



ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

MODALIDAD PRESENCIAL

Eficiencia Energética: Calentadores solares. Estudio de factibilidad para el calentamiento de agua en la cafetería de la UTPL

Trabajo de fin de carrera previa a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

AUTORAS:

- Calle Castro Elizabeth del Rocío
- Ortiz Chamba Gabriela del Rocío

DIRECTOR: Ing. Javier Carrión Mogrovejo

Loja - Ecuador

2012

CERTIFICACIÓN: ACEPTACIÓN DE PROYECTO DE FIN DE CARRERA

Loja, Febrero de 2012

Ing. Javier Carrión Mogrovejo

Dejo constancia de haber dirigido, actualizado, revisado y estar de acuerdo con el proyecto de fin de carrera, titulado: "Eficiencia Energética: Calentadores Solares. Estudio de Factibilidad para el Calentamiento de Agua en la Cafetería de la UTPL".

Presentado por:

Elizabeth del Rocío Calle Castro

Gabriela del Rocío Ortiz Chamba

Particular que comunico para los fines legales pertinentes.

Ing. Javier Carrión Mogrovejo

Visto Bueno Dirección Escuela

F).....

Ing. Susana Arias

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

Febrero de 2012

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS EN TESIS DE GRADO

Elizabeth del Rocío Calle Castro y Gabriela del Rocío Ortiz Chamba, declaramos ser las autoras del presente trabajo y eximimos expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaramos conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que su parte pertinente textualmente dice: ***“Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.***

Elizabeth del Rocío Calle Castro

Gabriela del Rocío Ortiz Chamba

AUTORÍA

Las observaciones, análisis, conclusiones y recomendaciones emitidas en el presente proyecto son de absoluta responsabilidad de los autores.

Elizabeth del Rocío Calle Castro

Gabriela del Rocío Ortiz Chamba

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Gloria Castro y Marco Calle, a quienes admiro y agradezco por haberme guiado a lo largo de mi vida, Uds. me han dado las fuerzas y ganas para cumplir ésta meta muy importante en mi formación profesional.

A mí querida hermana Estefanía Calle, por darme su apoyo incondicional y confianza absoluta.

Elizabeth del Rocío Calle Castro

Dedico el presente trabajo a Dios, a quien me debo, a mis padres Nivardo y Eurise, por haber confiado en mí y por haberme brindado su apoyo en todo momento. Gracias papá, porque mediante tu esfuerzo lograste darme una carrera para mi futuro; gracias mamá por siempre ser mi apoyo incondicional.

A la memoria de mi hermano Ronald, quien desde el cielo se que disfruta de mis logros, y será mi inspiración para cumplir muchas metas más en mi vida.

A mis hermanos Cecibel, Cisne y Christian, gracias por su confianza y por brindarme su apoyo. A mi cuñado Diego y sobrina Milagros quienes han sabido compartir su entusiasmo y alegría conmigo y la familia. Los quiero mucho

Gabriela del Rocío Ortiz Chamba

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Ing. Javier Carrión, por guiarnos durante la realización de este proyecto. También queremos agradecer al Ing. Jorge Luis Jaramillo quien nos motivó de gran manera para la culminación de este trabajo.

A la Universidad Técnica Particular de Loja, a la Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, y a nuestros compañeros por su apoyo incondicional.

Además extendemos nuestra gratitud a la empresa LojaGas, quienes nos facilitaron la información y aportaron con sus experiencias personales.

TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN: ACEPTACIÓN DE PROYECTO DE FIN DE CARRERA.....	II
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS EN TESIS DE GRADO.....	III
AUTORÍA	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
RESUMEN.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XIV
LISTA DE FIGURAS.....	VIXI
LISTA DE TABLAS	IXI
Capítulo 1.....	1
Caracterización de los procesos en la Cafetería Universitaria y definición de requerimientos	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Información general de la cafetería de la UTPL.....	1
1.3 Proceso tecnológico de la CU.....	1
1.3.1. Arquitectura del sistema de provisión de agua caliente.....	1
1.3.2. Demanda de agua caliente	3
1.3.3. Temperatura requerida para el agua en la CU.....	5
1.3.4. Demanda de gas industrial	6
1.4 Tabla de requerimientos.....	6
Capítulo 2.....	8
Estado del arte de la industria de los colectores solares	8
2.1 Introducción.....	8
2.2 Calentadores solares para agua.....	8
2.2.1 Colector solar	9
2.2.1.1 Colectores solares de placa plana.....	10
2.2.1.2 Colectores de tubos evacuados.....	13
2.3 Almacenamiento de energía de los colectores solares	18

2.4	Circulación del fluido.....	19
2.5	Conexión de colectores.....	20
2.6	Equipos y materiales para el diseño de colectores solares.....	23
2.7	Colectores solares existentes en el mercado	26
2.7.1	Colector solar de placa plana Helioselec 234.....	26
2.7.2	Colector Solar de placa plana TSS-200	28
2.7.3	Colector solar Semiesférico de Tubos Corrugados IPESOL.....	29
2.7.4	Colector solar de Tubos evacuados DF120-6.....	31
Capítulo 3.....		35
Selección del tipo de colector solar adecuado		35
3.1	Criterios de evaluación.....	35
3.1.1	Rendimiento de los colectores solares	35
3.1.2	Capacidad de los colectores solares	36
3.1.3	Superficie útil de los colectores solares	36
3.1.4	Peso de los colectores solares	36
3.1.5	Ángulo de inclinación e incidencia	36
Capítulo 4.....		38
Diseño del Sistema		38
4.1	Introducción.....	38
4.2	Requerimientos de diseño	38
4.2.1	Volumen de agua requerido, temperatura de agua requerida, disponibilidad del sistema	38
4.2.2	Tabla de requerimientos.....	39
4.3	Descripción de la instalación	39
4.3.1	Características del colector	39
4.3.2	Sistema de almacenamiento.....	40
4.3.3	Sistema de tuberías	41
4.4	Metodología de diseño de la instalación para la CU.....	42
4.5	<i>Mantenimiento preventivo</i>	47
4.6	Sistema de regulación y control	49
4.7	Presupuesto.....	50
5 CONCLUSIONES		51

6 Trabajos Futuros.....	53
7 Referencias.....	54
8 Anexos.....	56

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.1 Esquema de la estructura del sistema de calentamiento de agua existente en la cafetería UTPL.....	2
Fig. 1.2 Afluencia de usuarios a la cafetería UTPL.....	4
Fig. 2.1 Calentadores solares de agua.....	8
Fig. 2.2 Colector solar.....	9
Fig. 2.3 Cubierta transparente del colector de placa plana.....	11
Fig. 2.4 Placa captadora del colector de placa plana.....	12
Fig. 2.5 Aislamiento del colector solar de placa plana.....	12
Fig. 2.6 Componentes del tubo evacuado.....	14
Fig. 2.7 Componentes de un Colector Solar de tubos al vacío.....	15
Fig. 2.8 Colector solar de placa plana Helioselec 234.....	16
Fig. 2.9 Colector semiesférico de tubos corrugados.....	16
Fig. 2.10 Colector de tubos evacuados.....	17
Fig. 2.11 Circuito cerrado.....	18
Fig. 2.12 Sistema solar de funcionamiento por circulación forzada.....	19
Fig. 2.13 Sistema solar de funcionamiento por termosifón.....	20
Fig. 2.14 Conexionado en serie.....	21
Fig. 2.15 Conexionado en paralelo.	22
Fig. 2.16 Conexionado mixto.....	23
Fig. 2.17 Colector solar de placa plana Helioselec 234.....	26
Fig. 2.18 Colector solar de placa plana TSS-200.....	28
Fig. 2.19 colector semiesférico de tubos corrugados.....	29
Fig. 2.20 Colector de tubos evacuados.....	31
Fig. 3.1 Angulo de inclinación y de incidencia.....	36
Fig. 4.1 Energía Absorbida (Y) Vs Pérdidas por reflexión (X) en Colectores Solares.....	42

LISTA DE TABLAS

Tabla.1.1 Demanda horaria de agua en cafetería UTPL.....	3
Tabla. 1.2 Consumo del agua caliente en la cafetería de la UTPL.....	4
Tabla.1.3 Demanda semanal de agua caliente.....	5
Tabla. 1.4 Demanda anual de agua caliente en eventos.....	5
Tabla. 1.5 Temperatura inicial y final del agua en cafetería de la UTPL ...	6
Tabla. 1.6 Consumo de energía y costos de utilización del sistema de calefacción en la cafetería de la UTPL.....	6
Tabla. 1.7 Requerimientos de la Cafetería de la UTPL.....	7
Tabla. 2.1 Datos técnicos de colector Helioselec 234.....	27
Tabla. 2.2 Vida útil y mantenimiento.....	28
Tabla. 2.3 Datos técnicos de colector TS-200.....	28
Tabla. 2.4 Vida útil y mantenimiento.....	29
Tabla. 2.5 Datos técnicos de colector IPESOL.....	30
Tabla. 2.6 Vida útil y mantenimiento.....	31
Tabla. 2.7 Datos técnicos del colector DF120-6.....	32
Tabla. 2.8 Vida útil y mantenimiento.....	32
Tabla.2.9 Análisis comparativo de los modelos preseleccionados de colectores solares.....	33
Tabla. 4.1 Requerimientos de diseño.....	38
Tabla. 4.2 Especificaciones del colector de placa plana LojaGas.....	39
Tabla. 4.3 Especificaciones del Tanque de Almacenamiento.....	40
Tabla. 4.4 Especificaciones de la Tubería.....	40
Tabla. 4.5 Datos climatológicos de la Ciudad de Loja.....	41
Tabla. 4.6 Plan de vigilancia.....	47
Tabla. A8.1 Consumo de agua caliente.....	55
Tabla. A8.2 factor de simultaneidad.....	56
Tabla. A8.3. Temperatura media diaria °C.....	58
Tabla. A8.4 Irradiación Solar.....	59
Tabla. A8.5. Requerimientos.....	60
Tabla. A8.6 Presupuesto Empresa LojaGas.....	62
Tabla. A8.7 Presupuesto establecido por el equipo de Control de la EET.....	64

RESUMEN

La realización de este proyecto se encuentra enfocada en la utilización de la energía solar mediante colectores solares, con el propósito de determinar si es una solución eficiente y rentable en nuestro medio. Se efectúa un análisis de los diferentes tipos de colectores solares (placa plana, tubos evacuados, esféricos), presentes en el mercado, algunos de los cuales han dado excelentes resultados en los países que han adoptado éstas tecnologías, sin embargo en nuestra realidad se debe estudiar estos sistemas, para nuestro consumo energético basándonos en las horas de Sol que podemos aprovechar.

En respuesta al reto de mejorar la tecnología para el aprovechamiento de la energía solar, se ha propuesto una línea de I+D+D, de manera que, la estimación de los resultados obtenidos de este análisis permitirá evaluar su aplicabilidad en la cafetería de la UTPL.

Para finalizar, una vez identificado el colector adecuado que se acople a los requerimientos de la Cafetería Universitaria, la empresa LojaGas se une a nuestro proyecto con el objeto de aportar con la implementación del sistema de calentamiento de agua basada en colectores solares.

INTRODUCCIÓN

El creciente costo económico y ambiental de los combustibles fósiles ha promovido el desarrollo de fuentes renovables como alternativas energéticas. Entre las fuentes de energía renovable de mayor potencial figura la energía solar, disponible en todo el mundo y catalogada como un recurso universal que no tiene costo.

La energía solar es una de las alternativas para suplir a las energías convencionales actuales, basándose en la energía del Sol para producir calor que puede aprovecharse para la producción de agua caliente destinada al consumo doméstico, ya sea agua caliente sanitaria o calefacción.

En respuesta al reto de mejorar la tecnología para el aprovechamiento de la energía solar y su aplicación en actividades concretas, la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) ha propuesto una línea de I+D+D, iniciándose con proyectos piloto como la evaluación de la factibilidad de instalar un sistema híbrido solar térmico-gas para el abastecimiento de agua caliente sanitaria para la cafetería universitaria, denominado RENAGUA.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Analizar los diferentes tipos de colectores solares para el calentamiento de agua en la cafetería de la UTPL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Caracterizar los procesos de la Cafetería Universitaria y definir sus requerimientos
- ✓ Realizar un análisis sobre el estado del arte de la industria de los Colectores Solares
- ✓ Seleccionar el tipo adecuado de Colector Solar
- ✓ Diseñar el sistema para el calentamiento del agua

Capítulo 1

Caracterización de los procesos en la Cafetería Universitaria y definición de requerimientos

1.1 Introducción

El presente capítulo está enfocado al análisis del sistema de calentamiento de agua existente en la CU¹ y sus requerimientos.

Basándonos en los servicios que ofrece la CU, se puede considerar algunos parámetros para este estudio, como el tipo de sistema de calentamiento de agua utilizado, los componentes y la estructura del mismo, la demanda de agua caliente, la temperatura del agua a la que trabajan y, el número de usuarios.

1.2 Información general de la cafetería de la UTPL

La CU, actualmente llamada “Café Sur”, en convenio con la Universidad Técnica Particular de Loja, es el encargado de coordinar y fortalecer los servicios que brinda la CU, teniendo como objetivo principal ofrecer a sus clientes calidad en alimentos con atención personalizada.

Diariamente, la CU atiende alrededor de 1200 usuarios, ofreciendo refrigerios, almuerzos y otros servicios.

La CU se encuentra organizada en diversas áreas de producción, las cuales procesan la materia prima hasta lograr un producto terminado para consumo del público.

1.3 Proceso tecnológico de la CU

Este apartado describe el uso del agua caliente en la CU.

1.3.1. Arquitectura del sistema de provisión de agua caliente

La CU cuenta con un sistema de calentamiento de agua constituido por 2 calefones automáticos marca Instamatic de 28 litros cada uno, y, con 2

¹ Cafetería Universitaria

termotanques de almacenamiento de agua marca A.O Smith modelo MSG 50 241 de 175 litros.

El sistema se alimenta de gas industrial y proporciona agua a nueve lavamanos para el lavado de vajilla y de alimentos. En la figura 1.1 muestra un esquema del sistema de agua caliente de la CU.

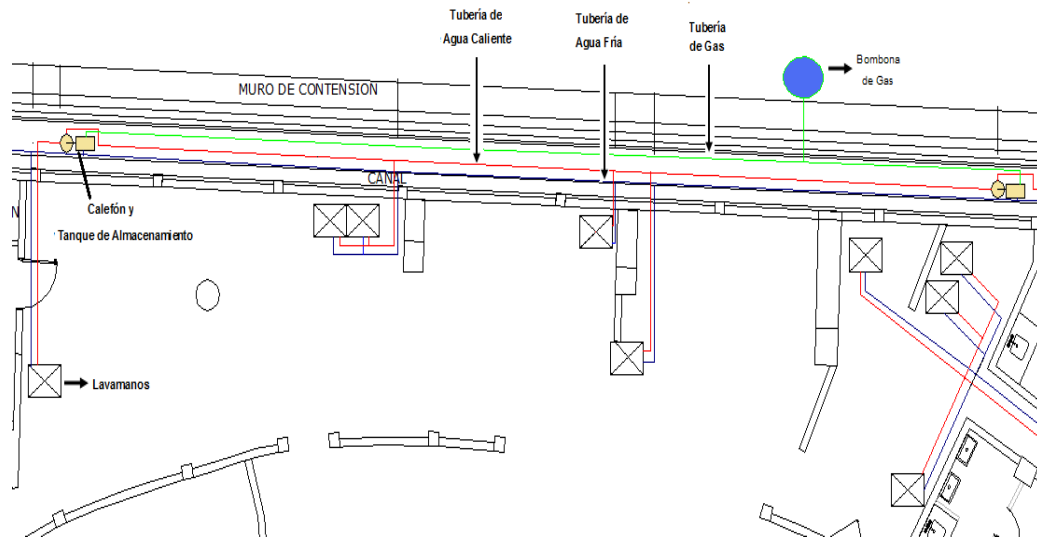


Fig.1.1 Esquema del sistema de calentamiento de agua existente en la CU.

Elaboración Ángel Patricio Songor. Estudiante de la Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones en la UTPL

El sistema actual cuenta con las siguientes características:

- Calefón automático de 28 litros
- Calentador automático y almacenamiento de 175 litros
- El gas es suministrado desde una bombona de gas industrial de 4m^3
- Se suministra agua a 9 lavamanos
- La temperatura inicial de agua es de 19°C
- Se utilizan solamente 4 lavamanos simultáneamente
- La temperatura de entrega del agua es de 41°C

1.3.2. Demanda de agua caliente

A través de entrevistas efectuadas al personal responsable de la Administración de la CU, de las visitas realizadas, se pudo cuantificar la demanda diaria de agua caliente en la CU.

La demanda se determinó por el número de usuarios y por la cantidad de agua utilizada para el lavado de alimentos y vajilla. Los resultados se sintetizan en la tabla 1.1

Tabla. 1.1 Demanda horaria de agua en cafetería UTPL

Horas	Número usuarios	Volumen de agua lavado de vajilla (l)	Volumen de agua otros usos (l)	Volumen total (l)	Tipo de uso
7:00 a 8:00			140	140	Preparación alimentos
8:00 a 9:00	35	70		70	
9:00 a 10:00	90	180		180	
10:00 a 11:00	130	260		260	
11:00 a 12:00	130	260		260	
12:00 a 13:00	80	160	140	300	Preparación de alimentos
13:00 a 14:00	80	160		300	
14:00 a 15:00	30	60		60	
15:00 a 16:00	35	70	30	100	
16:00 a 17:00	45	90		90	
17:00 a 18:00	85	170		170	
18:00 a 19:00	80	160	70	230	Preparación alimentos
19:00 a 20:00	30	60		60	
TOTAL	850	1700		2220	

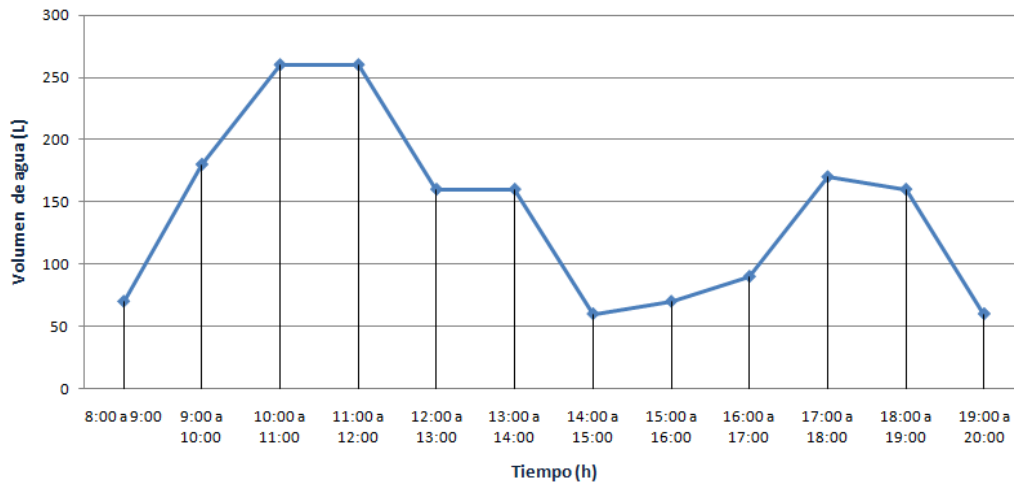
Como se puede apreciar en la tabla 1.1, de las trece horas laborables en la CU, la mayor demanda corresponde a los períodos de 10h00 a 14h00 y de 17h00 a 19h00.

Con los datos obtenidos, se definió la demanda de agua caliente y el número de usuarios atendidos diariamente en la CU. Estos resultados se indican en la tabla 1.2.

Tabla. 1.2 Consumo del agua caliente en la CU

Horas	Número de usuarios asistentes a la cafetería	Cantidad de agua caliente utilizada (l)
8:00 a 9:00	35	70
9:00 a 10:00	90	180
10:00 a 11:00	130	260
11:00 a 12:00	130	260
12:00 a 13:00	80	160
13:00 a 14:00	80	60
14:00 a 15:00	30	70
15:00 a 16:00	35	90
16:00 a 17:00	45	170
17:00 a 18:00	85	160
18:00 a 19:00	80	60
19:00 a 20:00	30	60
TOTAL	850	1700

La figura 1.2 muestra la relación entre la cantidad de agua y el horario de atención. Se puede apreciar que el consumo máximo de agua caliente en la CU está en el periodo de tiempo entre las 10h00 y 12h00. Este consumo máximo es de 260 litros.

Fig.1.2 Consumo de agua. *Elaborado por la autora*

Para obtener la demanda de agua caliente se estableció el número de usuarios por hora, de acuerdo a las entrevistas al personal responsable de la

Administración de la CU; luego se asignó dos litros de agua por usuario (ver anexo 1) para calcular la demanda horaria de agua caliente mostrada en la figura 1.2, obteniendo la demanda total diaria de agua caliente que se indica en la tabla 1.3.

Tabla.1.3 Demanda semanal de agua caliente

Días	Volumen de agua caliente (l)
Lunes	1700
Martes	1700
Miércoles	1700
Jueves	1700
Viernes	1700
Sábado	320
Total en la semana	8820

Otro dato importante que se debe tomar en cuenta es que la UTPL eventualmente organiza actividades como seminarios, congresos, cursos de capacitación, etc, cuyos requerimientos de alimentación son cubiertos por la CU, lo que incrementa el consumo de agua caliente.

Tabla.1.4 Demanda anual de agua caliente en eventos

Eventos	Cantidad de eventos	Número de personas	Cantidad de agua caliente
De poca magnitud	30 al año	150	9000 litros
De gran magnitud	10 al año	900	18000 litros
Total			27000 litros

La tabla 1.4 hace referencia a los eventos que se realizaron en el 2009 en la UTPL.

1.3.3. Temperatura requerida para el agua en la CU

El agua ingresa a los calefones a una temperatura de 19°C (medida a las 12h00 de un día con clima promedio), y se utiliza una temperatura de 41°C.

Tabla.1.5 Temperatura inicial y final del agua en la CU [1]

Temperatura inicial (agua fría), °C	19
Temperatura final, °C	41

La tabla 1.5 indica los valores de la temperatura inicial y final del agua en la CU.

1.3.4. Demanda de gas industrial

La tabla 1.6 muestra la cantidad y el costo de gas industrial utilizado en la CU.

Tabla. 1.6 Consumo de energía y costos de utilización del sistema de calefacción en la CU [1]

Costo de gas industrial por Kilo, USD	0.95
Cantidad de gas utilizado semanalmente en la cafetería	15 kilos cada calefón Dando un total de 30 kilos todo el sistema
Costo Total Semanal, USD	28,5
Costo Total Mensual, USD	114
Costo Total Anual, USD	1.368

Con la utilización de colectores solares se puede lograr reducir los costos de operación del sistema actual.

1.4 Tabla de requerimientos

Las temperaturas a la entrada del sistema de calentamiento y en la salida de los puntos de trabajo, se determinaron por medición directa en el sistema actualmente en funcionamiento, utilizando un termómetro básico.

La temperatura del agua en los puntos de trabajo, es satisfactoria para el personal de la CU, razón por la cual se la adoptará como parámetro para el diseño del nuevo sistema. En la Tabla 1.7, se detallan los valores de diseño.

Tabla.1.7 Requerimientos de la CU

Volumen de agua, l	2400
Temperatura inicial, °C	19
Temperatura final, °C	41

Capítulo 2

Estado del arte de la industria de los colectores solares

2.1 Introducción

El objetivo de este capítulo es realizar una revisión de las diferentes tecnologías de colectores solares disponibles en el mercado, para poder determinar el sistema óptimo que cumpla con los requerimientos de la cafetería de la UTPL.

2.2 Calentadores solares para agua

Un calentador solar de agua es un sistema fototérmico capaz de utilizar la energía térmica del sol para el calentamiento de agua sin usar ningún tipo de combustible [2].



Fig. 2.1 Calentadores solares de agua Tomada de “Calentadores Solares: Energía Renovable en tu Hogar”, greenpeace, Disponible en: <http://www.greenpeace.org>

De acuerdo con el grado de temperatura obtenido al calentar un fluido, los colectores solares se clasifican en: de baja temperatura, de temperatura media y de alta temperatura.

De baja temperatura. Destinados a aquellas aplicaciones que no exigen temperaturas del agua superiores a los 90°C. Por ejemplo, agua caliente sanitaria (ACS) y apoyo a la calefacción de viviendas, ACS en polideportivos, calentamiento de agua de piscinas, etc.

En las instalaciones solares térmicas de baja temperatura para que la transferencia térmica sea eficaz, debemos asegurar la circulación del fluido. Esto se puede conseguir de dos formas diferentes, por termosifón (circulación natural) y mediante una bomba de circulación (circulación forzada).

De temperatura media. Destinada a aquellas aplicaciones que exigen temperaturas del agua comprendidas entre los 80°C y los 250°C. Como por ejemplo: la producción de fluidos térmicos para procesos industriales, la desalinización de agua de mar y refrigeración mediante energía solar.

De alta temperatura. Destinada a aquellas aplicaciones que requieran temperaturas del agua superiores a los 250°C. Así, por ejemplo, la generación de vapor para la producción de electricidad a gran escala [3].

El sistema de calentamiento de agua consta principalmente de tres partes: colectores solares, termostanque y sistemas de tuberías

2.2.1 Colector solar

Es el aparato más representativo de la tecnología solar fototérmica, y, el elemento más importante de los calentadores solares. Encargado de captar la energía solar y transferirla al agua para así elevar su temperatura [4].

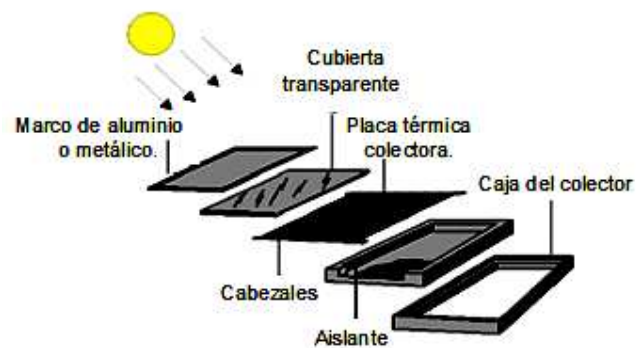


Fig. 2.2 Colector solar Tomada de "Sistemas Térmicos Solares". Comisión Nacional para el uso Eficiente de la energía. Disponible en http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_630_termosolar?

La figura 2.2 muestra un colector solar plano, el cual está constituido por:

- Marco de aluminio o metálico.
- Cubierta transparente, si se trata de vidrio debe tener bajo contenido en fierro.
- Placa térmica colectora. Enrejado con aletas de cobre.
- Cabezales de alimentación y descarga de agua.
- Aislante térmico como poliéster, lana mineral, fibra de vidrio, etc.
- Caja del colector, galvanizada

Existen dos tipos principales de colectores solares de agua: colectores solares planos y colectores de tubos evacuados.

La característica principal que identifica la calidad de un colector solar es su eficiencia, entendida como la capacidad de conversión de la energía solar incidente en energía térmica.

2.2.1.1 Colectores solares de placa plana

Son utilizados en bajas temperaturas. Éstos atrapan y utilizan el calor del sol para aumentar la temperatura del agua hasta alrededor de los 70°C. Se caracterizan por ser más económicos y resultan eficientes para obtener agua caliente sanitaria. Además, tienen la ventaja de usar una orientación fija y aprovechar tanto la radiación directa como la difusa.

Estos colectores se componen de cuatro elementos principales: la cubierta transparente, la placa captadora, el aislante y la carcasa.

Cubierta transparente

Es la encargada de dejar pasar la radiación solar, evitar que el calor emitido por la placa captadora se vaya del sistema y reducir las pérdidas por convección (ver figura 2.3).

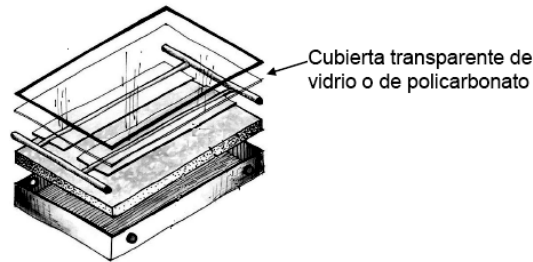


Fig. 2.3 Cubierta transparente del colector de placa plana Tomada de “Colectores solares”. *Tecnologías apropiadas: Energía solar Disponible en:*
<http://www.tecnologiasapropiadas.com/biblioteca/CeutaEnergiaSolarParte3.pdf>

La cubierta del colector solar de placa plana debe ser lo más transparente posible (transmisividad > 0.8), de espesor no inferior a 3 mm, además debe de tener un alto coeficiente de transmisión de la radiación solar, en la banda de 0.3 a 3 μm , el cual se tiene que conservar a lo largo de los años.

Los principales materiales utilizados son el vidrio, cuya característica principal es que son transparentes a la radiación de onda inferior a 3 μm y opacos a las radiaciones superiores, se debe elegir los vidrios recocidos o templados, ya que se mejoran sus propiedades mecánicas sin alterar a las ópticas.

El otro material principal utilizado es el plástico, que se presenta bajo la forma de películas flexibles de algunas décimas de milímetros de espesor, o bajo forma de placa rígida de algunos milímetros. Sus características principales son: baja densidad, mala conductividad térmica, coeficiente de dilatación lineal importante y mala resistencia a temperaturas elevadas.

Placa captadora

Tiene por misión absorber de la forma más eficiente posible la radiación solar y transformarla en energía térmica utilizable mediante su transferencia al fluido caloportador² (ver figura 2.4).

² Evita las heladas en el circuito primario de los colectores, impidiendo la congelación del fluido en las conducciones del circuito, evitando posibles roturas.

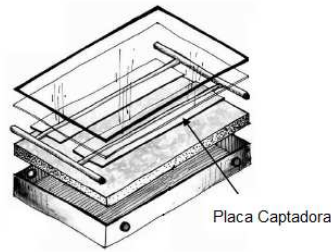


Fig. 2.4 Placa captadora del colector de placa plana Tomada de "Colectores solares".

Tecnologías apropiadas: Energía solar Disponible en:

<http://www.tecnologiasapropiadas.com/biblioteca/CeutaEnergiaSolarParte3.pdf>

Se debe de tener en cuenta que la distancia entre la placa captadora y la cubierta transparente debe de estar alrededor de 2 a 4cm.

La cara de la placa captadora que se expone al sol debe de estar protegida de los rayos solares por medio de: pintura de color negro u oscuro que absorbe la radiación solar y superficies selectivas que poseen un coeficiente de absorción de radiación solar alto y un bajo coeficiente de emisión.

Aislamiento

La placa captadora está protegida en su parte posterior y lateral por un aislamiento (ver figura 2.5) que evita las pérdidas térmicas hacia el exterior. El grosor depende de la aplicación, lugar y tipo de aislante

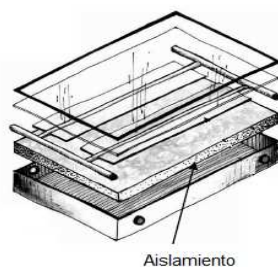


Fig. 2.5 Aislamiento del colector solar de placa plana. Tomada de "Colectores solares".

Tecnologías apropiadas: Energía solar Disponible en:

<http://www.tecnologiasapropiadas.com/biblioteca/CeutaEnergiaSolarParte3.pdf>

El aislamiento debe resistir altas temperaturas sin deteriorarse, lo que muchas veces se consigue colocando entre la placa y el aislante una capa reflectante, que impida que el aislante reciba directamente la radiación.

Los materiales más usados son la fibra de vidrio, la espuma rígida de poliuretano y el poliestireno expandido

Carcasa o Caja exterior

Es la encargada de proteger y soportar los elementos que constituyen el colector solar, además de servir de enlace con el edificio por medio de los soportes [5].

Los colectores solares planos se dividen en tres categorías:

- Colectores solares planos con cubierta transparente
- Colectores solares planos sin cubierta
- Colector semiesférico de tubos corrugado

2.2.1.2 Colectores de tubos evacuados

Estos colectores se aprovechan al máximo en aplicaciones que requieren temperaturas moderadas, entre 50 °C y 95 °C, en climas muy fríos, y tienen eficiencias casi constantes del 65%, a través de todas las diferencias de temperatura entre la entrada y salida.

Los colectores de tubos evacuados se componen de un arreglo de tubos en el que cada uno en sí es un colector solar completo. Cada una de estas unidades está constituida por 2 tubos concéntricos sellados en sus extremos de manera que se genere vacío entre ellos.

El tubo exterior es altamente permeable al paso de radiación térmica, sobre el tubo interior se dispone la superficie absorbente.

El calor captado por el tubo es transmitido a través de una lámina conductora hacia un tubo de cobre por el cual circula el fluido a calentar [6].

Un colector solar de tubos evacuados está constituido por (ver figura 2.6):

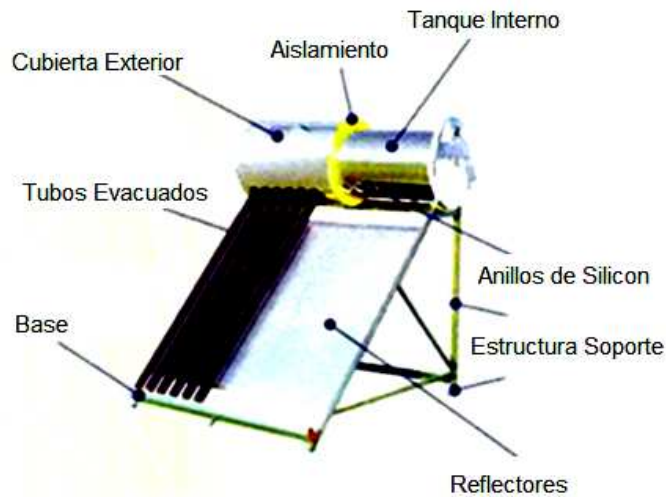


Fig. 2.6 Componentes de un Colector Solar de tubos al vacío Tomada de "Colectores de tubos de vacío". *Sitiosolar: energías renovables. Disponible en: <http://www.sitiosolar.com/colectores%20de%20tubo%20de%20vacio.htm>*

- Tanque interno: De acero inoxidable, el cual almacena el agua caliente.
- Aislamiento: 55 mm de espuma de poliuretano inyectado.
- Cubierta exterior: En acero inoxidable.
- Anillos de silicona: Sirven de empaque y sujeción de los tubos evacuados al termo tanque.
- Estructura soporte: fabricada en aluminio anodizado.
- Tornillería: en acero inoxidable fácil de armar.
- Reflectores: aumentan la cantidad de energía solar incidente en los tubos evacuados
- Base: Soporte inferior de los tubos evacuados.
- Tubos evacuados

El tubo evacuado consiste básicamente en dos tubos de vidrio boro silicatos concéntricos. El tubo exterior de alta resistencia al impacto y el tubo interior recubierto con nitrato de aluminio que tiene una excelente absorción de energía solar y mínimas propiedades de reflexión [7].

Los componentes de un tubo evacuado tipo se muestran en la figura 2.7.

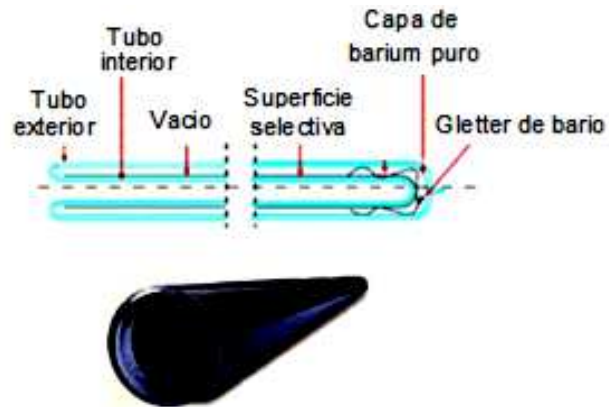


Fig. 2.7 Componentes del tubo evacuado Tomada de "Colectores de tubos de vacío".

Sitiosolar portal de energías renovables. Disponible en:

<http://www.sitiosolar.com/colectores%20de%20tubo%20de%20vacio.htm>

Existen tres tipos de colectores de tubos evacuados: tubos de vacío simples, tubos de vacío de flujo directo y tubos de vacío de Heat Pipe [8].

Tubos de vacío simples. Es utilizado en calentadores solares termosifónicos. Son tubos evacuados ensamblados directamente con el depósito acumulador y que por lo tanto contienen agua.

En la pared interior del tubo evacuado se encuentra una capa de color oscuro de material absorbente.

Cuando la radiación solar incide sobre la capa de material absorbente se transforma en calor y eleva la temperatura del agua que está en contacto con él, de esta manera el agua calentada se eleva por convección y comienza a ascender siendo reemplazada por agua fría que a su vez se calienta y reinicia el proceso [8].

La figura 2.8 muestra un esquema de un Colector de Tubos de vacío simple.

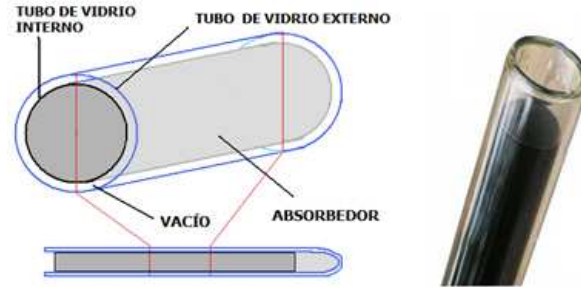


Fig. 2.8 Esquema de un Colector de Tubos de vacío simple. Tomada de “Colectores de tubos de vacío”. Sitiosolar portal de energías renovables. Disponible en: <http://www.sitiosolar.com/colectores%20de%20tubo%20de%20vacio.htm>

Tubos de vacío de flujo directo. Los colectores de tubos evacuados de flujo directo colocan en el interior del tubo evacuado una plancha de material absorbente que hace las veces de absorbedor transformando la radiación solar en calor. El absorbedor es recorrido en su superficie por un tubo con flujo directo en el que circula un fluido que eleva su temperatura en contacto con él.

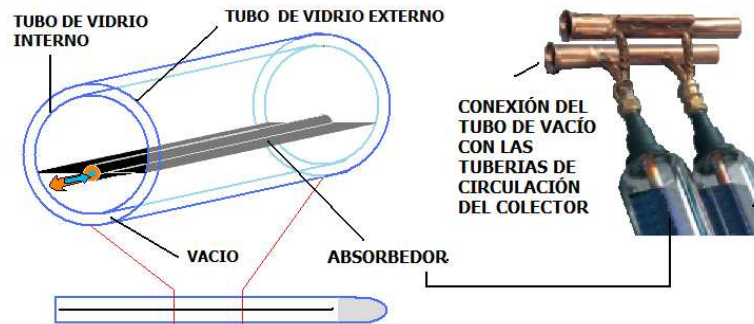


Fig. 2.9 Esquema de un Colector de Tubos de vacío de flujo directo. Tomada de “Colectores de tubos de vacío”. Sitiosolar portal de energías renovables. Disponible en: <http://www.sitiosolar.com/colectores%20de%20tubo%20de%20vacio.htm>

Este colector indicado en la figura 2.9 puede adoptar una posición tanto horizontal como vertical sin mermar su rendimiento ya que el tubo puede rotar sobre su eje. El absorbedor se inclina de la manera más adecuada, y es utilizable en áreas frías [8].

Tubos de vacío de Heat Pipe. Este mecanismo consiste en un tubo cerrado en el cual se introduce un fluido de propiedades específicas. Cuando el Sol incide sobre el absorbedor adosado al tubo, el fluido se evapora y absorbe calor (calor latente). El líquido asciende como gas hasta lo alto del tubo donde se sitúa el foco frío. Allí se licua (condensa) y cede su calor latente al fluido que nos interesa calentar volviendo a caer al fondo del tubo por gravedad. Este proceso se repite mientras dure la radiación del Sol o hasta que el colector ha alcanzado una temperatura muy alta (de en torno los 130 grados o más).

Esta tecnología Heat Pipe no presenta pérdidas por la noche ya que el proceso de transferencia de calor no es reversible (es decir el fluido caliente o el calor no puede pasar del acumulador al tubo y por lo tanto perderse). Además cada tubo es independiente pudiéndose cambiar en pleno funcionamiento del sistema.

Los tubos de este colector giran sobre su eje, por lo que pueden adoptar posiciones verticales y horizontales pero respetando una inclinación mínima del largo del tubo para permitir que el fluido una vez licuado pueda descender por gravedad (ver figura 2.10) [8].

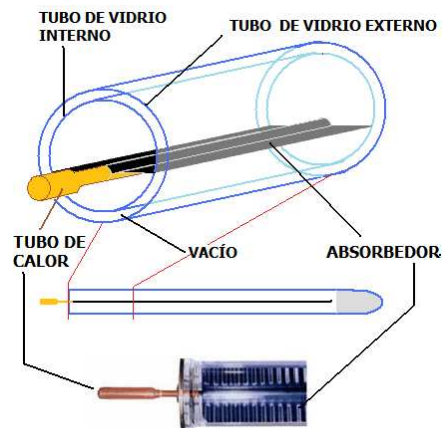


Fig. 2.10 Esquema de un Colector de Tubos de vacío Heat pipe. Tomada de "Coletores de tubos de vacío". Sitiosolar portal de energías renovables. Disponible en: <http://www.sitiosolar.com/colectores%20de%20tubo%20de%20vacio.htm>

2.3 Almacenamiento de energía de los colectores solares

El calor resultante de la conversión térmica de la radiación solar se almacena en un depósito de acumulación. [9]

La conexión y la transferencia de calor entre el captador solar y el depósito se efectúan a través de un circuito hidráulico de acuerdo con una de las siguientes configuraciones:

Circuito abierto

El fluido que circula por los captadores solares es el agua de consumo. El circuito directo acarrea problemas de corrosión y calcificación de las tuberías, por lo que sólo se instala en lugares con agua de red aceptable.

Circuito cerrado

Por los captadores circula un fluido térmico, en circuito cerrado (primario) y con intercambio térmico hacia el circuito de consumo (secundario) a través de un intercambiador de calor interior o exterior al depósito.

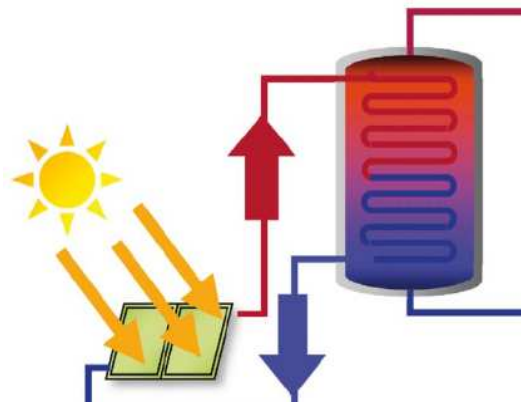


Fig. 2.11. Circuito Cerrado. Tomada de "Colectores solares". Tecnologías apropiadas:

Energía solar Disponible en:

<http://www.tecnologiasapropiadas.com/biblioteca/CeutaEnergiaSolarParte3.pdf>

2.4 Circulación del fluido

La circulación del fluido por el captador puede realizarse a través de la utilización de una bomba circuladora (circulación forzada) o por circulación natural basada en la diferencia de densidades (circulación por termosifón). [9]

Circulación forzada

El acumulador podrá estar a nivel inferior al colector. Necesitará un temporizador de arranque y parada, según el asoleamiento.

La bomba podrá arrancar cuando el nivel térmico del colector es más alto que el del agua del acumulador.

El funcionamiento del sistema por circulación forzada se determina por seis pasos:

1. Entrada de agua fría al tanque
2. Salida de agua caliente al consumidor
3. Serpentina de intercambio
4. Salida de colector
5. Retorno al colector
6. Vaso de expansión

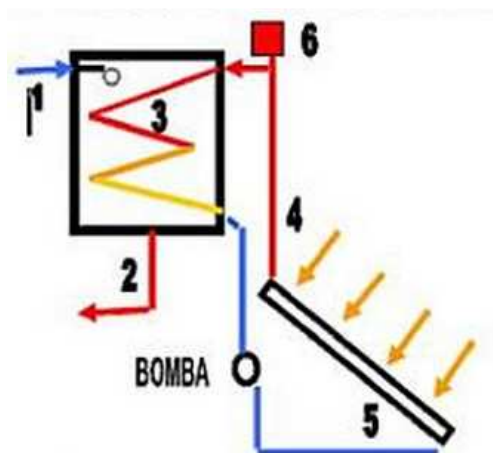


Fig. 2.12. Sistema solar de funcionamiento por circulación forzada. Tomada de "Colectores solares". Tecnologías apropiadas: Energía solar Disponible en: <http://www.tecnologiasapropiadas.com/biblioteca/CeutaEnergiaSolarParte3.pdf>

Circulación por Termosifón

El fluido caloportador se dilata al calentarse en los colectores solares y, al disminuir su densidad, sube naturalmente hacia el depósito, situado más arriba. Cuanta más radiación, más rápido circula, si cesa la radiación cesa la circulación de agua por el sistema.

En general, los sistemas termosifón son más baratos ya que no necesitan ningún dispositivo de circulación de control, a condición de que la acumulación se encuentre mayor altura que el colector.

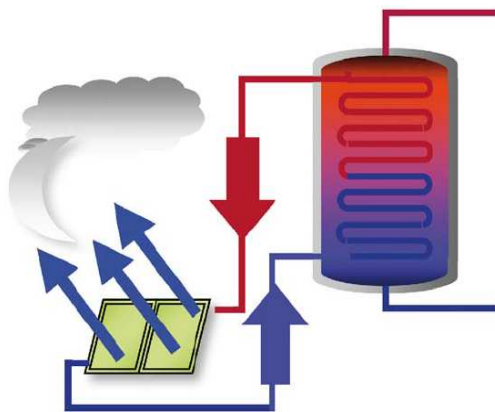


Fig. 2.13. Sistema solar de funcionamiento por termosifón. Tomada de "Colectores solares". *Tecnologías apropiadas: Energía solar Disponible en:* <http://www.tecnologiasapropiadas.com/biblioteca/CeutaEnergiaSolarParte3.pdf>

2.5 Conexión de colectores

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. [10]

Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en:

- ✓ Serie
- ✓ Paralelo
- ✓ Mixto

Conexionado en serie

En el conexionado en serie de un grupo de colectores, como se muestra en la figura. 2.14, la salida de un colector corresponde a la entrada del siguiente.

El rendimiento del colector dependerá del caudal que circule por él y de la temperatura del colector.

Al trabajar cada vez con una temperatura de entrada más alta se puede llegar a obtener una temperatura de salida mucho más elevada que si se trabajara con un solo colector o con un grupo de colectores en serie.

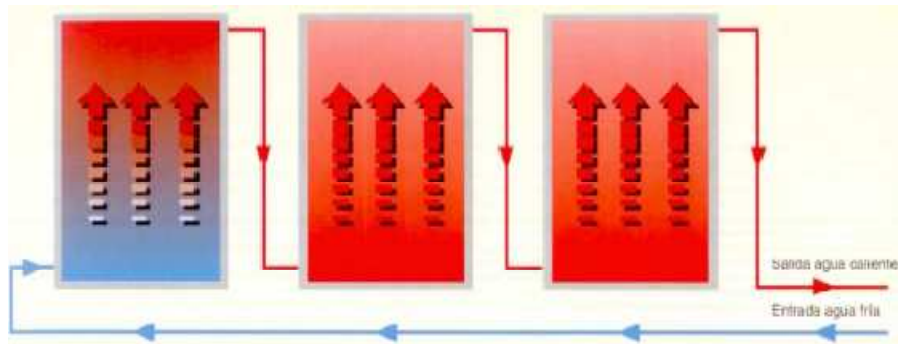


Fig. 2.14. Conexionado en serie. Tomada de "Productos Energía Solar Térmica".

Empresa Española Grupo Erbe. Disponible en:

http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo_erbe_solar_es.pdf

Cuanto más alta es la temperatura de entrada de colector más bajo es el rendimiento, por lo que cada colector conectado en serie tendrá un rendimiento menor que el colector anterior, hasta el punto que uno de los colectores llegue a la temperatura de estancamiento, en cuyo caso el rendimiento será cero y el de los colectores posteriores también.

El rendimiento global del campo de captación tendrá un valor intermedio entre los valores de cada uno de los colectores.

Por consiguiente, el campo de captación trabajará a menor rendimiento que el de un colector solo.

Conexionado en paralelo

La figura No.2.15 muestra el conexionado en paralelo, donde, el caudal que circula por cada colector y el salto de temperaturas es el mismo (siempre que esté bien equilibrado).

El caudal equivale a la suma de los caudales de cada colector y el área equivalente es la suma de las áreas de todos los colectores.

Todos los colectores tienen que ser iguales para evitar caminos preferentes y pérdidas por mal funcionamiento de algunos colectores.

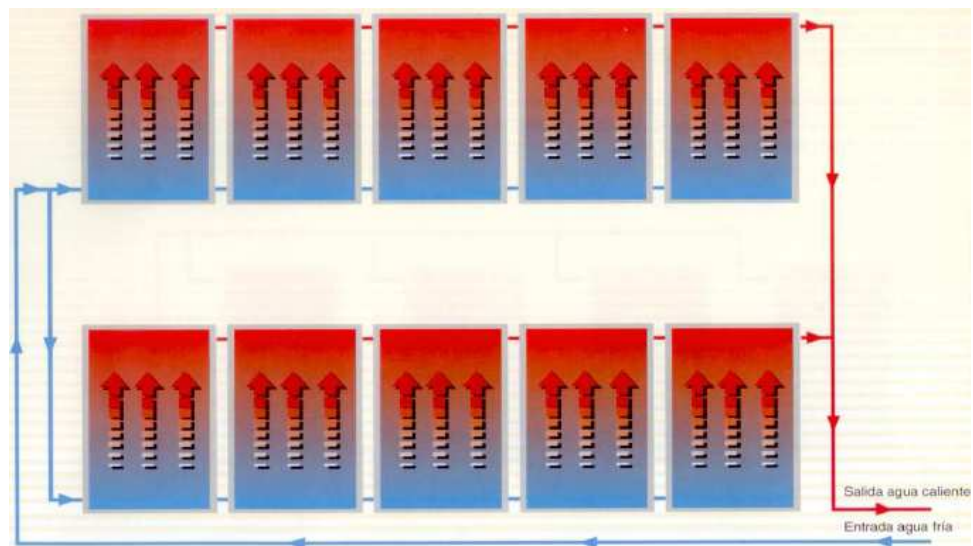


Fig. 2.15 Conexionado en paralelo. Tomada de "Productos Energía Solar Térmica".

Empresa Española Grupo Erbe. Disponible en:

http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo_erbe_solar_es.pdf

Conexionado mixto

El conexionado en mixto es usado en casos en los que la temperatura de utilización lo requiera.

El *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE): ITE 10.1.3. Criterios generales de diseño y cálculo* [11], específica que las instalaciones mixtas pueden ser como máximo:

- ✓ Tres baterías en serie formadas por colectores en paralelo.
- ✓ Baterías en paralelo formadas por un máximo de tres colectores en serie.

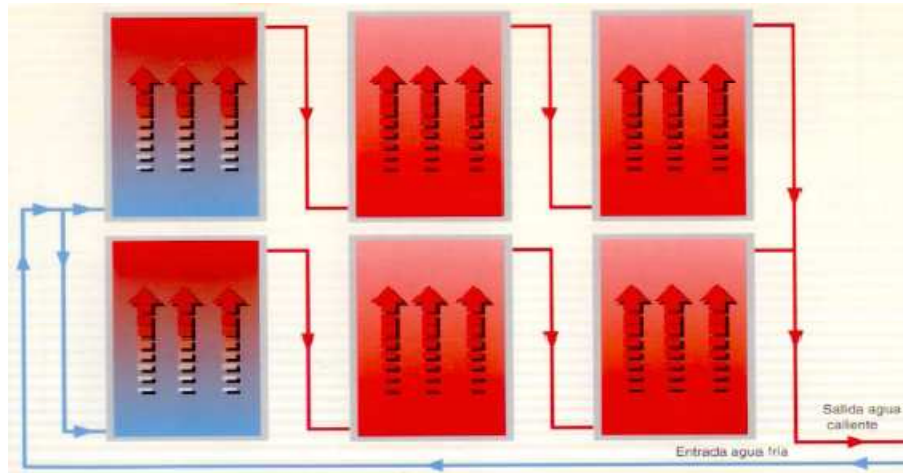


Fig. 2.16. Conexión mixta. Tomada de "Productos Energía Solar Térmica".

Empresa Española Grupo Erbe. Disponible en:

http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo_erbe_solar_es.pdf

2.6 Equipos y materiales para el diseño de colectores solares

Los principales equipos y materiales que se utilizarán para la instalación de los colectores solares en la CU se detallan a continuación:

Los materiales que conforman la instalación de un sistema solar térmico, deben soportar las máximas temperaturas y presiones que puedan alcanzarse.

La *Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-10* [12], establece que si se utiliza en un mismo sistema solar térmico con materiales diferentes, como por ejemplo el cobre y el acero, estos no deberán estar en contacto, por lo que se sugiere instalar manguitos dieléctricos. Es importante prever la protección catódica del acero.

a. Sistema de acumulación solar

Formado por los colectores solares, encargados de transformar la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se caliente el fluido de trabajo (generalmente agua) que circula por ellos.

El *Código técnico de la edificación*, con la norma *DB-HE-4- Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria* [13], establece que la conexión de entrada de agua caliente procedente de los captadores se realizará preferentemente entre el 50-75 % de la altura del acumulador.

La salida de agua fría del acumulador hacia los captadores se realizará por la parte inferior de este.

La alimentación del agua fría se realizará por la parte inferior y la salida a consumo por la parte superior.

b. Tanque de Almacenamiento

Los tanques de almacenamiento son ubicados sobre los colectores para aprovechar el efecto de termosifón.

El tanque es instalado en una cavidad en el techo y únicamente el colector es expuesto al sol. La posición de los colectores debe ser la adecuada para permitir que se produzca termosifón en forma natural. [14]

En cuanto a la configuración general del tanque de almacenamiento, el *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura (PCT)* [15], en el apartado 3.3.2, se especifican las características de las conexiones, indicando que la entrada de agua fría se realizará siempre por la parte inferior del depósito y la conexión de salida se deberá conectar de manera que se eviten caminos preferentes del fluido. Por tanto, vendrá equipado por el fabricante con las conexiones y manguitos necesarios para una correcta conexión al circuito.

c. Tuberías y accesorios

Son todas las tuberías, bombas, sistemas de control, llaves de paso, y accesorios con las que cuente el calentador solar. El sistema de tuberías es básicamente por donde circula el agua [10].

El circuito hidráulico entre el colector solar y el tanque termosolar está diseñado para permitir la recirculación del fluido entre el tanque y el colector.

Este circuito debe diseñarse de tal manera que no permita el reflujó del agua caliente en horas de no sol, desde el tanque hacia el colector. Debe disponer de aislamiento.

d. Aislamiento de las tuberías

Para evitar en la medida de lo posible las pérdidas de energía en el sistema de captación solar es necesario colocar aislamientos térmicos en todos los componentes del sistema.

La normativa *RITE: ITE 03.1. Espesores mínimos de aislamiento térmico* [11], el cual, especifica que en las tuberías de hasta 40 mm situadas en el interior de un edificio se aislarán con 20 mm de grosor.

Para las tuberías situadas en el exterior, el grueso se incrementará en 10 mm y se protegerán contra la radiación ultravioleta y los agentes atmosféricos mediante un recubrimiento de aluminio.

e. Válvulas

La selección de las válvulas se lo realizará de acuerdo a la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento, esto es presión y temperatura. [10]

Las tuberías, uniones, codos, válvulas de alivio, etc., deben cumplir las normas establecidas para las acometidas hidráulicas de agua caliente, pero además, debe tenerse sumo cuidado de que sus materiales compatibles químicamente, desde el punto de vista de la corrosión galvánica con los materiales del colector solar plano y del tanque de almacenamiento, al igual que entre ellos mismos.

Las válvulas que se utilicen serán las específicas para las instalaciones de calefacción y agua caliente y tendrán las características mínimas que defina la empresa de LojaGas.

f. Bombas de circulación

En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba deberán ser:

- a) Resistentes a la corrosión.
- b) Compatibles con el fluido de trabajo utilizado.
- c) Resistentes a las averías producidas por el efecto de las incrustaciones calizas.
- d) Resistentes a la presión y temperatura máxima del circuito.

2.7 Colectores solares existentes en el mercado

En función de los requerimientos del sistema para la CU, se analizará cuatro modelos de colectores solares existentes en el mercado: Helioselec 234 (colector de placa plana), TSS-200 (colector placa plana), IPESOL (colector semiesférico de tubos corrugados), y, el DF120-6 (colector de tubos evacuados).

La preselección se la realizó en base a la información técnica y experiencias previas de implementación. En este apartado relataremos un análisis comparativo de los modelos preseleccionados.

Vistas de la arquitectura de los modelos se presenta en las figuras 2.17, 2.18, 2.19 y 2.20,

2.7.1 Colector solar de placa plana Helioselec 234



Fig. 2.17 Colector solar de placa plana Helioselec 234 Tomada de "Catálogo de Productos

Energía Solar Térmica". Empresa Española Grupo Erbe. Disponible en:

http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo_erbe_solar_es.pdf

En la tabla. 2.1 se presentan los datos técnicos más importante del colector de placa plana Helioselec 234.

Tabla. 2.1 Datos técnicos de colector Helioselec 234 [16]

Tipo	Panel plano
Modelo	HELIOSELEC-234
Forma del absorbedor	Plano
Superficie de absorción, m ²	2,138
Superficie de apertura, m ²	2,142
Superficie bruta, m ²	2,353
Longitud x Anchura, mm ²	2.153 x 1.093
Peso en vacío, Kg	44 aprox.
Caudal máximo, l/h	468
Contenido de fluido, l	1,6
Presión máxima de trabajo, bar	10
Temperatura de Estancamiento, °C	208
Constantes de eficacia	$\eta_0 = 0,801$ $a1[W / (m^2K)] = 4,32$ $a2[W / (m^2K)] = 0,0033$
Rendimiento, %	48

Este colector es fabricado en España, con la homologación del Instituto Solar Suizo SPF, y, tiene un costo de 1351,21 dólares.

Es importante señalar que este colector es distribuido por el grupo Erbe Ecotecnología de Madrid, España. No tenemos suficiente información acerca de los materiales de los que está hecho éste colector, lo que se menciona es que los elementos utilizados han sido seleccionados con un control exhaustivo, buscando siempre la mejor calidad.

Vida útil y Mantenimiento

La vida útil y el mantenimiento del colector Helioselec 234 se muestra en la tabla 2.2.

Tabla. 2.2 Vida útil y mantenimiento

Colector/Empresa	Vida útil	Mantenimiento
Helioselec 234/ Erbe Ecotecnología	20 años	1 vez cada 5 años

2.7.2 Colector Solar de placa plana TSS-200



Fig. 2.18 Colector solar de placa plana TSS-200. Tomada de "Termosifón para cubierta plana y tejado inclinado". Empresa BOSH. Disponible en: http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo_erbe_solar_es.pdf

En la tabla. 2.3 se presentan los datos técnicos más importante del colector de placa plana TSS-200.

Tabla. 2.3 Datos técnicos de colector TSS-200 [17]

Modelo	CPL TSS-200
Forma del absorbedor	Plano
Superficie de absorción, m ²	2,03
Superficie de apertura, m ²	2,09
Altura. mm	67
Longitud x Anchura, mm ²	1.965 x 1.035
Peso en vacío, Kg	78
Capacidad del absorbedor, l	0,8
Caudal máximo, l/h	195

Contenido de fluido, l	13
Presión máxima de trabajo, bar	10
Rendimiento, %	60

Vida útil y Mantenimiento

La vida útil y el mantenimiento del colector TSS-200 se muestran en la tabla 2.4.

Tabla. 2.4 Vida útil y mantenimiento

Colector/Empresa	Vida útil	Mantenimiento
TSS-200/BOSH	20 años	1 vez cada 10 años

Este colector es fabricado en España, y tiene un costo de 1524,74 dólares.

2.7.3 Colector solar Semiesférico de Tubos Corrugados IPESOL



Fig. 2.19 colector semiesférico de tubos corrugados Tomada de "Colector Solar".

Empresa Española IPEAGUAS Disponible en:

<http://www.ipeaguas.com/archivos/IPESOLmanualtecnico.pdf>

Este colector facilita el aprovechamiento de la energía solar, por su forma semiesférica, recibe siempre la radiación del Sol, sin precisar de una orientación o inclinación determinada y su rendimiento es superior al 100%, por lo que resulta especialmente indicado para aplicaciones de baja temperatura.

Está formado íntegramente por materiales plásticos, por lo que está libre de corrosión e incrustaciones calcáreas, por su doble cúpula, aprovecha el efecto invernadero para aumentar el rendimiento calorífico del mismo.

El colector semiesférico no necesita acumulador y puede generar el agua caliente de manera instantánea insertada en la propia red de distribución de la vivienda o en diferentes puntos de consumo.

El elemento fundamental asociado al captador solar es un conjunto de elementos hidráulicos diseñado para controlar el acceso del agua fría al colector solar en condiciones estables de presión, para recibir el agua caliente del captador y mezclarla con agua fría para su consumo a la temperatura deseada [18].

Los datos técnicos de este colector se verán a continuación, ver tabla 2.5.

Tabla. 2.5 Datos técnicos de colector IPESOL [18]

Ancho, mm	860
Longitud, mm	860
Altura, mm	430
Cúpula exterior:	
- diámetro, mm	800
- radio, mm	400
Superficie bruta (base cuadrada), m ²	0,7396
Superficie de apertura (base círculo), m ²	0,5027
Superficie cúpula exterior, m ²	1,0053
Superficie exterior total, m ²	1,2422
Espesor de cubierta, mm	3
Espesor del aislamiento, mm	20
Diámetro del absorbedor, mm	25
Superficie del absorbedor, m ²	3
Peso en vacío, Kg	8
Contenido de fluido, l	9
Fluido caloportador	Agua
Presión de servicio, bar	0,5
Presión máxima de trabajo, bar	2
Presión máxima a 20°C, bar	4
Presión máxima a 40°C	2,5
Pérdida de carga por colector, bar	0,06

Caudal, l/h	50-100
Temperatura máxima reposo, °C	95
Rendimiento máximo, %	100
Coefficiente de pérdidas del absorbedor, W/m ² K	18

Este colector es fabricado en España, y tiene un costo de 632,38 dólares.

Vida útil y Mantenimiento

Del catálogo de la empresa IPEaguas se puede obtener la vida útil y mantenimiento del colector semiesférico de tubos corrugados IPESOL, ver tabla 2.6.

Tabla. 2.6 Vida útil y mantenimiento

Colector/Empresa	Vida útil	Mantenimiento
IPESOL/IPEaguas	20 años	Sin mantenimiento

2.7.4 Colector solar de Tubos evacuados DF120-6



Fig. 2.20 Colector de tubos evacuados Tomada de "Catálogo de Productos Energía Solar Térmica". Empresa Española Grupo Erbe. Disponible en:
http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo_erbe_solar_es.pdf

Este colector está formado por 6 tubos evacuados cada uno con un diámetro de 120 mm, y sus materiales son:

- Material de vidrio: Cristal duro de borosilicato de alto grado
- Material del absorbedor: Cobre
- Colector de admisión: Cobre
- Cubierta del colector: Aluminio
- Aislamiento: Lana de roca, comprimida y laminada

Y los datos técnicos más importantes de este colector se presentan en la tabla 2.7.

Tabla. 2.7 Datos técnicos del colector DF120-6 [16]

Tipo	Colector tubular
Modelo	DF120-6
Forma del absorbedor	Plano
Superficie de absorción, m ²	1,715
Superficie de apertura, m ²	1,799
Superficie bruta, m ²	2,461
Longitud x Anchura, mm ²	2.923 x 842
Peso en vacío, kg	60
Caudal nominal, l/h	100
Contenido de fluido, l	1,7
Presión de prueba, bar	6
Presión operativa permitida, bar	6
Constantes de eficacia	$\eta_0 = 0,833$ $a1[W / (m^2K)] = 1,07$ $a2[W / (m^2K)] = 0,0034$
Rendimiento, %	74
Ángulo de orientación:	0° - 90°
T ^a máx. estancamiento en colector, °C	200
T ^a máx. estancamiento en tubo, °C	290

Este colector es fabricado en España, con la homologación del Instituto Solar Suizo SPF, y, tiene un costo de 2740,36 dólares.

Vida útil y Mantenimiento

Del catálogo de la empresa grupo Erbe Ecotecnología se puede obtener la vida útil y mantenimiento del colector de tubos evacuados DF 120-6, ver tabla 2.8.

Tabla 2.8 Vida útil y mantenimiento

Colector/Empresa	Vida útil	Mantenimiento
DF 120-6/Erbe Ecotecnología	20 años	1 vez cada 5 años

Para la selección de la tecnología óptima a ser implementada en la CU se realizará un cuadro comparativo de los parámetros más relevantes de los colectores solares descritos.

Los resultados del análisis comparativo se muestran en la tabla 2.9.

Tabla. 2.9 Análisis comparativo de los modelos preseleccionados de colectores solares

	Colector de Placa Plana	Colector de Placa plana	Colector de Tubos al Vacío	Colector Semiesférico de Tubos Corrugados
Modelo	Helioselec 234	TSS-200	DF120-6	IPESOL
Rendimiento, %	48	60	74	100
Capacidad, l/h	468	195	179,9	100
Dimensiones, mm	2.153 x 1.093	1.965 x 1.035	2.923 x 842	860 x 860
Superficie Útil, m ²	2,142	2,03	1,799	0,5027
Peso, Kg	44	78	60	8
Vida Útil, años	20	20	20	20
Mantenimiento	1 vez cada 5 años	1 vez cada 10 años	1 vez cada 5 años	Sin mantenimiento
Costo, USD	1351,21	1524,74	2740,36	632,38

En la Tabla 2.9, se observa que el colector semiesférico de tubos corrugados cuenta con un rendimiento del 100%, pero su capacidad es de sólo 100 l/h. El colector de tubos al vacío tiene un buen rendimiento, 74%, pero su capacidad sigue siendo inferior a lo requerido.

El colector de placa plana, posee un bajo rendimiento, pero ofrece una capacidad alta de 468 l/h, acompañado de un peso aceptable.

Por lo expuesto, se decidió recomendar el uso de colectores solares de placa plana.

Capítulo 3

Selección del tipo de colector solar adecuado

3.1 Criterios de evaluación

Para la selección del tipo de colector solar adecuado es importante establecer ciertos criterios de evaluación tales como: rendimiento, capacidad, superficie útil y peso, los cuales serán tomados en cuenta para conformar el sistema óptimo para la CU.

3.1.1 Rendimiento de los colectores solares

El rendimiento de los colectores solares, depende de la temperatura ambiente, de la temperatura media del fluido que recorre el colector, y, de la irradiación solar.

En términos generales, el rendimiento de un colector en un determinado momento, se calcula como (3.1):

$$R = \frac{b - m(t_m - t_a)}{G} \quad (3.1)$$

En dónde:

R, es el rendimiento [%]

b, es el factor que define la capacidad de ser calentado por el sol [$W/(m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$]

m, es el al factor que define la capacidad de perder el calor captado [$W/(m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$]

t_m , es la temperatura media del agua en el colector entre la entrada y la salida [$^\circ\text{C}$]

t_a es la temperatura ambiente [$^\circ\text{C}$]

G es la irradiación solar [W/m^2]

3.1.2 Capacidad de los colectores solares

Otro parámetro que se debe de revisar al momento de elegir la tecnología adecuada para el calentamiento del agua, es la capacidad en litros/hora del colector solar.

3.1.3 Superficie útil de los colectores solares

La superficie útil de un colector solar es el área máxima proyectada, a través de la cual la radiación solar no concentrada entra al colector solar. En otras palabras, es la superficie real utilizable para el calentamiento del agua.

3.1.4 Peso de los colectores solares

Es necesario conocer el peso del sistema a instalar, debido a que por lo general los colectores son instalados en el techo o terraza de los edificios.

Para elegir la tecnología adecuada a implementar en la cafetería universitaria se debe de considerar el peso del colector ya que para una demanda como la que requiere la cafetería se necesitará instalar más de un colector, por lo que se tendría que considerar el peso de todo el sistema para poder establecer si la edificación podrá soportar el sistema a implementar.

3.1.5 Ángulo de inclinación e incidencia

El ángulo de inclinación es aquel formado entre la superficie colectora y la referencia horizontal donde está ubicada dicha superficie.

Por otro lado el ángulo de incidencia, es que formador entre la perpendicular de la superficie colectora y la dirección de la luz incidente sobre dicha superficie.

[19]

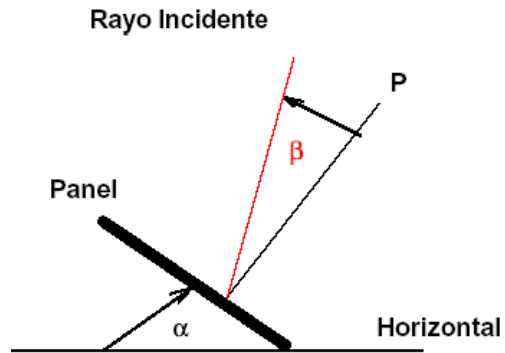


Fig. 3.1. Angulo de inclinación y de incidencia. Tomada de "Colectores solares".
Solarmax ingeniería térmica Disponible en: <http://www.solarmax.cl/Colector.html>.

La energía colectada es mayor cuando β es cero; es decir, cuando la luz del sol incide perpendicularmente sobre la superficie colectora.

De esta manera, se recomienda dar al ángulo de inclinación α , un valor igual al de la latitud más 15° , lo cual otorga al panel una inclinación adecuada para el invierno, con pérdidas leves de energía durante el verano.

En el caso de Ecuador se podría decir que los efectos del cambio de estaciones así como los efectos de la inclinación del panel solar son pocos y que la insolación permanece casi constante entre 5 y $5.5 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ (valor solar promedio). Ver Anexo 1, sea para invierno o verano tanto en inclinación de latitud, latitud más 15° o latitud menos 15° , lo que hace innecesario el seguidor de radiación, así como el ajuste continuo de la posición del panel según la época del año.

Capítulo 4

Diseño del Sistema

4.1 Introducción

Una vez seleccionado el tipo adecuado de colector solar, se procede a la realización de los cálculos respectivos para determinar cuántos colectores deben ser instalados en la CU.

El diseño del sistema de energía mixta solar – gas para el calentamiento de agua en la CU, se desarrollará con la ayuda de la empresa LojaGas.

El sistema solar térmico estará dotado de un módulo de control que será el encargado de asegurar el correcto funcionamiento de todo el conjunto.

4.2 Requerimientos de diseño

El nuevo sistema de energía mixta solar-gas debe cumplir con los requerimientos necesarios para compensar la demanda de agua caliente de la cafetería, de manera que al reemplazar al sistema actual no se presente ningún inconveniente.

4.2.1 Volumen de agua requerido, temperatura de agua requerida, disponibilidad del sistema

Debido a que el valor referente al número de usuarios proporcionado por la Administración de la CU no es confiable, se procedió a realizar una estimación de acuerdo a la población universitaria.

Se consideró el número de personas que trabajan en la Universidad y los estudiantes matriculados en la institución, es decir 3600; de donde, si la tercera parte utilizará los servicios de la cafetería se atendería cerca de 1200 usuarios diariamente.

Según la Ordenanza municipal instalaciones solares para producción de agua caliente de Valencia (ver anexo1), el consumo unitario diario en una cafetería es de 2 litros por persona. De esta manera con un número de 1200 usuarios diarios, el consumo total agua caliente será de 2400 litros [20].

4.2.2 Tabla de requerimientos

Los requerimientos para el diseño del sistema de energía mixta solar-gas y su respectiva instalación en la CU, se detallan en la tabla 4.1

Tabla 4.1 Requerimientos de diseño

Volumen de agua requerido, l	2400
Temperatura de agua requerida, °C	44
Número de usuarios	1200
Disponibilidad del sistema	inmediata

4.3 Descripción de la instalación

La instalación en la CU constará de un conjunto de colectores solares planos de baja temperatura de operación (inferiores a 80°C), un tanque de almacenamiento de acero inoxidable, un circuito hidráulico de distribución y un sistema de control.

La instalación de colectores solares se realizará en la cubierta de loza de la CU, en un área aproximada de 12m², de modo que se puedan usar el resto de superficie sin riesgo.

4.3.1 Características del colector

Se seleccionó colectores solares planos proporcionados por LojaGas, cuyas características se detallan en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Especificaciones del colector de placa plana LojaGas [21]

Tipo	Placa Plana
Número de colectores	6
Eficiencia media, %	55
Eficiencia máxima, %	70
Temperatura máxima de salida de agua en sistema termosifón, °C	70
Temperatura de Estancamiento, °C	75
Aislamiento: Lana de vidrio	Conductividad: 0.04 W/m°C
Placa colectora (espesor),mm	Aluminio 0.5
Área útil, m ²	2
Ángulo de inclinación	15°
Orientación	Norte

Los colectores solares estarán conectados en paralelo, de modo que el circuito resulte hidráulicamente equilibrado.

Para la instalación del sistema se utilizarán 6 colectores solares de placa plana, con un área de captación de 2m² cada uno, siendo el área total del sistema de 12m². Se plantea ubicar los colectores en la cubierta de loza de la CU, emplazados sobre una estructura de apoyo, orientados al norte con una inclinación de 15 grados.

4.3.2 Sistema de almacenamiento

El sistema de almacenamiento para la CU tendrá una capacidad total de 800 litros y estará compuesto por 1 depósito construido en acero inoxidable opaco ASTM A - 304, tipo horizontal con tapas elípticas a los extremos del cilindro.

Todas las conexiones macho y hembra, que tienen acceso al cuerpo del tanque son de acero inoxidable con roscas NPT de acuerdo a las normas existentes para el efecto, con revestimiento térmico exterior, con acabados en fibra de vidrio contra la intemperie.

Tabla 4.3 Especificaciones del tanque de almacenamiento [21]

Capacidad, l	800
Material	Acero inoxidable opaco ASTM A - 304
Presión de prueba, A	10
Presión de trabajo, A	3.5 a 5
Válvula de seguridad recomendable, PSI	80
Tiempo que mantiene el agua caliente	4 días con pérdida de 4 a 5°C

4.3.3 Sistema de tuberías

El bloque de distribución estará conformado por tuberías, bombas, llaves de paso y todos los accesorios que involucran la instalación por donde va circular el agua. Las especificaciones de la tubería para la instalación se sintetizan en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Especificaciones de la tubería [21]

Descripción	Cantidad
Tubería plástico línea 1"	12
Tubería plástico línea 1"	9
Tubería plástico línea servicio	50
Metros de tubería plástico 1/2"	6
Codos 1/2" 90 grados plástico	6
Válvulas de alivio 3/4" NPT tanque	2
Válvulas de 1/2" de cierre ac. Inoxidable	5
Válvulas de 1" de cierre ac. Inoxidable	6
Universales 1" 1/4 plástico	16
Manguitos flexibles	8
Codos plástico 1" ¼	22
Tee plástico 1" ¼	10
Válvulas de venteo	2
m ² Aislamiento tuberías	12
Bombas de circulación	1

4.4 Metodología de diseño de la instalación para la CU.

Para el dimensionamiento de las instalaciones de la CU, LojaGas utiliza un método de cálculo denominado F-CHART, que permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y, su rendimiento medio en un largo período de tiempo.

Para realizar este dimensionamiento se consideran, como condiciones de partida, los siguientes datos climatológicos y energéticos en función de la ubicación del edificio en estudio. Ver tabla No 4.5.

Tabla 4.5 Datos climatológicos de la Ciudad de Loja [22]

Ciudad	Loja
Latitud	4 °
Longitud	70.20 °
Altitud, m	2123

Loja se encuentra entre las ciudades que reciben una alta radiación solar, con unas 1596 horas de sol al año y una insolación (irradiación por hora) global anual promedio de 4500 Wh/m²/día [22]. Es decir cuenta con 11 horas diarias de Sol con una irradiación de 409W/m².

En el diseño del sistema de calentamiento de agua es necesario, conocer los datos de radiación solar promedio diario mensual para la ciudad de Loja. Esta información se la logra obtener mediante el “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación eléctrica” (ver anexo 2).

El método F-CHART relaciona las variables adimensionales más importantes del sistema térmico solar y el rendimiento que este sistema tiene a lo largo de un periodo de tiempo suficientemente prolongado.

Para el dimensionado de las instalaciones de energía solar térmica se sugiere el método de las curvas f (ver figura 4.1), que permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar [22].

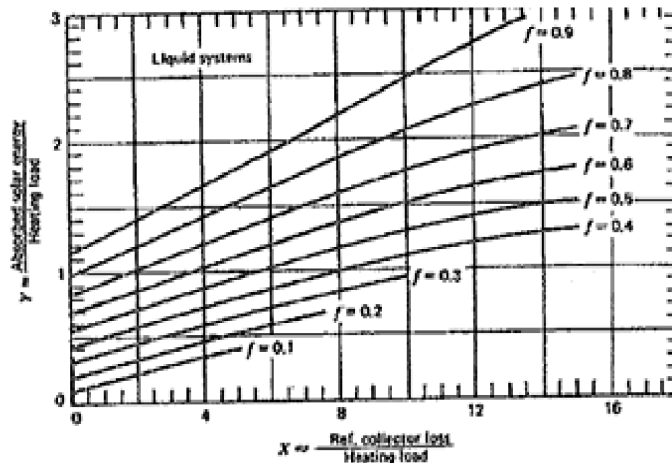


Fig. 4.1 Energía Absorbida (Y) Vs Pérdidas por reflexión (X) en Colectores Solares. Tomado de DUFFIE J.A.(+), BECKMAN W.A, "Solar Engineering of Thermal Processes", 1991, New York, John Wiley & Sons, 3ra Edición, pág. 672.

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

Consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar y utilizar la simulación de funcionamiento mediante ordenador, para dimensionar las correlaciones entre estas variables y el rendimiento medio del sistema para un dilatado período de tiempo.

La ecuación utilizada en este método puede apreciarse en la ecuación (4.1):

$$f = 1,029 D_1 - 0,065 D_2 - 0,245 D_1^2 + 0,0018 D_2^2 + 0,0215 D_1^3 \quad (4.1)$$

La secuencia que se sigue para el cálculo es:

- Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de A.C.S.
- Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador o captadores.
- Cálculo del parámetro D_1 .
- Cálculo del parámetro D_2 .

- Determinación de la gráfica f .
- Valoración de la cobertura solar mensual.
- Valoración de la cobertura solar anual y formación de tablas.

Las cargas caloríficas determinan la cantidad de calor necesaria mensual para calentar el agua destinada al consumo doméstico, calculándose mediante la ecuación (4.2) [22]:

$$Q_a = C_e C N (t_{ac} - t_r) \quad (4.2)$$

En dónde:

Q_a , Carga calorífica mensual de calentamiento de A.C.S. [J/mes]

C_e , Calor específico. Para agua: 4187 [J/(kgA°C)]

C , Consumo diario de A.C.S. [l/día]

t_{ac} , Temperatura del agua caliente de acumulación [°C]

t_r , Temperatura del agua de red [°C]

N , Número de días del mes

La ecuación (4.3) indica el parámetro D_1 que expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes [22]:

$$D_1 = \text{Energía absorbida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual} \quad (4.3)$$

La energía absorbida por el captador viene dada por la ecuación (4.4):

$$E_a = S_c F_r' (\tau \alpha) R_1 N \quad (4.4)$$

En dónde:

S_c , Superficie del captador [m²]

R_1 , Radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área [kJ/m²]

N , Número de días del mes

$F'_r(\tau\alpha)$, Factor adimensional, que viene dado por la ecuación (4.5):

$$F'_r(\tau\alpha) = F_r(\tau\alpha)_n \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] F'_r/F_r \quad (4.5)$$

En dónde:

$F_r(\tau\alpha)_n$, Factor de eficiencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador.

$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$, Modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante: 0,96 (superficie transparente sencilla) o 0,94 (superficie transparente doble).

F'_r/F_r , Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0,95.

La ecuación (4.6) expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador, para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes [22]:

$$D_2 = \text{Energía perdida por el captador} / \text{Carga calorífica mensual} \quad (4.6)$$

La energía perdida por el captador viene dada por la ecuación (4.7):

$$E_p = S_c F'_r U_L (100 - t_a) \Delta t K_1 K_2 \quad (4.7)$$

En dónde:

S_c , Superficie del captador [m^2]

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

En dónde:

$F_r U_L$, Pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador)

t_a , Temperatura media mensual del ambiente [$^{\circ}C$]

Δt , Período de tiempo considerado en segundos [s]

K_1 , Factor de corrección por almacenamiento

K_2 , Factor de corrección, para A.C.S., que relaciona la temperatura mínima de A.C.S., la del agua de red y la media mensual ambiente

Una vez obtenido D_1 y D_2 , aplicando la ecuación (4.1) se calcula la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar.

De esta forma, la energía útil captada cada mes, Q_u , tiene el valor que se muestra en la ecuación (4.8) [22]:

$$Q_u = f Q_a \quad (4.8)$$

En dónde:

Q_a , Carga calorífica mensual de A.C.S.

Mediante igual proceso operativo que el desarrollado para un mes, se operará para todos los meses del año. La relación entre la suma de las coberturas mensuales y la suma de las cargas caloríficas, o necesidades mensuales de calor, determinará la cobertura anual del sistema (ver ecuación 4.9):

$$\text{Cobertura solar anual} = \sum_{u=1}^{u=12} Q_u \text{ necesaria} / \sum_{a=1}^{a=12} Q_a \text{ necesaria} \quad (4.9)$$

La determinación del área útil de los seis colectores se basa en éste método, debido a que indica que porcentaje de la energía total consumida por la CU será suplida por el sistema. De acuerdo a eso LojaGas efectúa algunos cálculos para cada mes del año y se determinó cuál es el mejor.

Debido a que existe un número de colectores que puede cubrir un 100 % de la energía total en el año pero este dato está sobredimensionado para algunos meses, por otro lado, hay un número de paneles que es demasiado pequeño y no cubriría ni siquiera el 50% de la energía total requerida, entonces se dice que está subdimensionado. Para el caso de la CU, se determinó que con un área de 12 m² se cubren el 80% de las necesidades energéticas de la cafetería, y por esta razón se eligió 12 m², es decir 6 colectores.

Cabe destacar que existen algunas pérdidas que se deben considerar en la instalación del sistema, debido a que éstas pueden afectar el funcionamiento y el buen rendimiento del mismo. Estas pérdidas son:

- Pérdidas por orientación e inclinación
- Pérdidas por sombras

El cálculo de este tipo de pérdidas no son necesarias determinarlas ya que los colectores están orientados al norte con inclinación de 15 grados, por lo que no hay edificaciones que obstruyan el paso de la radiación solar a los colectores.

4.5 Mantenimiento preventivo

Los sistemas térmicos solares deben estar diseñados y construidos para brindar la máxima eficiencia y calidad en su clase, según el equipo que se ha decidido seleccionar.

La forma más sencilla de obtener el máximo provecho de un sistema solar térmico, es teniendo en cuenta y llevando una sencilla norma de mantenimiento preventivo, utilizando un práctico sistema de mantenimiento que debe estar instalado estratégicamente en el equipo solar. [12]

Rutina recomendada de mantenimiento:

Normal 1 vez por año

Máximo 2 veces al año

Para asegurar el buen funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de los colectores solares, se definen dos planes de mantenimiento [13]:

Plan de vigilancia.

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos.

Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Tendrá el alcance descrito en la tabla 4.6.

Tabla 4.6 Plan de vigilancia. [13]

ELEMENTO DE LA INSTALACIÓN	OPERACIÓN	FRECUENCIA (Meses)	DESCRIPCIÓN
CAPTADORES	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	Condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	Agrietamientos y deformaciones
	Absorbedor	3	Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	Fugas.
	Estructura	3	Degradación, indicios de corrosión.
CIRCUITO PRIMARIO	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	Ausencia de humedad y fugas
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
CIRCUITO SECUNDARIO	Termómetro	Diaria	Temperatura
	Tubería y aislamiento	6	Ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito.

Plan de mantenimiento preventivo

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

El mantenimiento implicará, como mínimo:

- ✓ Una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m².

- ✓ Una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².

Deben incluirse todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

4.6 Sistema de regulación y control

El equipo de Control del EET³ son los encargados de la regulación y control del sistema de calentamiento mixto con energía solar y gas industrial que serán implementados en la CU, asegurando el correcto funcionamiento de todo el conjunto, para proporcionar un adecuado servicio y aprovechar la máxima energía solar térmica posible.

El sistema de regulación y control tiene dos funciones básicas:

- a) Comparar las temperaturas de la parte alta de los colectores solares y de la parte inferior del acumulador; si es suficiente, arranca la bomba de circulación, y si no lo es, la apaga.
- b) Proteger al tanque de temperaturas excesivas parando la bomba de circulación cuando se alcanza en la parte alta del acumulador la temperatura máxima prefijada.

Las consideraciones para metodología de evaluación se indican a continuación:

- Medir variables como: Temperatura, caudal y presión en los puntos clave del circuito (P0...P5 del diagrama SHW1).
- Evaluar el tiempo de recuperación del tanque principal.
- Testear el caudal de entrada de agua fría óptimo para evitar una disminución brusca de temperatura del agua caliente residente en el tanque principal.
- Medir la radiación solar disponible en el sitio de instalación, para encontrar el parámetro eficiencia del colector.

³ Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones

Los componentes que se requiere para establecer el sistema de control en la CU (ver anexo 3), cumplen con las especificaciones necesarias para garantizar un óptimo funcionamiento del sistema de calentamiento mixto Solar-gas.

Los elementos como tuberías e instrumentación (P&D) que se desarrolla para el sistema de calentamiento de agua se aprecia en el anexo 4.

La implementación del diseño de los colectores solares en la CU se observa en el anexo 7.

4.7 Presupuesto

LojaGas mediante un análisis del sistema del calentamiento de agua de la cafetería, nos proporciona el presupuesto de la instalación de colectores solares, junto con al tanque de almacenamiento, la tubería de agua fría y agua caliente. (Ver anexo 5)

Asimismo, el equipo de Control de la EET nos proporciona el presupuesto de sus componentes. (Ver anexo 6)

5. CONCLUSIONES

- Los colectores solares a pesar de sus elevados costos poseen ventajas inherentes que los hacen ideales para el calentamiento de agua; no utilizan ningún gas como combustible, ya que este es un recurso energético limitado, por lo tanto puede agotarse, además, su utilización provoca un gran impacto ambiental en la biosfera al contaminar el aire, el agua y el suelo, por lo que estos colectores pueden ser utilizados debido a que no son contaminantes.
- Los sistemas de calentamiento solar de agua han probado ser más eficientes que los sistemas de calentamiento de agua convencionales pero su mayor inconveniente es el elevado costo, lo que hace necesaria una fuerte inversión inicial para ser implementados.
- Los requerimientos indispensables a diseñar un sistema de calentamiento de agua con energía solar en la CU de la UTPL son:
 - caudal requerido: 1200 litros/día
 - temperatura requerida: 44 °C
 - disponibilidad del sistema: inmediata
- El colector solar de placa plana es el tipo de tecnología óptima a ser implementada en la CU, debido a que tiene la ventaja de una mayor capacidad en litros/hora frente a los otros colectores mencionados en este trabajo, aunque su eficiencia en promedio no sea muy elevada (55%).
- Con la implementación del sistema solar de calentamiento de agua que LojaGas ofrece, se cubrirá aproximadamente el 80% de la demanda energética anual, en lo que concierne al calentamiento de agua en la CU, tomando en cuenta que en el día se podrá disponer de 11 horas de sol con una irradiación de 409W/m².

- El ahorro anual en la utilización del sistema propuesto es del orden de los USD 1400, por lo que la inversión en el sistema (USD 10340) será recuperada en un plazo de 8 años.
- Es recomendable optar por sistemas flexibles, esto debido a que se pueden realizar remodelaciones o ampliaciones futuras.
- Se debe de tener en cuenta la disponibilidad de proveedores de la tecnología elegida a ser implementada, de ser posible que se encuentren en nuestro país o ciudad.
- Es indispensable el debido mantenimiento de los equipos a implementar, porque esto permitirá incrementar el ahorro por consumo de agua caliente.

6. Trabajos Futuros

- Si bien es cierto que nuestro país ya cuenta con un atlas solar para determinar el valor de la radiación solar promedio diaria mensual para la ciudad de Loja, no se tiene acceso a los valores de la radiación solar para cada hora del día, por lo que se recomienda realizar estudios de campo.
- Se recomienda instalar el sistema de calentamiento solar de agua diseñado para la cafetería de la UTPL y monitorear su funcionamiento.

7. Referencias

- [1] A. Songor, Informe Técnico de Gestión Productiva III. Loja 27 de Enero del 2010.
- [2] J. M. Vertiz “Calentadores Solares: Energía Renovable en tu Hogar”. Disponible en <http://www.greenpeace.org/raw/content/mexico/prensa/reports/calentadores-solares-energ-a.pdf>
- [3] Energía Solar en España. “Energía Solar térmica”. Disponible en: <http://daeecologica.iespana.es/introduccion%20termic.pdf>
- [4] B. Rodríguez. (2009, Octubre 20). “Sistemas Térmicos Solares”. Comisión Nacional para el uso Eficiente de la energía. Disponible en http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_630_termosolar?
- [5] C. Castillos. (2007) “Colectores solares”. Tecnologías apropiadas: Energía solar Disponible en: <http://www.tecnologiasapropiadas.com/biblioteca/CeutaEnergiaSolarParte3.pdf>
- [6] SolarMax (2008). “Colectores solares”. Solarmax ingeniería térmica Disponible en: <http://www.solarmax.cl/Colector.html>
- [7] Sitiosolar. “Colectores de tubos de vacío”. Sitiosolar: energías renovables. Disponible en: <http://www.sitiosolar.com/colectores%20de%20tubo%20de%20vacio.htm>
- [8] Sitiosolar. “Colectores de tubos de vacío”. Sitiosolar portal de energías renovables. Disponible en: <http://www.sitiosolar.com/colectores%20de%20tubo%20de%20vacio.htm>
- [9] Guía de Energía solar. “Colectores Solares térmicos”. Concurso Solar. Disponible en: <http://www.tecnologiasapropiadas.com/biblioteca/CeutaEnergiaSolarParte3.pdf>
- [10] Anexo A. “Fundamento teórico de la energía solar”. Comisión Nacional para el uso Eficiente de la energía. Disponible en: http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/.../Anexos_Schmidt.pdf Similares
- [11] Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y sus instrucciones complementarias (ITE). Real decreto 1751/1998, de 31 de Julio. Disponible en: http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_5__RITE_IT2-IT3-IT4_139907b5.pdf
- [12] Norma Ecuatoriana de construcción NEC-10. PARTE 14-1 Energía renovable sistemas de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario en el ecuador. Comité Ejecutivo del código Ecuatoriano de la construcción

- [13] Código Técnico de Edificación. "DB-HE-4: Contribución Solar mínima de ACS en los edificios". Madrid España. Disponible en: www.enerco.es/DocumentoBasicoHE4.pdf
- [14] Merchán Paul. Torres Herbert. "Proyecto de implementación de una empresa ensambladora y distribuidora de colectores solares de agua para su comercialización en la ciudad de Quito". Facultad de Ciencias Humanísticas y Económicas, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil-Ecuador. 2007. Disponible en: www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5031/6/8069.pdf
- [15] Instalación de energía solar térmica. "Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura". Instituto para la Diversificación y ahorro de la energía. Madrid España. Enero 2009. Disponible en: http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_5654_ST_Pliego_de_Condiciones_Tecnicas_Baja_Temperatura_09_082ee24a.pdf
- [16] Erbe Ecotecnología, S.L. (2010 Enero, 20). "Catálogo de Productos Energía Solar Térmica". Empresa Española Grupo Erbe. Disponible en: http://www.erbe.es/downloads/pdf/catalogo_erbe_solar_es.pdf
- [17] Integración de Promociones Ecológicas. "Colector Solar". Empresa Española IPEAGUAS Disponible en: <http://www.ipeaguas.com/archivos/IPESOLmanualtecnico.pdf>
- [18] Herrera Verónica. "Diseño y construcción de un sistema administrador de demanda y regulador de carga para un sistema de energía implementado con paneles" Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Escuela Politécnica Nacional. Quito- Ecuador. 2011. Disponible en:
- [19] Proyecto Pista de la Diputación de Valencia. (2008). "Ordenanza Municipal Instalaciones Solares para producción de agua caliente". Disponible <http://pista.dva.gva.es/cmpal/download/46032B/2009-01/9/solares.pdf>
- [20] S.A. Mena. (2010 Enero, 25). "Método F-CHART". Empresa LojaGas.
- [21] CONELEC. (2008). "Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación eléctrica"
- [22] Código técnico de la edificación. "Método de Cálculo F- Chart". Disponible en: [http://www.konstruir.com/C.T.E/HE%204-contribuion%](http://www.konstruir.com/C.T.E/HE%204-contribuion%20)
- [23] C. Calderón. (2010). Equipo de Control del EET

8. Anexos

Anexo 1: Ordenanza municipal Instalaciones solares para producción de agua caliente (anexo 1)

1. Consumo de agua caliente.

El consumo unitario medio diario de agua caliente sanitaria asociado a una temperatura de referencia de 45 °C, se elegirá de acuerdo con los valores de la tabla 1.

Tabla A 8.1. Consumo de agua caliente [19]

Consumos unitario (l/día)	Consumos unitario (l/día)
Vivienda	40 por persona
Hospitales y clínicas	80 por persona
Ambulatorio y centro de salud	60 por persona
Hotel *****	100 por persona
Hotel ****	80 por persona
Hotel ***	60 por persona
Hotel/hostal **	50 por persona
Hostal/pensión *	50 por persona
Camping	30 por persona
Residencia (ancianos, estudiantes, etc.)	60 por persona
Centro penitenciario	40 por persona
Albergue	35 por persona
Vestuarios/duchas colectivas	30 por persona
Escuela sin duchas	6 por persona
Escuela con duchas	30 por persona
Cuarteles	40 por persona
Fábricas y talleres	30 por persona
Oficinas	3 por persona
Gimnasios	30 por persona
Lavanderías	3 a 5 por kilo de ropa
Restaurantes	12 por persona
Cafeterías	2 por persona

En las instalaciones solares de edificios el número total de personas servidas se tomará del programa funcional del mismo.

En viviendas el consumo total diario medio se calculará tomando el valor unitario de la tabla 1 multiplicado por el número de personas que la ocupan. Si el programa funcional no lo indica se calculará a razón de 1,5 personas por dormitorio.

En los edificios de viviendas con instalación solar centralizada el consumo total de agua caliente del mismo se podrá reducir por el factor de simultaneidad (FS) de la tabla 2 en función del número de viviendas (N).

Tabla A8.2 factor de simultaneidad [19]

Núm. De Viviendas	$N \leq 10$	$10 < N < 25$	$N \geq 25$
FS	1	$1.2 - 0.02 \times N$	0.7

2. Demanda energética.

La demanda energética asociada a la producción del agua caliente del apartado anterior se calculará según la ecuación A1.1:

$$De = Q_{ac} \times \rho \times c_e \times (t_{ref} - t_{af}) \quad (A 1.1)$$

Donde:

- Q_{ac} , Consumo de agua caliente a 45 °C calculada en el apartado anterior [l/día]
- ρ , Es la densidad del agua [kg/l]
- c_e , Calor específico del agua a presión constante [J/kg °C]
- t_{ref} , Temperatura de referencia [45 °C]
- t_{af} , Temperatura del agua fría [°C]

El consumo de agua caliente a una temperatura distinta a la de referencia de la tabla 1 se calculará con la expresión:

$$Q_t = Q_{ac} \times (t_{ref} - t_{af}) / (t - t_{af}) \quad (A1.2)$$

Donde:

- Q_t , Es el consumo equivalente de agua a la temperatura t .
Comentarios al anexo I

Resulta indispensable fijar unos valores de referencia para el volumen de consumo de agua caliente sanitaria según el uso al que se vaya a destinar el edificio. De este modo se consigue homogeneizar el dimensionado de la instalación al tiempo que se facilita el cálculo a los proyectistas al establecer unos consumos unitarios de referencia de agua caliente. En este caso se ha establecido la temperatura de referencia de 45 °C.

Para el caso de calentamiento de piscinas cubiertas se ha optado por no especificar una temperatura para el agua del vaso, ya que la misma viene claramente estipulada en el RITE. En este reglamento de dispone que, según los usos, la temperatura de la pileta estará comprendida entre 24-26 °C en piscinas de uso público, y entre 25-26 °C si es uso privado.

Para aplicaciones o usos no contemplados en la tabla 1 se deberán utilizar valores suficientemente contrastados por la experiencia, ya sea mediante históricos de consumo de agua caliente sanitaria en otras instalaciones existentes, bien mediante estimaciones adecuadamente fundamentadas.

Igualmente, y con el mismo objetivo de homogeneizar el dimensionado de las instalaciones, se fija la ocupación que se debe considerar según la tipología de vivienda considerada. El parámetro que marca la ocupación de la vivienda a efectos de dimensionado es el número de dormitorios de la misma.

Para instalaciones colectivas en edificios de viviendas, y al objeto de que los sistemas no resulten sobredimensionados, se ha optado por establecer coeficientes reductores sobre el consumo global de agua caliente sanitaria del edificio. De este modo, al no producirse los consumos de agua caliente de todos los habitantes de forma simultánea, la instalación puede optimizarse tanto desde el punto de vista técnico como económico.

El apartado 1 del artículo 4 de la ordenanza establece el aporte energético mínimo de la instalación solar. El apartado 2 del anexo indica la forma de calcular la demanda energética para la producción del agua caliente, en la que todos los parámetros están perfectamente determinados a excepción de la temperatura de agua fría. Esta varía dependiendo de la situación geográfica, red de suministro, etc., por lo que el Ayuntamiento debería establecer una temperatura máxima del agua fría, bien para todo el año o preferiblemente la temperatura diaria media mensual. A título de ejemplo se presenta la tabla siguiente para las tres capitales de provincia de la Comunidad Valenciana.

Tabla A8.3. Temperatura media diaria °C [19]

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Castellón	10	11	12	13	15	18	20	20	18	16	12	11
Valencia	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	13	11
Alicante	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	11

La presente ordenanza entrará en vigor una vez transcurrido el plazo de 15 días hábiles desde la recepción a que se refiere el artículo 65.2, en relación con el 70.2 de la Ley 7/1985, Reguladora de las Bases de Régimen Local, una vez que se haya publicado completamente el texto íntegro de la misma en el «Boletín Oficial» de la provincia.

Contra la presente ordenanza sólo cabrá interponer el recurso contencioso administrativo ante la Sala de lo Contencioso-Administrativo del Tribunal Superior de Justicia de la Comunidad Valenciana, en el plazo de dos meses, contados desde el día siguiente al de la presente publicación, de conformidad con lo establecido en los artículos 10.1.b y 46.1 de la Ley 29/1998, de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa.

**Anexo 2: Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación eléctrica.
CONELEC.**

Tabla. A 8.4 Irradiación Solar [21]

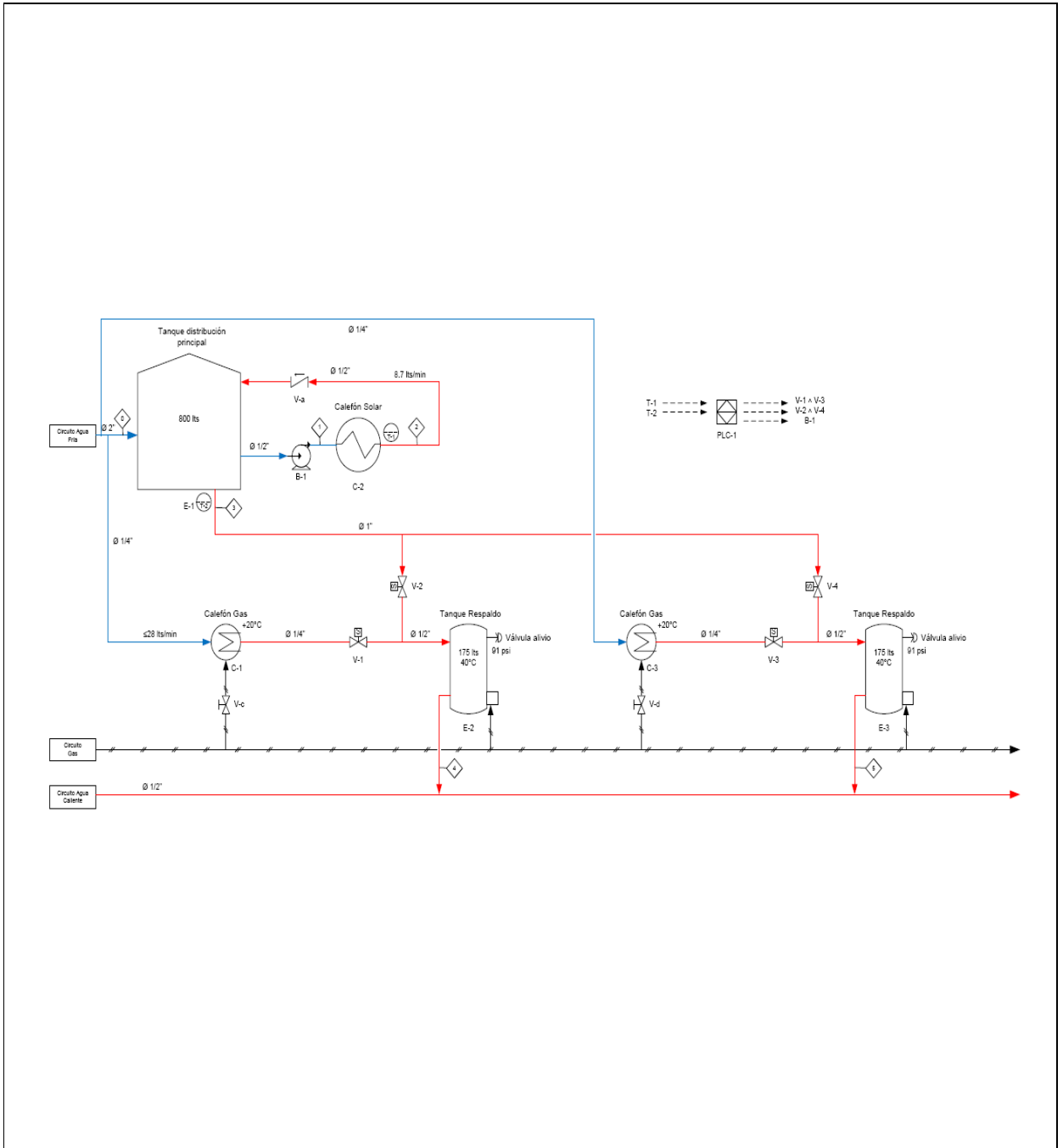
Meses	Días	Valor medio mensual de irradiación total Wh/(m2·dia)
Enero	31	4000
Febrero	28	4500
Marzo	31	4500
Abril	30	4500
Mayo	31	4800
Junio	30	4800
Julio	31	4800
Agosto	31	5000
Septiembre	30	5000
Octubre	31	5000
Noviembre	30	5000
Diciembre	31	5000


Anexo 3: Requerimientos de los componentes principales para realizar el sistema de control en la CU

Tabla. A 8.5. Requerimientos [23]

Cantidad	Componente	Características requeridas
1	Controlador	Mínimo 4 salidas de Relay. Mínimo 2 entradas analógicas/RTD HMI para visualización de variables y configuración de parámetros. Entrada digital para establecer como bypass al calefón solar.
4	Sensores de temperatura	RTDs Rango mínimo de medición: entre 10°C y 100°C Acople mecánico NPT ½"
6	Electroválvulas	Acople PT ¾" ó ½" Soporten temperaturas de hasta 100°C Señal de activación AC.
1	Tablero de control	Mínimo 20cm x 20cm (largo x ancho) Metálico
1	Sistema de monitoreo	Que realice monitoreo remoto Que realice datalogging

Anexo 4:



TITULO: P&ID PARA EL SISTEMA HÍBRIDO SOLAR/GAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA		
CONTENIDO: DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN		
REVISADO: Ing. Javier Carrión	DIBUJO: Ing. Carlos Calderón	
FECHA: 25/10/11	NUMERO: 1/2	

Anexo 5: Presupuesto establecido por la Empresa LojaGas para la instalación del sistema mixto solar-gas.

Tabla. A8.6 Presupuesto Empresa LojaGas [18]

Cantidad	Descripción	Costo Unitario (USD)	Costo Cantidad (USD)
12	Tubería plástico línea 1"	2,98	35,76
9	Tubería plástico línea 1"	2,98	26,82
50	Tubería plástico línea servicio	2,98	149
6	Metros de tubería plástico 1/2"	1,23	7,38
6	Codos 1/2" 90 grados plástico	0,6	3,6
2	Válvulas de alivio 3/4" NPT tanque	15	30
5	Válvulas de 1/2" de cierre a. Inoxidable	4,1	20,5
6	Válvulas de 1 " de cierre a. Inoxidable	10,05	60,3
16	Universales 1" 1/4 plástico	1	16
8	Manguitos flexibles	20	160
22	Codos plástico 1" ¼	0,75	16,5
10	Te plástico 1" ¼	0,75	7,5
2	Válvulas de venteo	15	30
12	m ² Aislamiento tuberías	6,67	80,04
	horas de trabajo	40	40
2	Mano de obra	3	6
1	Bombas de circulación	60	60
6	paneles colector 2 m ²	300	1800
1	Tanque acero inoxidable	3700	3700
COSTOS LINEA DE SERVICIO			
4	Reducciones 1" 1/4 a ¾" plástico	0,75	3
10	Tubería plástico línea ¾"	2,11	21,1
6	Tubería ¾" cobre tipo I	9,5	57
6	Tubería 1/2 "cobre tipo I	4,39	26,34
6	Metros de tubería plástico 1/2"	1,27	7,62
10	Codos 3/4" 90 grados plástico	0,75	7,5
4	Universales SOE 3/4"	7,5	30
4	Universales SOE 1/2"	3,9	15,6

4	Adaptadores SOE 1/2"	0,8	3,2
4	Adaptadores SOE 3/4"	0,67	2,68
4	Unión reductora 3/4" X 1/2" COBRE	1	4
4	Válvulas de 3/4" de cierre a. Inoxidable	4,8	19,2
16	Universales 1" 1/4 plástico	1	16
10	Codos cobre soso 3/4"	1	10
5	m ² Aislamiento tuberías	6,67	33,35
1	Neplos, tintas, gomas, etc.	245,32	245,32
TOTAL, USD			8424,043475
IVA, USD			1010,885217
TOTAL +IVA, USD			9434,928692

Anexo 6: Presupuesto establecido por el equipo de Control de la EET para el sistema de control en la CU.

Tabla. A8.7 Presupuesto establecido por el equipo de Control de la EET [23]

Cantidad	Detalle	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
1	LOGO 12/24RC MODULO LOGICO 8E/4S 12-24VDC SIEMENS	125.00	125.00
1	FUENTE DE ALIMENTACIÓN IN: 85 - 265VAC 24VDC 3ª	85.00	85.00
1	MODULO EXPA. P/PT-100 AM2 SIEMENS	98.00	98.00
2	RTD/PT-100 CON CABEZA NPT 1/2" -100 A 250°C	88.73	177.46
4	ELECTROVALVULA P/USO GENERAL 3/4" -10 A 80°C 120VA C	105	420
1	GABINETE METALICO LIVIANO 30x30x16	30.00	30.00
1	VARIOS: SWITCH, CABLES, CANALETA RANURADA, TERMINALES, ETC.	100.00	100.00
SUBTOTAL, USD			995,46
DESCUENTO, USD			94.30
TOTAL, USD			901.16

Anexo 7:

Colector Solar Placa Plana LojaGas



Tanque de Almacenamiento



Implementación de los colectores solares



TITULO: DISEÑO DE COLECTORES SOLARES PARA LA CU DE LA UTPL

CONTENIDO: INSTALACIÓN DE LOS COLECTORES SOLARES

REVISADO: Ing. Javier Carrión

DIBUJO: Rocío Ortiz

FECHA: 25/02/11

NUMERO: 2/2

ESCALA: Si () No (x)



