1500 litros	2.029,00	1.987,00
CC 01 206	CC 01 618	ACSO 2000 litros	2.287,00	2.261,00
CC 01 207	CC 01 619	ACSO 2500 litros	2.690,00	2.801,00
CC 01 208	CC 01 620	ACSO 3000 litros	3.087,00	3.040,00
CC 01 209	CC 01 621	ACSO 4000 litros	3.757,00	4.101,00
CC 01 210	CC 01 622	ACSO 5000 litros	4.321,00	4.594,00

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Acumulador: vertical y horizontal para la acumulación de agua caliente sanitaria.
- Capacidad: de 200 a 5.000 litros.
- Presión estándar de proyecto: 6 bar.
- Temp. estándar de acumulación: 60°C.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS:

- Tratamiento: esmaltado orgánico (SMAL-TIFLON).
- Aislamiento: de 200 a 1000 litros poliuretano rígido de 30 mm (PUR 30) y acabado en skai. De 1500 a 5000 litros poliuretano flexible de 50 mm de espesor, exterior de skai. Mods. de 3.000 a 5.000 litros, con embalaje especial de plástico rígido + palet.
- Protección catódica: ánodo de magnesio AMS.



- ac agua caliente
- af agua fría
- ep entrada preparador Ø 1-1/4"
- up salida preparador
- r recirculación Ø 1-1/4"
- sc descarga
- t termómetro Ø 1/2"
- ts termostato Ø 1/2"
- AMS 4 ánodo de magnesio

Capac. Lts.	DIMENSIONES (mm)								Conex. ac-af	Ánodos		Peso Kg
	A	B	C	OD	H	H1	L	N		nº	Ø x L	
200*	285	675	1195	520	1380	655	1270	185	1-1/4"	1	32 x 320	40
300*	295	685	1215	620	1410	755	1320	205	1-1/4"	1	32 x 320	50
500*	325	715	1485	720	1710	850	1600	240	1-1/4"	1	32 x 520	85
750*	345	835	1610	820	1855	945	1740	260	1-1/2"	1	32 x 520	110
1000*	355	895	1915	870	2170	990	2060	270	1-1/2"	1	32 x 520	135
1500	435	955	2055	950	2400	1155	2235	315	2"	2	32 x 520	210
2000	450	1040	2070	1100	2450	1285	2305	350	2"	2	32 x 520	250
2500	510	1100	2180	1200	2540	1375	2410	380	2"	2	32 x 520	290
3000	520	1110	2190	1300	2570	1460	2450	400	2"	2	32 x 520	315
4000	570	1240	2440	1400	2855	1565	2720	440	2-1/2"	2	32 x 520	495
5000	580	1250	2450	1600	2895	1780	2780	470	2-1/2"	2	32 x 520	580

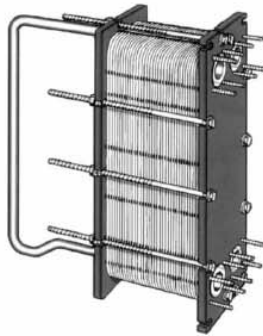
(*) Dimensiones exteriores en mods. 200 a 1000 lts. incluyen aislamiento

II.3.INTERCAMBIADOR

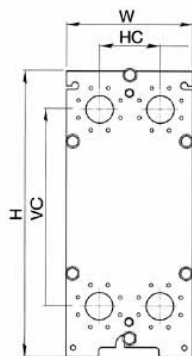
	SALVADOR ESCODA S.A.®	Provença, 392 pl. 1 y 2 Tel. 93 446 27 80 Fax 93 456 90 32 08025 BARCELONA	TARIFA DE PRECIOS

07 INTERCAMBIADORES DE PLACAS

• Modelos: placas M6MFM con juntas NBR



Código	Modelo	Nº de placas	€
CC 07 509	M6MFM9	9	1.438,00
CC 07 510	M6MFM10	10	1.472,00
CC 07 511	M6MFM11	11	1.507,00
CC 07 512	M6MFM12	12	1.542,00
CC 07 513	M6MFM13	13	1.577,00
CC 07 514	M6MFM14	14	1.612,00
CC 07 515	M6MFM15	15	1.647,00
CC 07 516	M6MFM16	16	1.682,00
CC 07 517	M6MFM17	17	1.717,00
CC 07 518	M6MFM18	18	1.752,00
CC 07 519	M6MFM19	19	1.787,00
CC 07 520	M6MFM20	20	1.822,00
CC 07 521	M6MFM21	21	1.857,00
CC 07 522	M6MFM22	22	1.891,00
CC 07 523	M6MFM23	23	1.926,00
CC 07 524	M6MFM24	24	1.961,00
CC 07 525	M6MFM25	25	1.996,00
CC 07 526	M6MFM26	26	2.031,00
CC 07 527	M6MFM27	27	2.066,00
CC 07 528	M6MFM28	28	2.101,00
CC 07 529	M6MFM29	29	2.136,00
CC 07 530	M6MFM30	30	2.171,00
CC 07 531	M6MFM31	31	2.206,00
CC 07 532	M6MFM32	32	2.241,00
CC 07 533	M6MFM33	33	2.276,00
CC 07 534	M6MFM34	34	2.310,00
CC 07 535	M6MFM35	35	2.345,00
CC 07 536	M6MFM36	36	2.380,00
CC 07 537	M6MFM37	37	2.415,00
CC 07 538	M6MFM38	38	2.450,00
CC 07 539	M6MFM39	39	2.485,00
CC 07 540	M6MFM40	40	2.520,00
CC 07 541	M6MFM41	41	2.555,00
CC 07 542	M6MFM42	42	2.590,00
CC 07 543	M6MFM43	43	2.625,00
CC 07 544	M6MFM44	44	2.660,00
CC 07 545	M6MFM45	45	2.695,00
CC 07 546	M6MFM46	46	2.730,00
CC 07 547	M6MFM47	47	2.765,00
RECAMBIOS			
CC 07 553	364217-4098	Placa canal M6M H	71,00
CC 07 554	364217-0097	Placa final M6M	105,00
CC 07 557	32330-14146	Junta M6M NBR	35,00
CC 07 558	32330-14246	Junta inicial M6M NBR	56,00
CC 07 559	32330-14193	Junta M6M EPDM (1) (1) Junta inicial 2 uds.	50,00



(*) Los modelos con juntas EPDM tienen un incremento del 30%

Modelo, bastidor	M6MFM	
Altura, H	mm	920
Anchura, W	mm	320
Distancia conexión vertical, VC	mm	640
Distancia conexión horizontal, HC	mm	140
Dimensión conexión, tubo	pulgadas	2"
Dimensión conexión, brida	mm	60
Caudal máx.	Kg/s	15
Temperatura máx.	bar	160
Presión máx.	bar	10
Flujo	Paralelo	

II.4.ELEMENTOS DE REGULACIÓN

 SALVADOR ESCODA S.A.®	Provença, 392 pl. 1 y 2 Tel. 93 446 27 80 Fax 93 456 90 32 08025 BARCELONA	TARIFA DE PRECIOS
	EN PREPARACIÓN. DISPONIBLE A PARTIR DE SEPTIEMBRE 2005	

19 COMPLEMENTOS PARA INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

EN PREPARACIÓN.
DISPONIBLE A PARTIR
DE SEPTIEMBRE 2005



Mundocontrol



SOM 7/2



SOM 6/3 D



B1



DELTA
SOL B

• Regulación ESCOSOL

Código	Artículo	€
	TERMOSTATO DIFERENCIAL ENERGÍA SOLAR. CON TERMOSTATO AUXILIAR PARA SISTEMAS DE APOYO O DISIPACIÓN DE SEGURIDAD	
	<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de temperaturas, colector y depósito • Posibilidad de paro y marcha forzado • Ajuste calibrado de sondas por separado • Ajuste del diferencial de activación y desactivación por separado • Función anti-hielo 	
CE 19 787	RD-MU/1 2 Sondas 1 relé	66,00
CE 19 788	RD-MU/2 2 Sondas 2 relés	73,00
CE 19 789	RD-MU/3 3 Sondas 3 relés	88,00

• Regulación STIEBEL ELTRON

Código	Artículo	€
	CENTRALITAS	
CE 19 522	SOM 6/3 D. Regulador solar con display digital, para máximo 3 puntos de consigna	455,00
CE 19 523	SOM 7/2. Regulador solar con display digital, para máximo 2 puntos de consigna	508,00
CE 19 524	Manguito para sonda inmersión 3/4"	25,00

• Regulación RESOL

Código	Artículo	€
	TERMOSTATOS DIFERENCIALES	
CE 19 741	B1 Termostato diferencial sin ningún dispositivo visible de funcionamiento. 2 Sondas de inmersión. Vainas no incluidas	109,00
CE 19 742	B1/F Termostato diferencial sin ningún dispositivo visible de funcionamiento. 2 Sondas de inmersión. Vainas no incluidas. Dispositivo antihielo	116,00
CE 19 743	E1/LF Termostato diferencial con limitación de temperatura máxima de 20 a 90°C y con función antihielo. 2 Sondas de inmersión. Vainas no incluidas	170,00
	CENTRALITAS DE REGULACIÓN	
	<ul style="list-style-type: none"> • Pantalla digital, visualización simultánea de 2 temperaturas • Funcionamiento automático, manual y on-off programable desde menú principal • Funciones especiales y función termostato adicional • Tres entradas de sondas y dos salidas de relé • Limitación de temperatura máxima 2 a 85°C • Con sondas de inmersión, vainas no incluidas • Dispositivo anti-hielo ajustable -10 a 9,9°C 	
CE 19 744	DELTA SOL B para 1 fuente de energía y 1 receptor de calor, incluye 3 sondas de inmersión PT 1000	246,00



DELTA
MIDI PRO



FlowCon "BT"



Sonda



WMZ-M1

Código	Artículo	€
CENTRALITAS DE REGULACIÓN (continuación)		
CE 19 745	DELTA SOL B-PRO para 2 fuentes de energía, captadores, este-oeste y 2 receptores de calor. Incluye 4 sondas de inmersión.	305,00
CE 19 746	RESOL MIDI-PRO para 2 fuentes de energía y 4 receptores de calor. Incluye 6 sondas de inmersión PT 1000, salida RS 232 para conexión a PC	538,00
CE 19 770	RST 15 + CS-10 regulador automático en función de la insolación Funciona como un termostato que actúa en función del nivel de insolación: • Graduabilidad: 100...500 w/m ² • Histéresis: 30 w/m ² • Retardo de desconexión: 1 minuto	231,00
ESTACIONES SOLARES DE BOMBEO		
<ul style="list-style-type: none"> • Bomba de circulación WILO ST • Caudalímetro 13 l/min. Aprox. 40 m² de colector • Termómetros (ida y retorno) • Válvulas de cierre de esfera, 2 uds. • Válvulas de seguridad, retención, vaciado y llenado • Rácords y accesorios de montaje 		
CE 19 747	Módulo solar FlowCon "B"	462,00
CE 19 748	Mód. solar FlowCon "BT" con centralita DELTA SOL B	692,00
CE 19 750	Mód. solar FlowCon Pro con centralita DELTA SOL BT-PRO	754,00
SONDAS Y VAINAS		
CE 19 761	FKP 6 Sonda inmersión PT 100, uso exterior, captador	24,00
CE 19 762	FRP 6 Sonda inmersión PT 1000, uso interior, acumulador	24,00
CE 19 766	FKP 21 Sonda de contacto PT 1000, uso exterior, captador solar	37,00
CE 19 767	FRP 21 Sonda de contacto PT 1000, uso interior, acumulador	37,00
CE 19 771	TH-60 Vaina para sonda 60 mm	7,00
CE 19 772	TH-100 Vaina para sonda 100 mm	8,00
CE 19 773	TH-150 Vaina para sonda 150 mm	9,00
CE 19 774	TH-200 Vaina para sonda 200 mm	10,00
CONTADORES CALORÍFICOS		
<ul style="list-style-type: none"> • Contador calorífico electrónico WMZ-M1 • Lectura digital de temperaturas • Conexión desde la salida V-BUS de otro regulador RESOL • Con dos sondas de inmersión PT 1000, vainas no incluidas • Contador de caudal V 40 		
CE 19 783	WMZ-M1 + V 40 1,5 M3/H	415,00
CE 19 784	WMZ-M1 + V 40 2,5 M3/H	442,00
CE 19 785	WMZ-M1 + V 40 3,5 M3/H	560,00
CE 19 786	WMZ-M1 + V 40 6 M3/H	600,00

II.5.VASO DE EXPANSIÓN



Provença, 392 pl. 1 y 2
Tel. 93 446 27 80
Fax 93 456 90 32
08025 BARCELONA

**TARIFA DE
PRECIOS**

19 COMPLEMENTOS PARA INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

• VASOS EXPANSIÓN ENERGÍA SOLAR



Código	Artículo	h mm	D mm	Rosca Ø	Presión bar	€
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura: 130°C durante 1 hora • Anticongelante: resistencia al etilenglicol 						
CE 19 532	12 CMF-SO	304	270	3/4"	10	24,00
CE 19 533	18 CMF-SO	405	270	3/4"	10	26,00
CE 19 534	25 CMF-SO	425	320	3/4"	10	31,00
CE 19 535	35 CMF-SO	465	360	3/4"	10	40,00
CE 19 571	50 AMR-P-SO	760	360	1"	10	111,00
CE 19 572	80 AMR-P-SO	745	450	1"	10	139,00
CE 19 573	100 AMR-P-SO	870	450	1"	10	203,00
CE 19 574	220 AMR-SO	1075	550	1-1/4"	10	433,00
CE 19 575	350 AMR-SO	1980	485	1-1/2"	10	549,00
CE 19 576	500 AMR-SO	2055	600	1-1/2"	10	771,00
CE 19 577	700 AMR-SO	2085	700	1-1/2"	10	1.302,00



• DIMENSIONAMIENTO DEL VASO DE EXPANSIÓN (*)

Nº colectores		Contenido de agua en litros			Capacidad del vaso
SOL 25 S (**)	ESCOSOL 2500 (***)	Colectores + instalación	Intercambiadores	total	
1	2	3,6	15	18,6	12
2	4	7,2	15	22,2	18
4	8	14,4	21	35,4	25
6	12	21,6	42	63,6	50
8	15	28,8	42	70,8	80
10	20	36	60	96	80
12	26	43,2	65	108,2	100
16	35	57,6	80	137,6	150
20	—	72	85	157	150
24	40	86,4	85	171,4	200
28	—	100,8	90	190,8	200
32	60	115,2	100	215,2	300
36	—	129,6	110	239,6	300
40	75	144	120	264	300
44	—	158,4	150	308,4	300
48	90	172,8	150	322,8	350
52	—	187,2	180	367,2	350
60	110	216	200	416	500
70	120	252	250	502	500
80	140	288	300	588	700

(*) Exclusivamente como valor orientativo

(**) Presión de llenado: 3,5 bar. Máxima presión de trabajo: 6 bar.

(***) Presión de llenado: 1,5 bar. Máxima presión de trabajo: 3 bar.

La lista de precios del resto de elementos se obtiene de la página en Internet del fabricante Salvado Escoda. Existe un archivo Excel descargable, en el cual se detalla el precio de todos los equipos que suministra.

ANEXO III

BIBLIOGRAFÍA

I.2. BIBLIOGRAFÍA

AMV EDICIONES, Energía Solar Térmica en la edificación

ALÁIZ FERNANDEZ, ENRIQUE, Energía Solar. Cálculo y Diseño de Instalaciones.

FERNÁNDEZ SALGADO, J.M., Sistemas de producción de agua caliente sanitaria, Revista Montajes e Instalaciones, Marzo 2003.

FÉRROLI, Guía práctica de calefacción individual o doméstica.

GALLAR, V. y FERNANDEZ SALGADO, J.M., Manual y Guía Rápida para la integración de los sistemas solares térmicos en la edificación, Ed. Férroli España & ISOFOFN, Madrid, Octubre 2003.

IDAE, Pliego de Condiciones Técnicas – Plan de Fomento de la Energía solar Térmica de Baja Temperatura, Octubre 2002.

INTA, Especificaciones Técnicas de Diseño y Montaje de instalaciones Solares para la Producción de Agua Caliente, Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, 23 de Abril de 1991.

ISOFOTÓN, Manual de instalaciones de energía solar térmica de baja temperatura, 2001.

MERINO GARCIA, E., Factores clave en la elección de un acumulador de ACS, Revista Montajes e instalaciones, Julio-Agosto 1996.

Ministerio de Industria y Energía.

PROSOL, Modificaciones a las Especificaciones Técnicas de Diseño y Montaje de Instalaciones Solares.

RITE, Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios.

SALVADOR ESCODA, S.A., Manual Técnico de Energía Solar.

TOBAJAS VÁZQUEZ, M.C, Energía Solar Térmica para Instaladores, Ediciones Ceysa, 2005.

ANEXO IV

TABLAS Y DATOS

Tabla IV.1.- 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	16.8
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	BADAJOS	6.5	10	13.6	18.7	21.8	24.6	25.9	23.8	17.9	12.3	8.2	6.2	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	18.7	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	28.1	25.4	19.7	12.7	8.9	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	18.4	15.5	13	9.5	5.8	4.5	11.3
14	CASTELLON	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	6.5	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	17.8	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	SEGOVIA	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	18.1	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

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

Tabla IV.2. 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	18	22	22	18	13	8	5	12.3
7	BADAJEZ	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	CUENCA	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	JAEN	11	11	14	17	21	26	30	29	25	19	15	10	19
27	LEON	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	MADRID	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	18.8
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	16.8

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

Tabla IV.3.- Temperatura media del agua de la red general, en °C

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1	ALAVA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
2	ALBACETE	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
3	ALICANTE	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
4	ALMERIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
5	ASTURIAS	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
6	AVILA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
7	BADAJOS	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
8	BALEARES	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
9	BARCELONA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
10	BURGOS	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
11	CACERES	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
12	CADIZ	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
13	CANTABRIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
14	CASTELLON	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
15	CEUTA	8	9	10	12	13	13	14	13	13	12	11	8	11.3
16	CIUDAD REAL	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
17	CORDOBA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
18	LA CORUÑA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
19	CUENCA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
20	GERONA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
21	GRANADA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
22	GUADALAJARA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
23	GUIPUZCOA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
24	HUELVA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
25	HUESCA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
26	JAEN	8	9	11	13	14	15	17	16	14	13	11	7	12.3
27	LEON	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
28	LERIDA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
29	LUGO	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
30	MADRID	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
31	MALAGA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
32	MELILLA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
33	MURCIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
34	NAVARRA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
35	ORENSE	5	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.2
36	PALENCIA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
37	LAS PALMAS	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
38	PONTEVEDRA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
39	LA RIOJA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
40	SALAMANCA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
41	STA.C.TENERIFE	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
42	SEGOVIA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
43	SEVILLA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
44	SORIA	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
45	TARRAGONA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
46	TERUEL	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8.3
47	TOLEDO	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
48	VALENCIA	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8	12.3
49	VALLADOLID	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
50	VIZCAYA	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10.3
51	ZAMORA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3
52	ZARAGOZA	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	9.3

Tabla IV.4.-. Características de los tubos de cobre comprendidos en la norma UNE 37.141-76

Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Diámetro interior (mm)	Peso lineal (kg/m)	Superficie pared exterior (cm ² /m)	Sección interior (mm ²)	Capacidad (l/m)	Resistencia (recocido)	
							Util (kp/cm ²)	Rotura (kp/cm ²)
6	0.75	4.5	0.110	188	16	0.016	147	733
	1	4	0.140		13	0.013	220	1100
8	0.75	6.5	0.152	251	33	0.033	102	510
	1	6	0.196		28	0.028	147	733
10	0.75	8.5	0.194	314	57	0.057	78	388
	1	8	0.252		50	0.050	110	550
12	0.75	10.5	0.236	377	87	0.087	63	314
	1	10	0.308		78	0.078	88	440
15	0.75	13.5	0.299	471	143	0.143	49	244
	1	13	0.391		133	0.133	68	338
18	0.75	16.5	0.362	565	214	0.214	40	199
	1	16	0.475		201	0.201	55	275
22	1	20	0.587	691	314	0.314	44	220
	1.2	19.6	0.698		302	0.302	54	269
	1.5	19	0.860		284	0.284	69	347
28	1	26	0.753	880	531	0.531	34	169
	1.2	25.6	0.899		515	0.515	41	206
	1.5	25	1.111		491	0.491	53	264
35	1	33	0.951	1100	855	0.855	27	133
	1.2	32.6	1.134		835	0.835	32	162
	1.5	32	1.405		804	0.804	41	206

FIGURA.IV.5.- Pérdidas tuberías cobre

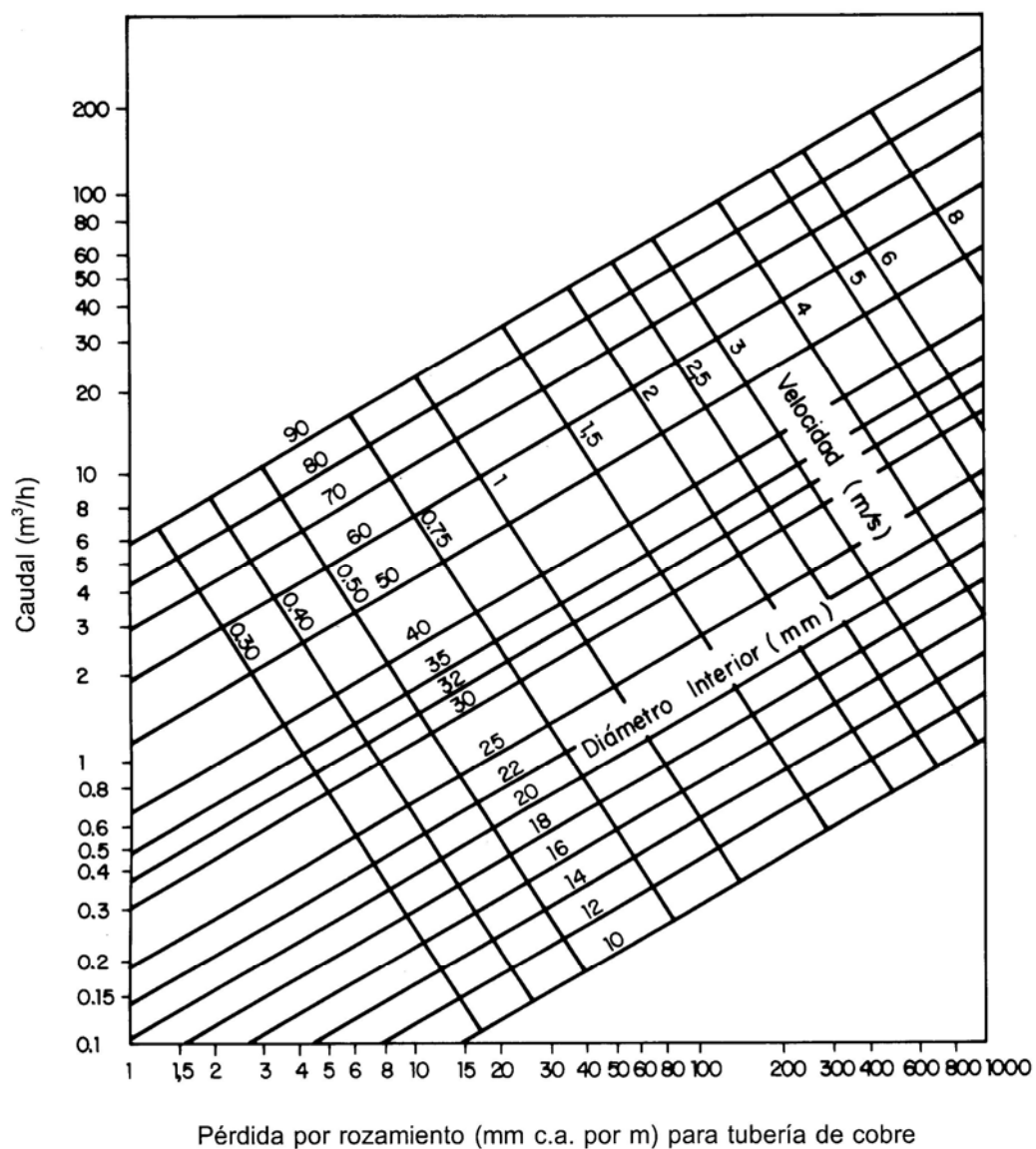


Tabla IV.8.- Coeficientes K de pérdidas localizadas para algunas piezas o accesorios

<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

C.

PLIEGO DE CONDICIONES

1. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS GENERALES

1.1.GENERALIDADES

El presente Pliego de Condiciones Técnicas tiene por objeto definir las obras, fijar las condiciones técnicas de los materiales a emplear y las características de ejecución que han de regir el diseño de una **INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA DE PRODUCCIÓN DE ACS PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO**.

Las obras se ajustarán a los planos, estados de mediciones y cuadros de precios, resolviéndose cualquier discrepancia que pudiera existir por el Ingeniero Director. Si fuese precisa a juicio de éste alguna variación, redactará el correspondiente proyecto reformado, el cuál se considerará desde el día de la fecha de su aprobación, parte integrante del proyecto primitivo, y por tanto sujeto a las mismas especificaciones de todos los documentos de éste, en cuanto no se le opongan específicamente.

Contradicciones y omisiones

En caso de contradicción entre los planos del Proyecto y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, prevalecerá lo escrito en este último.

Lo mencionado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y omitido en los planos del proyecto, o viceversa, deberá ser ejecutado como si estuviese contenido en ambos documentos, siempre que, a juicio del Director de la Obra, quede definida la unidad de obra correspondiente.

1.2.EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Todas las obras del Proyecto se ejecutarán de acuerdo con los Planos y órdenes del Ingeniero Director de las Obras, quién resolverá las cuestiones que se planteen

referentes a la interpretación de aquellos y de las condiciones de ejecución.

El Ingeniero Director suministrará al Contratista cuanta información se precise para que las obras puedan ser realizadas.

El orden de ejecución deberá ser aprobado por el Ingeniero Director y será compatible con los plazos estipulados.

Antes de iniciar cualquier obra el Contratista deberá ponerlo en conocimiento del Ingeniero Director y recabar su autorización.

Independientemente de las condiciones particulares o específicas que se exijan a los equipos necesarios para ejecutar las obras en los Artículos del presente Pliego, todos los equipos que se empleen en la ejecución de las obras deberán cumplir las condiciones generales siguientes:

- Estarán disponibles con suficiente anticipación al comienzo del trabajo correspondiente, para que puedan ser examinados y aprobados en su caso, por el Ingeniero Director.

- Después de aprobado un equipo por el Ingeniero Director, deberá mantenerse en todo momento en condiciones de trabajo satisfactorias, haciendo las sustituciones o reparaciones necesarias para ello.

- Si durante la ejecución de las obras el Ingeniero Director observara que, por cambio de las condiciones de trabajo o por cualquier otro motivo, el equipo o equipos aprobados no son idóneos al fin propuesto, deberán ser sustituidos por otros que lo sean.

Replanteo de las obras

Antes de dar comienzo las obras, se comprobarán por el Ingeniero Director, en presencia del Contratista o de su representante, el replanteo de las obras efectuado antes de la licitación.

Una vez realizadas todas las comprobaciones se levantará el Acta de Comprobación del Replanteo. Los gastos que se originen en el replanteo o en los parciales que pueda exigir el curso de las obras, no serán de abono suponiéndose a todos los efectos incluidos implícitamente en el resto de las unidades de obra.

1.3.MATERIALES

Todos los materiales y aparatos que se utilicen estarán de acuerdo con las características reseñadas en los documentos de este proyecto, memoria, pliego, y presupuesto. Todos los materiales serán de buena calidad y de reconocida casa comercial. Tendrán las dimensiones que indiquen los documentos del proyecto y fije la dirección facultativa.

Reconocimiento de los materiales

Los materiales serán reconocidos en obra antes de su empleo por la dirección facultativa, sin cuya aprobación no podrán ser empleados en la obra.

El contratista proporcionará a la dirección facultativa muestra de los materiales para su aprobación. Los ensayos y análisis que la dirección facultativa crea necesarios, se realizarán en laboratorios autorizados para ello.

Los accesorios, codos, latiguillos, etc., serán de buena calidad y estarán igualmente exentos de defectos, tanto en su fabricación como en la calidad de los materiales empleados

1.4.ORDEN DE LOS TRABAJOS

El Contratista deberá someter a la aprobación de la Administración, antes del comienzo de las obras, un programa de trabajo con especificación de plazos parciales y fecha de terminación de las distintas unidades de obra compatibles con el plazo total de ejecución. Este plan, una vez aprobado por la Administración se incorporará al Pliego de Condiciones del Proyecto y adquirirá, por tanto, carácter contractual.

El Contratista presentará, asimismo, una relación completa de los servicios y maquinaria que se comprometen a utilizar en cada una de las etapas del Plan. Los medios propuestos quedarán adscritos a la obra sin que, en ningún caso, el Contratista pueda retirarlos sin autorización de la Administración.

Asimismo, el Contratista deberá aumentar los medios auxiliares y personal técnico, siempre que la Administración compruebe que ello es necesario para el desarrollo de las obras en los plazos previstos.

La aceptación del Plan y de la relación de medios auxiliares propuestos no implicará exención alguna de la responsabilidad para el Contratista, en caso de incumplimiento de los plazos parciales o totales convenidos.

1.5.SOBRE EL PRESUPUESTO

Según este pliego de condiciones no se aceptan ninguna revisión de precios, salvo disposiciones mayores. El presupuesto tendrá una validez de seis meses a partir de la entrega del presente proyecto.

1.6.IMPORTE DE LA OBRA

El contratista cobrará la obra que realmente ejecute, sea en mayor o menor número de unidades que las consignadas en el presupuesto, sin derecho a ningún otro abono; es decir, que la liquidación será el resultado de la medición de lo ejecutado, en la forma que artículos precedentes determinan, y la aplicación estricta a las diferentes unidades de obra de los precios respectivos consignados en presupuesto.

1.7. JURISDICCIÓN

Las partes contratantes se someten expresamente, renunciando a cualquier fuero, a los juzgados y tribunales pertinentes.

1.8. PLAZO DE GARANTÍA

El suministrador garantizará la instalación durante un periodo mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje.

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo o contratar a un tercero para realizar las oportunas reparaciones, sin perjuicio de la ejecución del aval prestado y de la reclamación por daños y perjuicios en que se hubiere incurrido el suministrador.

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación, lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es

un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá el aviso en un plazo de:

- 24 horas, si se interrumpe el suministro de agua caliente, procurando establecer un servicio mínimo hasta el correcto funcionamiento de ambos sistemas (solar y de apoyo).

- 48 horas, si la instalación solar no funciona.

- una semana, si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales

1.9. CONSIDERACIONES GENERALES

El contratista es el único responsable de la ejecución de las obras que haya contratado. No tendrá derecho a indemnización alguna por el mayor precio a que pudieran costarle los materiales ni por las erradas maniobras que cometiese durante la construcción, siendo todas ellas de su cuenta y riesgo e independiente de la inspección del director de la obra.

Será asimismo responsable ante los tribunales de los accidentes que por su inexperiencia o descuido ocurran en la construcción de la instalación, en cuyo caso, si no fuese persona competente en los trabajos, tendrá obligación de hacerse representar por otra que tenga para ello los debidos conocimientos

2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

2.1.OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas de la instalación solar térmica de producción de A.C.S. para aplicaciones industriales de una planta de sacrificio de ganado.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de la instalación.

2.2.GENERALIDADES

En general, a la instalación recogida bajo este documento le es de aplicación el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC).

2.3.REQUISITOS GENERALES

2.3.1. Protección contra heladas

2.3.1.1. Generalidades

Todas las partes del sistema que están expuestas al exterior soportan la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.

El método de protección anti-heladas elegido se basa en el sistema de control. El aislamiento también ayudará en dicha tarea. El sistema de regulación activará la circulación del circuito primario cuando la temperatura detectada en captadores, alcance un valor ligeramente superior al de congelación del agua (+4°C).

2.3.2. Prevención de flujo inverso

La instalación del sistema asegura que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema. El sistema es con circulación forzada, por lo que está provisto de las válvulas anti-retorno necesarias para flujos inversos.

2.3.3. Prevención de legionelosis

Se cumple el Real Decreto 909/2001, por lo que la temperatura del agua en el circuito de distribución de agua caliente no llega a ser inferior a 50 °C en el punto más alejado.

2.4. CONFIGURACION BÁSICA

Por la aplicación concreta del agua, la instalación utilizará el agua sanitaria para usos industriales. El sistema se definirá como instalación por circulación forzada directo, atendiendo al principio de circulación. Además estará compuesto por un intercambiador de calor externo e independiente del acumulador, y el sistema de expansión será cerrado.

El sistema se compone de circuito primario y circuito secundario. El fluido de trabajo que circula por los colectores, no circulará por el circuito secundario, ya que, ambos circuitos están separados mediante un intercambiador de calor. Una bomba en el circuito primario produce la circulación del fluido.

La instalación solar térmica está compuesta por:

- El conjunto de elementos de captación de la energía solar para su conversión en energía térmica, Subsistema captador.

- Los elementos de transmisión de esta energía térmica al agua destinada a satisfacer la demanda energética, Subsistema intercambiador.
- Los elementos de acumulación del agua calentada para su envío a la demanda energética, Subsistema acumulador.
- Los elementos de control de la instalación, Subsistema de control
- El aislamiento con el fin de evitar pérdidas y obtener el máximo rendimiento.

La instalación solar térmica está catalogada como un sistema no compacto, ya que incorpora un intercambiador entre los captadores y los acumuladores con la finalidad, como ya se ha comentado, de separar la instalación en dos circuitos y evitar que haya contacto entre el fluido que circula por los captadores solares y el agua de consumo.

2.5.CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

2.5.1. Dimensionado y cálculo

2.5.1.1. Datos de partida

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

Condiciones de uso

Las condiciones de uso vienen dadas por la demanda energética, ésta se

determina en función del consumo de agua caliente.

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

Se han tenido en cuenta los datos de consumo medidos en años anteriores por el Matadero Bahía SAL. A efectos del cálculo de la carga de consumo, los valores de temperatura de agua fría se han tomado de las tablas de CENSOLAR.

Condiciones climáticas

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

A objeto de este PCT, se usan las tablas de radiación y temperatura ambiente por provincias publicadas por CENSOLAR.

2.5.1.2. Dimensionado básico

A los efectos de este PCT, el dimensionado básico de la instalación se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y al volumen de acumulación solar.

El dimensionado básico de la instalación asegura que en ningún mes del año la energía producida por la instalación solar supera el 110 % de la demanda de consumo y no más de tres meses seguidos el 100 %. El rendimiento de la instalación se refiere sólo a la parte solar de la misma.

A estos efectos, se definen los conceptos de fracción solar y rendimiento medio estacional o anual de la siguiente forma:

Fracción solar mes “x” = (Energía solar aportada el mes “x” / Demanda

energética durante el mes “x”) × 100

Fracción solar año “y” = (Energía solar aportada el año “y” / Demanda energética durante el año “y”) × 100

Rendimiento medio año “y” = (Energía solar aportada el año “y” / Irradiación incidente año “y”) × 100

Irradiación incidente año “y” = Suma de las irradiaciones incidentes de los meses del año “y”

Irradiaciones incidentes en el mes “x” = Irradiación en el mes “x” × Superficie captadora

El concepto de energía solar aportada el año “y” se refiere a la energía demandada realmente satisfecha por la instalación de energía solar. Esto significa que para su cálculo no se considera más de un 100 % de aporte solar en un determinado mes.

El método de cálculo empleado especifica, sobre base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y del aporte solar. Asimismo, el método de cálculo incluye las prestaciones globales anuales definidas por:

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

El sistema solar se ha diseñado en función de la energía que aporta el sistema solar y no en función de la potencia del generador, proveyéndose una acumulación acorde con la demanda.

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

$$50 < V/A < 180$$

Donde A será el área total de los captadores, expresada en metros cuadrados, y V es el volumen del depósito de acumulación solar.

2.6.DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

2.6.1. Generalidades

El captador seleccionado posee la certificación emitida por el INTA, según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares.

2.6.2. Orientación, inclinación, integración arquitectónica

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo son tales que las pérdidas respecto al óptimo, son inferiores a los límites de la tabla C.1. En el caso general, que es el aplicado, la suma de las pérdidas por orientación e inclinación y pérdidas por sombreado no superan el 15%.

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI+S)</i>
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Tabla C.1.- Límites

Los colectores se instalarán en dirección sur, considerada la orientación óptima y la mejor inclinación es de 27°. Los captadores se instalarán en la azotea del matadero.

2.6.3. Conexionado

Los captadores se dispondrán en filas constituidas por el mismo número de elementos, en concreto, seis (límite máximo del fabricante). Los captadores de cada fila se conectarán en serie. Las filas de captadores se dispondrán en paralelo con sistema de retorno invertido, de tal forma que se consiga un flujo equilibrado. Las baterías de colectores tienen instaladas válvulas de cierre en la entrada y salida, para poder aislarlas con el objetivo de llevar a cabo su mantenimiento.

En la figura c.2 se pueden observar de forma esquemática las conexiones mencionadas en este apartado.

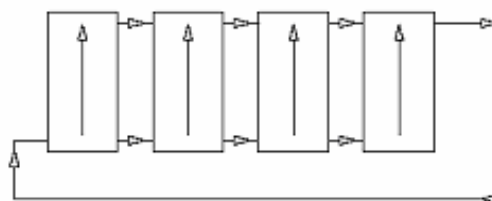


Fig.- C.2. Conexión de captadores en paralelo

2.7.SALA DE MÁQUINAS

Se define la sala de máquinas como el local donde se instalarán la maquinaria y demás elementos necesarios para la producción, intercambio, acumulación e impulsión de frío y/o calor.

Se utilizará como sala de máquinas la existente en la factoría, en la cual se encuentra la caldera. Se dispondrá toda la maquinaria de forma adecuada.

La sala de máquina esta diseñada de forma que se satisface unos requisitos mínimos de seguridad para las personas y el edificio donde se emplaza, de forma que se facilitan las operaciones de mantenimiento y conducción.

La sala de máquinas se encuentra en lo dispuesto en UNE 100020 en los aspectos relativos a ventilación, nivel de iluminación, seguridad eléctrica, dimensiones mínimas de la sala, separación entre máquinas para facilitar su mantenimiento así como en lo concerniente a la adecuada protección frente a la humedad exterior y la previsión de un eficaz sistema de desagüe.

La sala de máquinas no podrá utilizarse para fines diferentes a los de alojar equipos y aparatos al servicio de la instalación de climatización; y en ella, no podrá realizarse trabajos ajenos a los propios de la instalación.

En particular se prohíbe la utilización de la sala de máquinas como almacén, así como la colocación en la misma de depósitos de almacenamiento de combustibles.

2.8.DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR

2.8.1. Generalidades

Los acumuladores instalados cumplen los requisitos de UNE EN 12897. los acumuladores son de configuración vertical y se ubican en la sala de máquinas de la planta, donde se encuentra la caldera.

El sistema es capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60 °C y hasta 70 °C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como aparece en el RD 909/2001 de 27 de julio.

Las dimensiones de los acumuladores se adaptan a las puertas, anchos de pasillos y altura de la sala de máquinas.

2.8.2. Situación de las conexiones

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

a) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador al acumulador se realiza a una altura comprendida entre el 50 % y el 75 % de la altura total del mismo.

b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador se realiza por la parte inferior de éste.

c) La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.

Las conexiones de entrada y salida se sitúan de forma que se evitan caminos preferentes de circulación del fluido.

El sensor de la temperatura del acumulador del sistema de control se situará en la parte inferior del depósito, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador.

La entrada de agua fría, situada en la parte baja del acumulador, estará equipada con una placa reflectora en la parte interior a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador.

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

2.8.3. Varios acumuladores

Los acumuladores se conectarán en paralelo tal como se puede ver a continuación. La conexión de los acumuladores permite la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

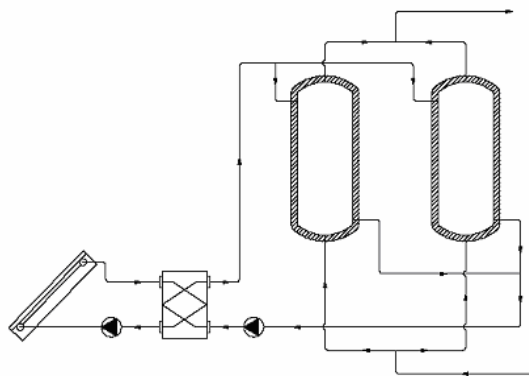


Fig. C.3.- Conexiones de los acumuladores en paralelo

2.9.DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO

La función del intercambiador es la de separar la instalación en dos circuitos independientes. El intercambiador es de placas de acero inoxidable y soporta las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

En la sala de máquinas hay suficiente espacio para poder montar el intercambiador y efectuar las operaciones de sustitución o reparación.

El intercambiador lleva llaves de corte en las entradas y salidas.

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente P, en W, en función del área de captadores A, en m², cumple la condición:

$$P > 500 A$$

Como la instalación tiene 319,2 metros cuadrados, la potencia mínima aceptable para el intercambiador será de 159,5 Kw.

El intercambiador elegido tiene 144000 kcal/h, 167 Kw de potencia térmica, que cumple con la norma. En concreto, el intercambiador es el modelo M6FM de 18 placas del fabricante Alfa Laval.

La efectividad del intercambiador, valor adimensional que mide la transferencia energética del intercambiador frente a lo máximo que se podría intercambiar en condiciones ideales, se define como:

$$E_1 = \frac{(t_{ce} - t_{cs})}{(t_{ce} - t_{fe})} = \frac{60 - 45}{58 - 42} = 0,93$$

donde:

t_{ce} : Temperatura de entrada en el lado caliente del circuito primario = 60°C

t_{cs} : Temperatura de salida en el lado frío del circuito primario = 45°C

t_{fe} : Temperatura de entrada en el lado caliente del circuito secundario = 42 °C

t_{fs} : Temperatura de salida en el lado frío del circuito secundario = 58 °C

Los caudales son:

Circuito primario: 9600 L/h

Circuito secundario: 9000 L/h

2.10. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

2.10.1. Generalidades

El diseño del circuito hidráulico es de por sí equilibrado. Se cumplen los requisitos especificados en UNE-EN 806-1.

Los materiales del circuito cumplen lo especificado en ISO/TR 10217.

2.10.2. Tuberías

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema son lo más cortas posible, el número de accesorios es el óptimo.

Las características de los tubos de cobre en cuanto a diámetros, espesores,

resistencias, pueden encontrarse en la norma UNE 37.141-76.

El diámetro de las tuberías se ha dimensionado de forma que la velocidad de circulación del fluido se encuentre entre 0,6 m/s y 1,5m/s.

El dimensionado de las tuberías se ha realizado de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal.

Las tuberías se almacenarán en lugares protegidos de los agentes atmosféricos. En su manipulación se evitarán roces, rodaduras y arrastres. Las tuberías serán instaladas de forma ordenada, utilizando fundamentalmente, tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a elementos estructurales del edificio. La distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será de 5 cm.

El trazado del circuito evita caminos tortuosos, para favorecer el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos. Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctrico como cuadros o motores.

2.10.3. Bombas

Las bombas de circulación se montan en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

Al ser ésta una instalación superior a 50 m², se disponen dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. Se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Todas las bombas están dotadas de tomas para la medición de presiones en

aspiración e impulsión. La placa de características debe quedar visible.

Las bombas quedan totalmente accesibles para permitir efectuar de forma simple la operación de desairación o purga.

La elección de la bomba está determinada por el punto de funcionamiento del circuito hidráulico, el cual está configurado por las características de caudal y pérdida de carga de la instalación. La pérdida de carga del circuito primario viene dada por la suma de las pérdidas en tuberías, colectores, intercambiador y accesorios. En el circuito secundario las pérdidas vienen dadas por las tuberías, accesorios e intercambiador.

2.10.4. Vaso de expansión

El vaso de expansión se conectara en la aspiración de la bomba.

El dimensionado del vaso de expansión se hace en base a la premisa de que la capacidad del vaso debe ser suficiente para admitir la expansión del fluido, es decir, debe ser como mínimo igual al aumento total del volumen de fluido de la instalación a la temperatura considerada.

Los datos necesarios para dicho dimensionado son los siguientes:

- Volumen total de agua en la instalación, en litros.
- Temperatura mínima de funcionamiento, para la cual se asumirá el valor de 4 °C, a la que corresponde la máxima densidad.
- Temperatura máxima que pueda alcanzar el agua durante el funcionamiento de la instalación (se toma la temperatura máxima de funcionamiento del colector, 210°C)

- Presiones mínima y máxima de servicio.
- Volumen de expansión calculado, en litros.

2.10.5. Purga de aire

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores se colocara sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín es superior a 100 cm³.

La tubería asciende continuamente del captador al purgador. Los purgadores se montan en posición vertical. Serán totalmente accesibles y la salida de la mezcla aire-agua no afectarán a las dependencia donde se ubican.

2.10.6. Aislamiento.

Las tuberías y accesorios deben estar bien aislados para evitar pérdidas de calor y puentes térmicos.

El aislamiento será distinto para las tuberías interiores y exteriores. El dimensionado del aislamiento se hace en base a lo que establece el fabricante.

El aislamiento no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio. Tampoco se debe interrumpir el aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, que estarán envueltos por el material aislante.

Después de la instalación del aislamiento térmico, tanto los instrumentos de control, como válvulas de desagües etc.... quedarán visibles y accesibles.

Una vez montado el aislamiento en las conducciones al aire libre, se procederá a su protección externa, con el fin de evitar su degradación por efecto de la radiación

ultravioleta.

2.11. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

El diseño del sistema de control asegura el correcto funcionamiento de las instalaciones, obteniendo un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas:

– Control de funcionamiento del circuito primario y secundario.

– Sistemas de protección y seguridad de las instalaciones contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

El sistema de control asegura que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.

El sistema de control se realiza por control diferencial de temperaturas, mediante un dispositivo electrónico que compara la temperatura de captadores con la temperatura de acumulación,

El sistema de control está ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2 °C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no es menor de 2 °C. De esta forma el funcionamiento de la parte solar de la instalación se optimiza.

El sistema de control asegura que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de

congelación del fluido.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores, de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación.

El sensor de temperatura de la acumulación está colocado en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario.

ANEXO C.I

NORMATIVA DE APLICACIÓN Y CONSULTA

Normativa de aplicación y consulta

I.1 Normativa de aplicación

Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones de Baja Temperatura del IDAE.

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas complementarias.

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Complementaria

Normas Básicas de la Edificación: Condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios (NBE-CPI).

Ordenanzas de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OSHT).

Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA).

Ley número 88/67 de 8 de noviembre: Sistema Internacional de Unidades de Medida S.I.

I.2 Normativa de consulta

UNE-EN 12975-1: Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 1: 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. Sistemas solares prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.

UNE-EN 12976-2: Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo.

UNE-EN 12977-1: Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares a medida. Parte 1: Requisitos generales.

UNE-EN 12977-2: Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas solares a medida. Parte 2: Métodos de ensayo.

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: Eurocode 1. Basis of design and actions on structures. Part 2-3: Action on structures; snow loads.

ENV 1991-2-4: Eurocode 1. 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: Energia solar.Vocabulario.

Se considerará la edición más reciente de las normas antes mencionadas, con las últimas modificaciones oficialmente aprobadas.

ANEXO C.II

COMPONENTES

COMPONENTES

CII.1 Generalidades

Los materiales de la instalación soportan las máximas temperaturas y presiones que puedan alcanzarse.

Todos los componentes y materiales cumplen lo dispuesto en el Reglamento de Aparatos a Presión.

Cuando se utilizan materiales diferentes, cobre y acero, en ningún caso estarán en contacto, situando entre ambos juntas o manguitos dieléctricos.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

CII.2 Captadores solares

.El captador lleva un orificio de ventilación, de diámetro no inferior a 4 mm, situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de manera que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

CII.3 Acumuladores

Cada acumulador viene equipado de fábrica de los necesarios manguitos de

acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:

– Manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida

de agua caliente.

– Registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.

– Manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario.

– Manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato.

– Manguito para el vaciado.

Los acumuladores vienen equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior.

El acumulador está enteramente recubierto con material aislante.

Todos los acumuladores van equipados con la protección catódica establecida por el fabricante para garantizar la durabilidad del acumulador.

Todos los acumuladores están protegidos con los dispositivos indicados en el punto 5 de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-11 del Reglamento de Aparatos a Presión (Orden 11764 de 31 de mayo de 1985 - BOE número 148 de 21 de junio de 1985).

CII.4 Intercambiadores de calor

Los materiales del intercambiador de calor resisten la temperatura máxima de

trabajo del circuito primario y son compatibles con el fluido de trabajo. El diseño del intercambiador de calor permite su limpieza utilizando productos líquidos. Se podrá tener en cuenta las recomendaciones del IDAE para las temperaturas del intercambiador:

<i>Aplicación</i>	<i>Temperatura entrada primario</i>	<i>Temperatura salida secundario</i>	<i>Temperatura entrada secundario</i>
Piscinas	50 °C	28 °C	24 °C
Agua caliente sanitaria	60 °C	50 °C	45 °C
Calefacción a baja temperatura	60 °C	50 °C	45 °C
Refrigeración/Calefacción	105 °C	90 °C	75 °C

Fig. C.6.- Temperaturas recomendadas

CII.5 Bombas de circulación

Los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.

Las bombas son resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas. Las bombas son resistentes a la presión máxima del circuito.

La bomba se ha seleccionado de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentran dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante. La presión de la bomba compensa todas las pérdidas de carga del circuito correspondiente.

CII.6 Tuberías

Las tuberías son de cobre tanto en el circuito primario como en el secundario. Las tuberías de cobre son tubos estirados en frío y uniones por capilaridad (UNE 37153). El dimensionado de las tuberías se realiza de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca es superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal.

CII.7 Válvulas

La elección de las válvulas se ha realizado de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para vaciado: válvulas de esfera
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera
- Para seguridad: válvulas de resorte.

– Para retención: válvulas de claveta. A los efectos de este PCT, no se permiten la utilización de válvulas de compuerta. El acabado de las superficies de asiento y obturador debe asegurar la estanquidad al cierre de las válvulas, para las condiciones de servicio especificadas.

Las superficies del asiento y del obturador deben ser recambiables. La

empaquetadura debe ser recambiable en servicio, con válvula abierta a tope, sin necesidad de desmontarla.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Las válvulas de retención se sitúan en la tubería de impulsión de la bomba, entre la boca y el manguito antivibratorio, y en cualquier caso, aguas arriba de la válvula de interceptación.

Los purgadores automáticos de aire están contruidos con los siguientes materiales:

- Cuerpo y tapa de fundición de latón.
- Mecanismo de acero inoxidable.
- Flotador y asiento de acero inoxidable.
- Obturador de goma sintética.

Los purgadores automáticos resisten la temperatura máxima de trabajo del circuito.

CII.10 Purga de aire

En general, el trazado del circuito evitará los caminos tortuosos, para favorecer el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos.

Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del

1 % en el sentido de circulación.

Si el sistema está equipado con líneas de purga, deberán ser colocadas de tal forma que no se puedan helar y no se pueda acumular agua en las líneas. Los orificios de descarga deberán estar dispuestos de tal forma que vapor o medio de transferencia de calor que salga por las válvulas de seguridad no cause ningún riesgo a las personas, materiales o medio ambiente.

Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deberán soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador.

D.

PRESUPUESTO

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

1.-MATERIAL SOLAR				
COMPONENTE	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD(UNIDADES)	CANTIDAD(METROS)	PRECIO TOTAL(€)
<i>Colector solar ESCOSOL 3.0 TINOX</i>	748,00 €	120	-	89.760,00 €
<i>Estructura soporte para 2 colectores ESCOSOL 3.0 TINOX</i>	145,00 €	60	-	8.700,00 €
TOTAL PARTIDA				98.460,00 €
2.-MATERIAL HIDRÁULICO				
COMPONENTE	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD(UNIDADES)	CANTIDAD(METROS)	PRECIO TOTAL(€)
<i>ACUMULADOR 5000L IDROGAS</i>	4.594,00 €	4	-	18.376,00 €
<i>Intercambiador ALFA LAVAL M6FM de 18 placas</i>	1.752,00 €	1	-	1.752,00 €
<i>Bomba de circulación TP 50-190/2 GRUNDFOS</i>	1.612,00 €	2	-	3.224,00 €
<i>Bomba de circulación TP 50-190/2 GRUNDFOS</i>	1.125,00 €	2	-	2.250,00 €
<i>Depósito de expansión 50 AMR-SO</i>	111,00 €	1	-	111,00 €
<i>Desaireador FLEXAIR con purgador incluido ROCA</i>	24,00 €	20	-	480,00 €
<i>Válvulas de corte</i>	25,00 €	77	-	1.925,00 €
<i>Válvulas de seguridad</i>	7,00 €	25	-	175,00 €
<i>Válvulas de retención</i>	25,00 €	7	-	175,00 €
<i>Válvula mezcladora progresiva</i>	327,28 €	1	-	327,28 €

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

Grifo de vaciado	7,80 €	25	-	195,00 €
Tubería de cobre sin calorifugar, estirada en frío. UNE - 37.141-76. Diámetro interior de la tubería de 52 mm y 1,5 mm de espesor, incluyendo accesorios.	88,90 €	-	73	6.489,70 €
Tubería de cobre sin calorifugar, estirada en frío. UNE - 37.141-76. Diámetro interior de la tubería de 40 mm y 1,5 mm de espesor, incluyendo accesorios.	12,98 €	-	129	1.674,42 €
Tubería de cobre sin calorifugar, estirada en frío. UNE - 37.141-76. Diámetro interior de la tubería de 33 mm y 1,5 mm de espesor, incluyendo accesorios.	10,05 €	-	62	623,10 €
Tubería de cobre sin calorifugar, estirada en frío. UNE - 37.141-76. Diámetro interior de la tubería de 26 mm y 1,5 mm de espesor, incluyendo accesorios.	6,80 €	-	31	210,80 €
Tubería de cobre sin calorifugar, estirada en frío. UNE - 37.141-76. Diámetro interior de la tubería de 20 mm y 1,5 mm de espesor, incluyendo accesorios.	6,00 €	-	16	96,00 €

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

<i>Tubería de cobre sin calorifugar, estirada en frío. UNE - 37.141-76. Diámetro interior de la tubería de 13 mm y 1,5 mm de espesor, incluyendo accesorios.</i>	5,01 €	-	16	80,16 €
<i>Codo de 90° de 52 mm de diámetro interior</i>	8,32 €	18	-	149,76 €
<i>Codo de 90° de 40 mm de diámetro interior</i>	4,46 €	6	-	26,76 €
<i>Codo de 90° de 13 mm de diámetro interior</i>	1,12 €	4	-	4,48 €
<i>T de cobre de 52 mm de diámetro interior</i>	14,84 €	6	-	89,04 €
<i>T de cobre de 40 mm de diámetro interior</i>	10,62 €	6	-	63,72 €
<i>T de cobre de 33 mm de diámetro interior</i>	6,96 €	16	-	111,36 €
<i>T de cobre de 26 mm de diámetro interior</i>	4,20 €	6	-	25,20 €
<i>T de cobre de 20 mm de diámetro interior</i>	3,70 €	2	-	7,40 €
<i>Reducción de cobre de diámetro interior 40/33</i>	4,88 €	2	-	9,76 €
<i>Reducción de cobre de diámetro interior 33/26</i>	3,00 €	2	-	6,00 €
<i>Reducción de cobre de diámetro interior 26/22</i>	2,08 €	2	-	4,16 €
<i>Reducción de cobre de diámetro interior 22/13</i>	1,56 €	2	-	3,12 €

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

<i>Ensanche de cobre de diámetro de 33/40</i>	4,88 €	2	-	9,76 €
<i>Ensanche de cobre de diámetro de 26/33</i>	3,00 €	2	-	6,00 €
<i>Ensanche de cobre de diámetro de 20/26</i>	2,08 €	2	-	4,16 €
<i>Coquilla SH/Armaflex de 19 mm y Ø 54</i>	2,75 €	-	65	178,75 €
<i>Coquilla SH/Armaflex de 27 mm y Ø 54</i>	5,35 €	-	8	42,80 €
<i>Coquilla SH/Armaflex de 27 mm y Ø 42</i>	4,85 €	-	129	625,65 €
<i>Coquilla SH/Armaflex de 27 mm y Ø 35</i>	4,20 €	-	62	260,40 €
<i>Coquilla SH/Armaflex de 27 mm y □ 28</i>	3,75 €	-	31	116,25 €
<i>Coquilla SH/Armaflex de 27 mm y Ø 22</i>	3,30 €	-	16	52,80 €
<i>Coquilla SH/Armaflex de 27 mm y Ø 13</i>	2,90 €	-	16	46,40 €
<i>Pack de diverso material hidráulico (manómetros, termómetros, ...)</i>	-	1	-	869,54 €

SUBTOTAL

40.877,73 €

3.-MATERIAL ELÉCTRICO

COMPONENTE	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD(UNIDADES)	CANTIDAD(METROS)	PRECIO TOTAL(€)
<i>Centralita de regulación DELTA SOL B, incluyendo sondas necesarias para el sistema de control</i>	246	1		246,00 €

INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO

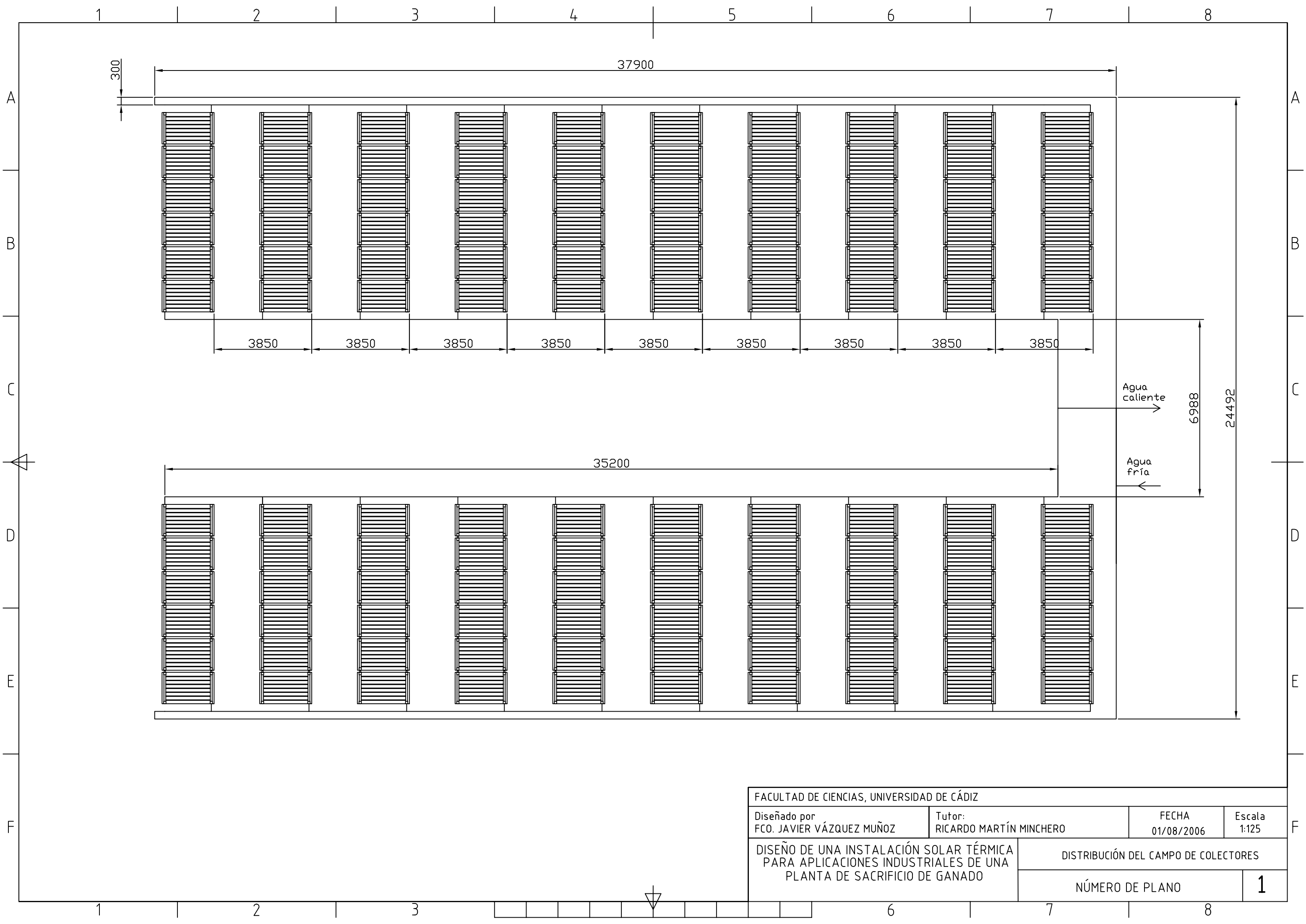
4.-OTROS				
COMPONENTE	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD(UNIDADES)	CANTIDAD(METROS)	PRECIO TOTAL(€)
Beneficio industrial (8% de la ejecución material)	9072,90	1		9.072,94 €
TOTAL				148656,67

En resumen, los precios por partidas son:

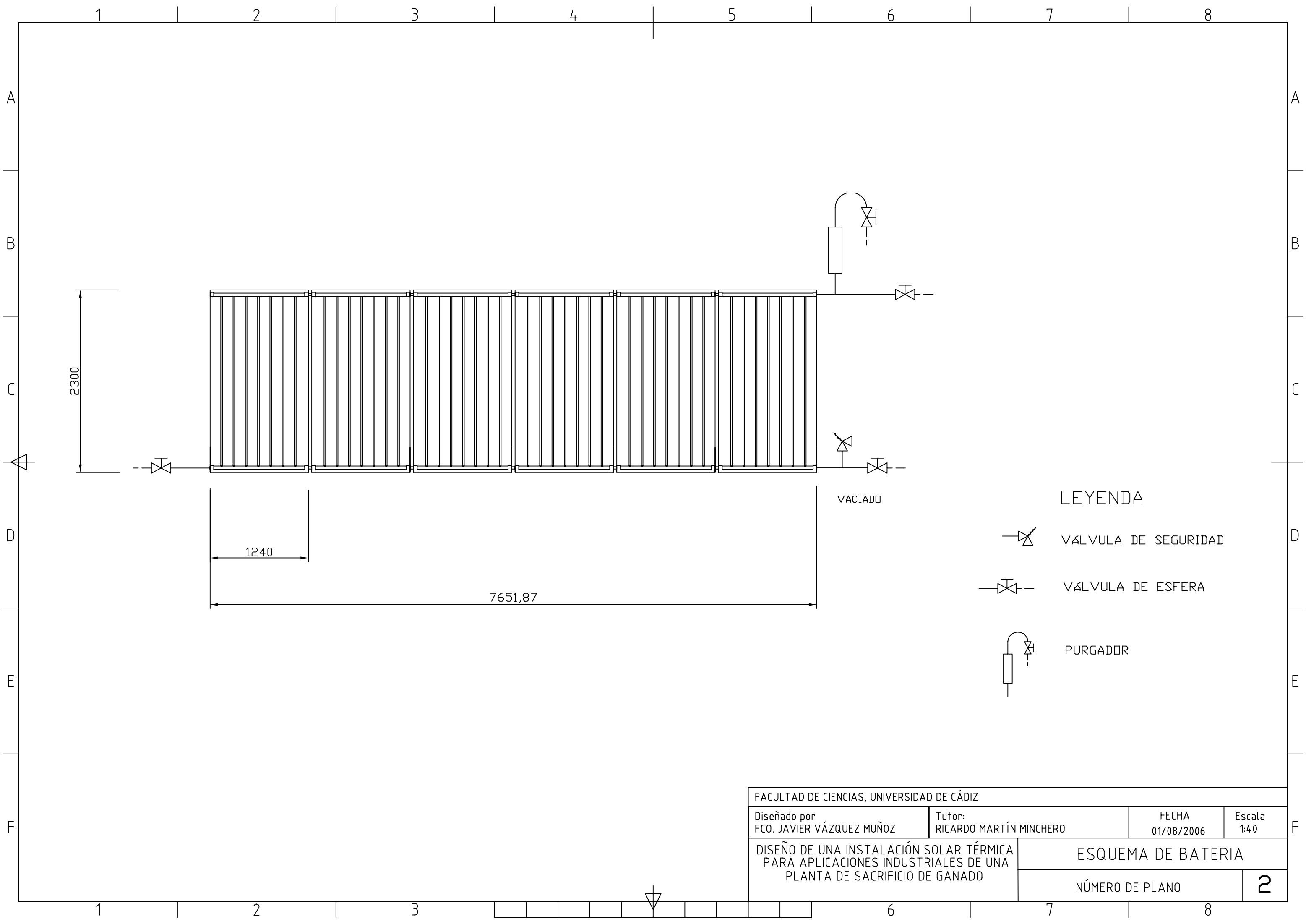
	PRECIO(€)
1.-MATERIAL SOLAR	98.460,00 €
2.-MATERIAL HIDRÁULICO	40.877,74 €
3.-MATERIAL ELÉCTRICO	246,00 €
4.-OTROS	9.072,94 €
TOTAL	148.656,66 €

E.

ESQUEMAS Y PLANOS



FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE CÁDIZ			
Diseñado por FCO. JAVIER VÁZQUEZ MUÑOZ	Tutor: RICARDO MARTÍN MINCHERO	FECHA 01/08/2006	Escala 1:125
DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO		DISTRIBUCIÓN DEL CAMPO DE COLECTORES	
NÚMERO DE PLANO			1




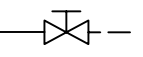
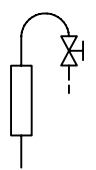
2300

1240

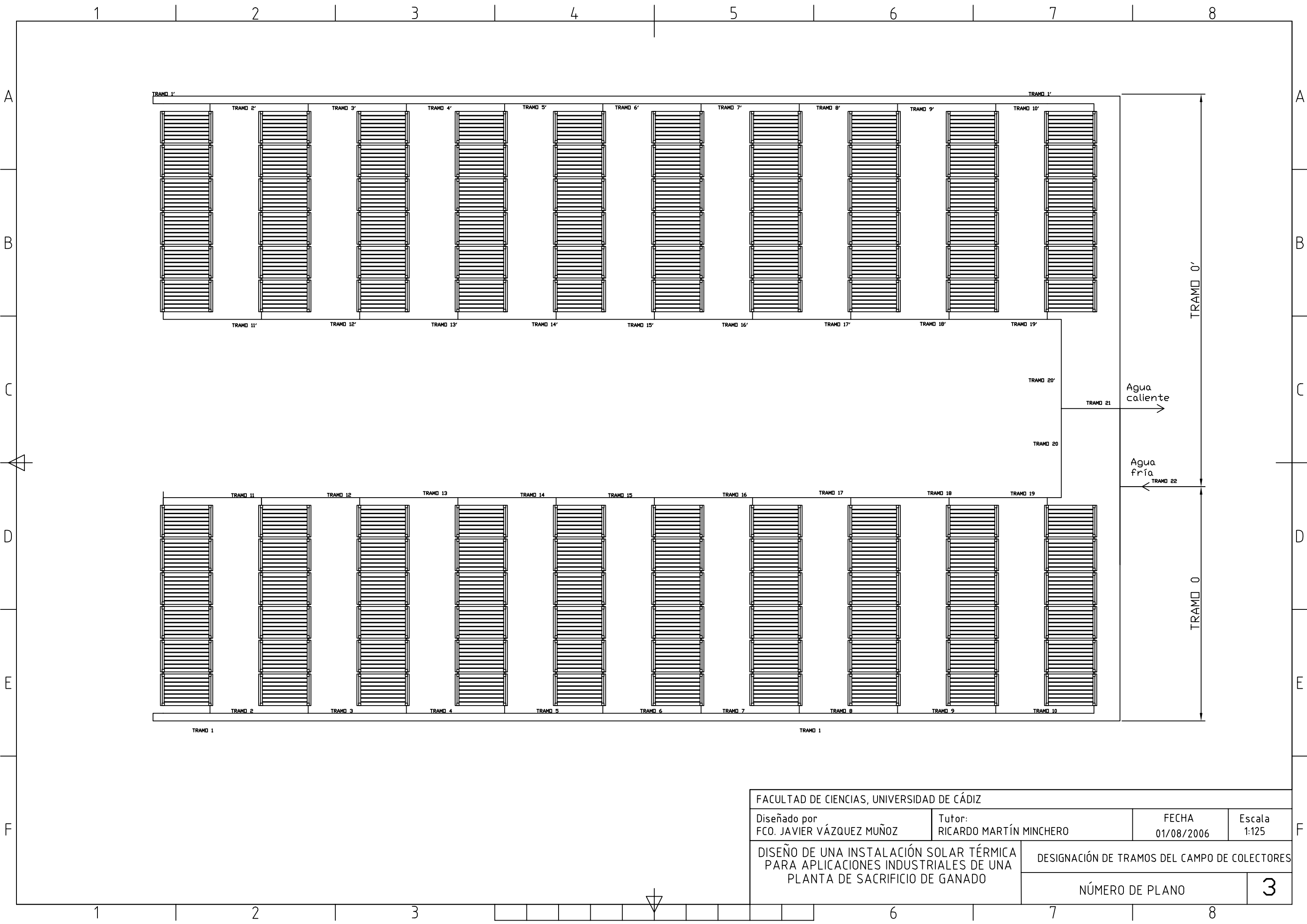
7651,87

VACIADO

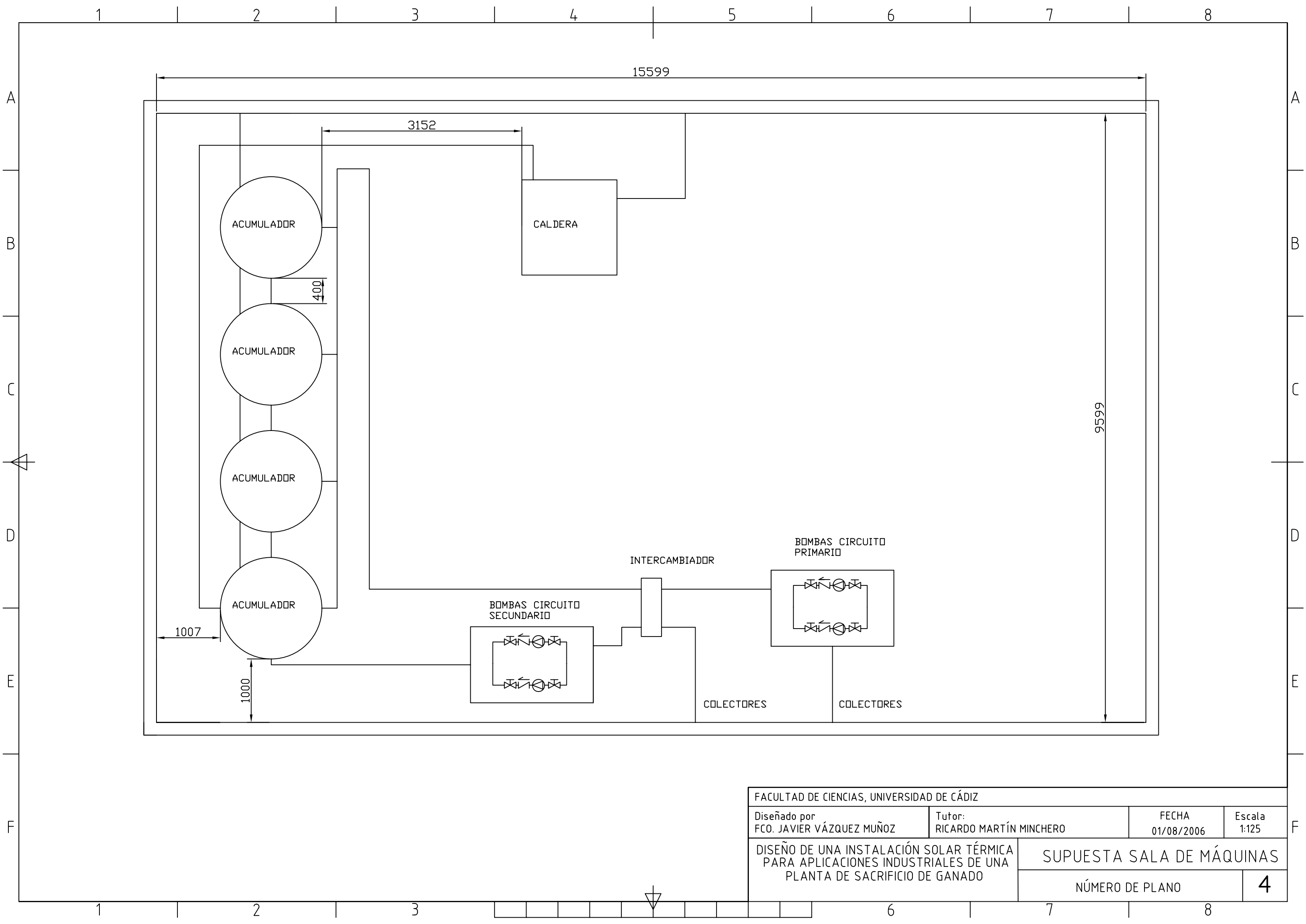
LEYENDA

-  VÁLVULA DE SEGURIDAD
-  VÁLVULA DE ESFERA
-  PURGADOR

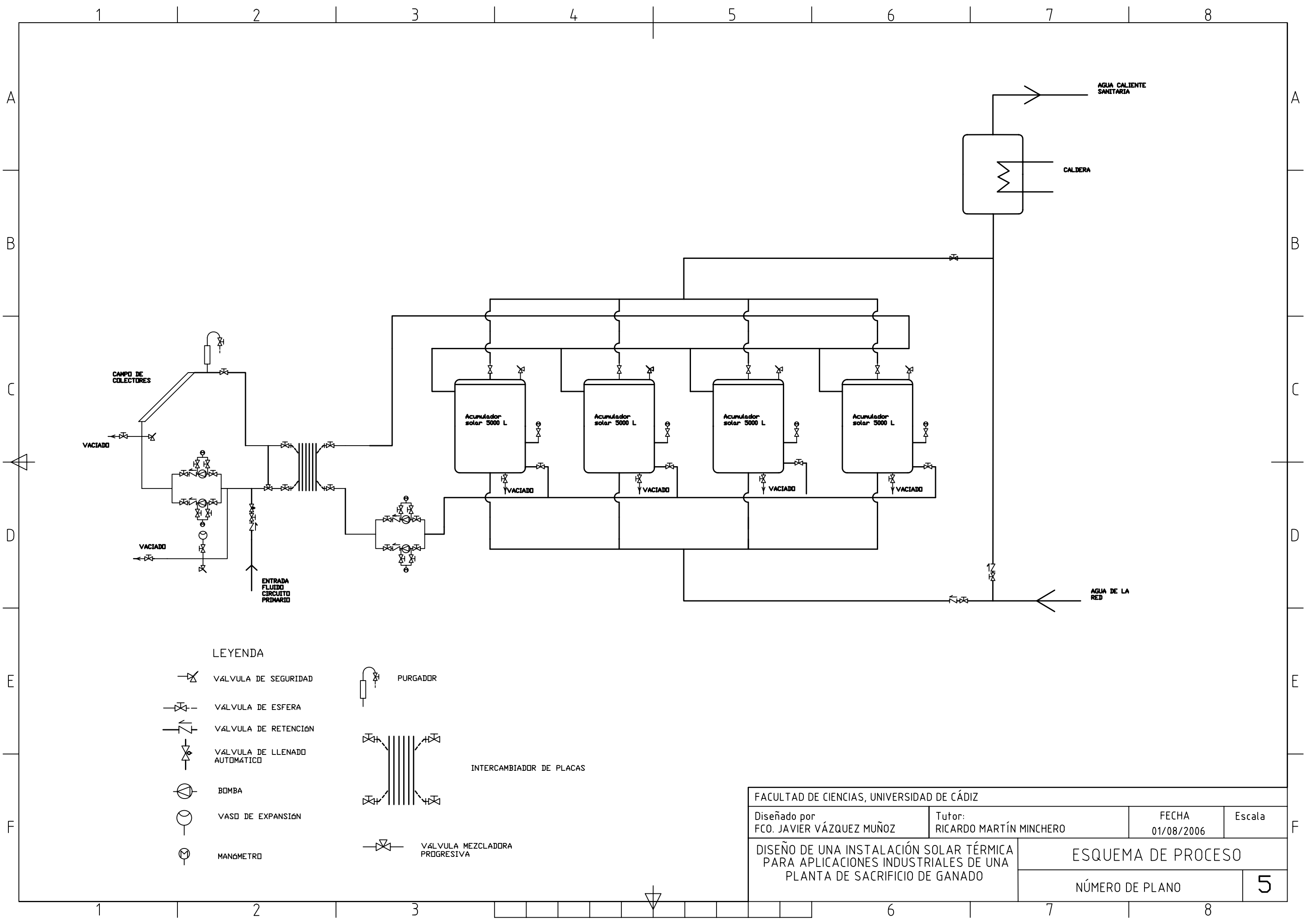
FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE CÁDIZ			
Diseñado por FCO. JAVIER VÁZQUEZ MUÑOZ	Tutor: RICARDO MARTÍN MINCHERO	FECHA 01/08/2006	Escala 1:40
DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO		ESQUEMA DE BATERIA	
		NÚMERO DE PLANO	2










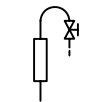
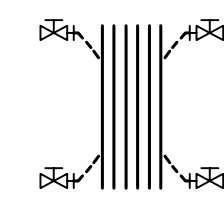
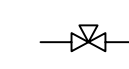
FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE CÁDIZ			
Diseñado por FCO. JAVIER VÁZQUEZ MUÑOZ	Tutor: RICARDO MARTÍN MINCHERO	FECHA 01/08/2006	Escala 1:125
DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO		DESIGNACIÓN DE TRAMOS DEL CAMPO DE COLECTORES	
		NÚMERO DE PLANO	3



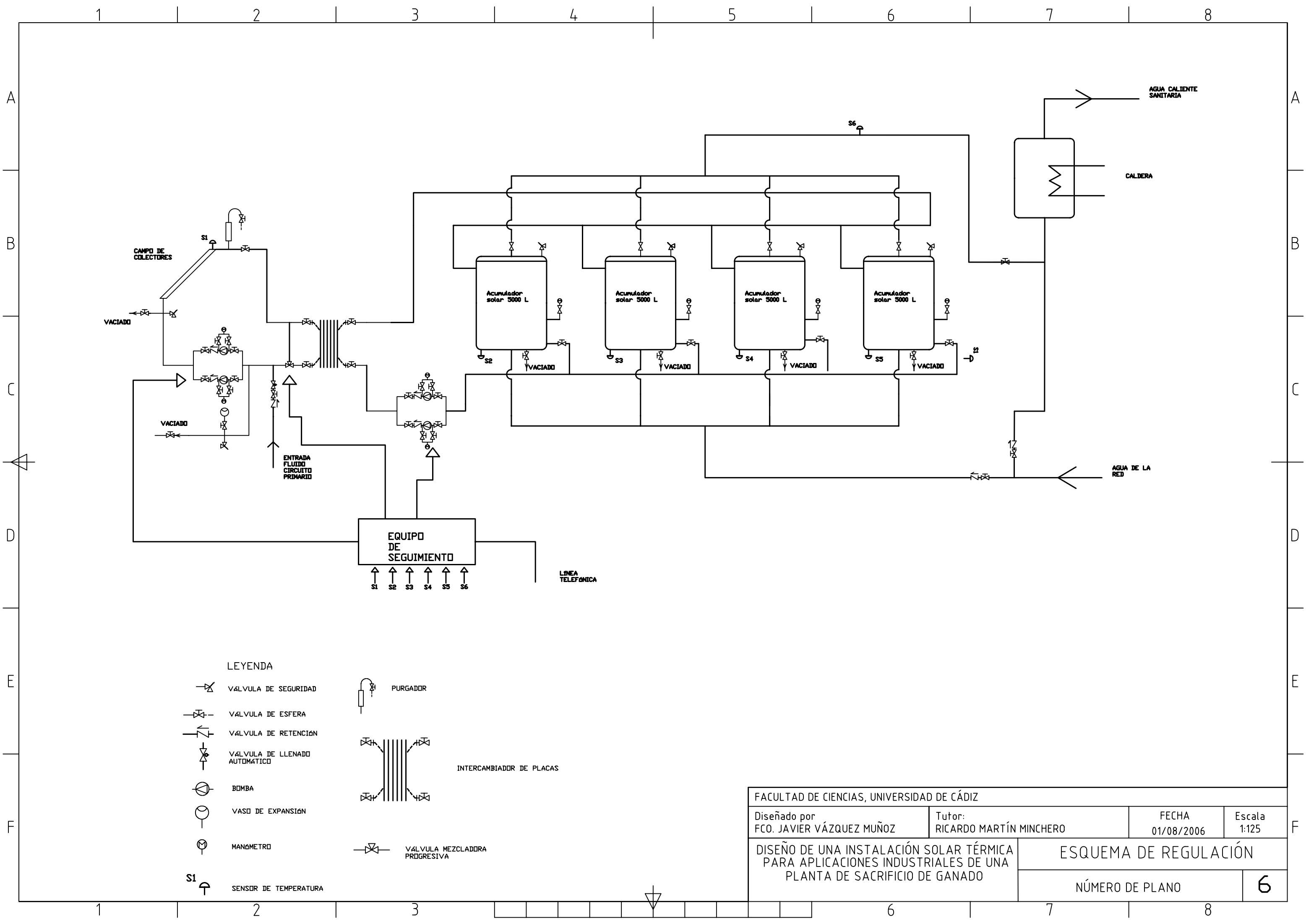
FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE CÁDIZ			
Diseñado por FCO. JAVIER VÁZQUEZ MUÑOZ	Tutor: RICARDO MARTÍN MINCHERO	FECHA 01/08/2006	Escala 1:125
DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO		SUPUESTA SALA DE MÁQUINAS	
		NÚMERO DE PLANO	4












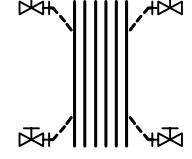

LEYENDA

-  VÁLVULA DE SEGURIDAD
-  VÁLVULA DE ESFERA
-  VÁLVULA DE RETENCIÓN
-  VÁLVULA DE LLENADO AUTOMÁTICO
-  BOMBA
-  VASO DE EXPANSIÓN
-  MANÓMETRO
-  PURGADOR
-  INTERCAMBIADOR DE PLACAS
-  VÁLVULA MEZCLADORA PROGRESIVA

FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE CÁDIZ			
Diseñado por FCO. JAVIER VÁZQUEZ MUÑOZ	Tutor: RICARDO MARTÍN MINCHERO	FECHA 01/08/2006	Escala
DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO		ESQUEMA DE PROCESO	
NÚMERO DE PLANO			5



LEYENDA

-  VÁLVULA DE SEGURIDAD
-  VÁLVULA DE ESFERA
-  VÁLVULA DE RETENCIÓN
-  VÁLVULA DE LLENADO AUTOMÁTICO
-  BOMBA
-  VASO DE EXPANSIÓN
-  MANÓMETRO
-  S1 SENSOR DE TEMPERATURA
-  PURGADOR
-  INTERCAMBIADOR DE PLACAS
-  VÁLVULA MEZCLADORA PROGRESIVA

FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE CÁDIZ			
Diseñado por FCO. JAVIER VÁZQUEZ MUÑOZ	Tutor: RICARDO MARTÍN MINCHERO	FECHA 01/08/2006	Escala 1:125
DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES DE UNA PLANTA DE SACRIFICIO DE GANADO		ESQUEMA DE REGULACIÓN	
NÚMERO DE PLANO			6

