



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE**  
**MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**Título:**

---

**“Diseño de un sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS) híbrido: una alternativa para el edificio Centauro en la ciudad de Latacunga”.**

---

**Autor: Ing. Terán Herrera Hector Cochise**

**Tutor: PhD. Gustavo Rodríguez Bárcenas.**

**LATACUNGA – ECUADOR**

Diciembre – 2013



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

---

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Terán Herrera Héctor Cochise, con el título de tesis: “**Diseño de un sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS) híbrido: una alternativa para el edificio Centauro en la ciudad de Latacunga**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga diciembre 2013

Para constancia firman:

.....  
Lic. MSc. Rosa Terán  
PRESIDENTE

.....  
PhD. Ángel Columbie  
MIEMBRO

.....  
MSc. Edison Yépez  
MIEMBRO

.....  
MSc. Fabián Salazar  
OPONENTE

## **AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

Latacunga, Diciembre del 2013

En mi calidad de Director de Tesis presentada por el Ing. Terán Herrera Héctor Cochise, Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es **“Diseño de un sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS) híbrido: una alternativa para el edificio Centauro en la ciudad de Latacunga”**.

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gustavo Rodríguez Bárcenas', with a small asterisk above the 's' in 'Bárcenas'.

PhD. Gustavo Rodríguez Bárcenas.

**DIRECTOR DE TESIS**

Dr.C. Secundino Marrero

**ASESOR DE TESIS**

## **AUTORÍA**

Yo, Terán Herrera Héctor Cochise, portador del número de cédula 0502080465, declaro que la presente Tesis de Grado, es el resultado de la investigación desarrollado como maestrante de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Atentamente

Terán Herrera Héctor Cochise

C. I. 0502680465

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la fortaleza física y espiritual para terminar este trabajo, a mi esposa Carlita, que es el amor de mi vida, por su cariño, comprensión, constante estímulo y sacrificio, por su apoyo incondicional y amor desinteresado.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, a través de los docentes de posgrados por su profesionalismo y al personal administrativo por su calidez humana.

A mis distinguidos amigos y Maestros de Catedra de la Universidad de MOA Cuba los PhD: Gustavo, Gabriel, Secundino, Columbie, Legra, Alberto, Eduardo que desinteresadamente me brindaron sus conocimientos, amistad y ayuda en el desarrollo de este trabajo.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Cochise

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A mi esposa Carlita**

A tu paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor para tí, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de tí, gracias por estar siempre a mi lado.

### **A mi madre Ligia**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

### **A mi padre Héctor**

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Cochise

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

**PROGRAMA: “MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS”**

“Diseño de un sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS) híbrido: una alternativa para el edificio Centauro en la ciudad de Latacunga.”

Autor: Héctor Cochise Terán Herrera

Fecha: Diciembre del 2013

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO: Diseño de un sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS) híbrido: una alternativa para el edificio Centauro en la ciudad de Latacunga.**

**AUTOR:** TERAN HERRERA Héctor Cochise.

**TUTOR:** PhD. RODRÍGUEZ BÁRCENAS Gustavo.

**RESUMEN**

En el presente trabajo se realiza un estudio teórico del campo de captación solar en la ciudad de Latacunga, con el objetivo de ser aprovechado en el sistema de calefacción de agua sanitaria (ACS) proponiendo una alternativa eficiente con energía solar reduciendo de este modo el consumo de GLP y las emisiones de CO<sup>2</sup> a la atmósfera. La revisión bibliográfica, pone en evidencia los alcances de los trabajos realizados en cuanto a metodologías para la caracterización del sistema ACS y análisis energético, reflejando datos técnicos económicos de utilidad para la propuesta del sistema híbrido. Se parte de la caracterización del sistema ACS en donde se analiza los portadores energéticos, a partir de ahí se realiza una comparación con datos preliminares registrados como mínimo en normas ecuatorianas e internacionales, con el propósito de contribuir a las soluciones relacionadas con el impacto económico, ambiental negativo y la salud humana, se analizan las incidencias más significativas de las pérdidas de energía a través de la simulación del sistema de calentamiento de agua sanitaria en el programa SHUCO CHART Y TRANSOL, donde se analiza el sistema en un año completo, relaciones volumétricas, sobrecalentamientos, obteniendo como resultado una instalación de sistema de calentamiento de agua ACS solar con energía soporte GLP

**Descriptores:** gas licuado de petróleo, energía solar, sistema de calentamiento de agua, eficiencia energética,.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO: Diseño de un sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS) híbrido: una alternativa para el edificio Centauro en la ciudad de Latacunga.**

**AUTOR:** TERAN HERRERA Héctor Cochise.

**TUTOR:** PhD. RODRÍGUEZ BÁRCENAS Gustavo.

**ABSTRACT**

In this paper a theoretical study of the field of solar collection is performed in the city of Latacunga, in order to be exploited in the heating of domestic hot water (DHW) proposing an efficient alternative to solar energy thereby reducing consumption LPG and CO<sub>2</sub> emissions to the atmosphere. The literature review highlights the scope of the work performed in methodologies for characterizing the DHW system and energy analysis, technical data reflecting economic utility for the proposed hybrid system. It is part of the characterization of the DHW system where energy carriers is analyzed, from there a comparison with preliminary data recorded at least Ecuadorian and international standards, with the aim of contributing to solutions related to the economic impact is made, negative environmental and human health, the most significant impact of energy losses through system simulation of domestic water heating in SHUCO CHART AND TRANSOL program, where the system is analyzed for a full year are analyzed volume ratios , overheating, resulting in a system installation of solar water heating support DHW with GLP energy.

**Descriptors :** Liquefied petroleum gas , solar energy water heating system , energy efficiency.

## ÍNDICE

<b>Contenidos</b>	<b>Pag.</b>
PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	ii
AUTORÍA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
CERTIFICACIÓN DE CRÉDITOS QUE AVALAN LA TESIS.....	vi
PROGRAMA: “MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS”.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I : EL PROBLEMA.....	3
1.1 Antecedentes del problema.....	3
1.1.1 Contextualización (macro, meso y micro).....	3
1.1.2. Análisis crítico.....	4
1.1.3. Prognosis.....	4
1.1.4. Control de la prognosis.....	5
1.1.5. Delimitación.....	5
1.2 Formulación del Problema.....	6
1.3 Justificación y significación.....	6
1.4 Objetivos.....	9
1.4.1 Objetivos Generales.....	9
1.4.2 Objetivos Específicos.....	9
1.5 Hipótesis.....	9
1.6. Enfoque de la investigación.....	10
CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Antecedentes.....	11
2.2. Fundamentación Teórica.....	14
2.2.1. Sistemas Solares Térmicos.....	14
2.2.2 Descripción general de componentes.....	16
2.2.3 Colector Solar Térmico.....	17
2.2.4 Tanque Termosolar.....	18
2.2.5. Recurso Solar en el Ecuador.....	19

2.2.6. Dimensionamiento.....	22
2.2.6.1 Dimensionado de los colectores .....	23
2.2.6.2 Dimensionado del termo tanque.....	24
2.2.7 Dimensionamiento de sistemas de apoyo.....	25
2.2.8 Irradiación Solar en el Ecuador.....	26
2.2.9 Método de cálculo recomendado.....	27
2.3. Marco legal vigente.....	28
2.3.1. Norma Ecuatoriana de Construcción No. 10 parte 14-1 “Energía Renovable” Sistemas de Calentamiento solar para uso sanitario en el Ecuador.....	28
2.4. Definición de Términos Básicos.....	29
2.5. Conclusión del capítulo.....	30
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>	<b>31</b>
3.1 Modalidad de investigación.....	31
3.1.1 Investigación bibliográfica.....	31
3.1.2 Investigación de campo.....	31
3.1.3 Factibilidad.....	32
3.2 Forma y Nivel de investigación.....	32
3.2.1 Investigación aplicada.....	32
3.2.2 Nivel perceptual.....	32
3.2.3 Nivel aprehensivo.....	32
3.3. Tipo de Investigación.....	33
3.4 Metodología.....	33
3.5 Unidad de Estudio.....	33
3.5.1 Población .....	34
3.6 Métodos y técnicas a ser empleadas.....	34
3.6.1 Métodos.....	34
3.6.2 Técnicas.....	35
3.7 Operacionalización de variables.....	36
3.8. Procedimientos de la investigación.....	37
3.8.1 Obtención del consumo anual de agua potable.....	37
3.8.2 Obtención del consumo anual de energía eléctrica (MOTOR BOMBA).....	38
3.8.3 Obtención del consumo anual de GLP.....	41
3.8.4 Obtención de la temperatura del sistema (ACS) del año 2013.....	42
3.8.5 Obtención de la demanda energética del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).....	43

3.8.6 Obtención de la contribución mínima de consumo requerida (V/A) del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).....	46
3.8.7 Obtención de las emisiones vertidas CO2 [m 3 ] del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).....	59
3.9. Conclusiones del capítulo .....	59
<b>CAPÍTULO IV : ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>60</b>
4.1 Análisis de la medición del consumo de agua con medidor de flujo general del Edificio.....	60
4.2 Análisis de la medición del consumo anual de energía eléctrica (MOTOR BOMBA).....	63
4.3 Análisis de la medición del consumo anual de GLP.....	65
4.4 Análisis del Consumo anual de portadores energéticos edificio CENTAURO sistema (ACS) .....	70
4.4.1 Consumo económico anual de portadores energéticos edificio CENTAURO .	72
4.5 Resultados y análisis de la temperatura del sistema de calentamiento de agua potable (ACS) del año 2013.....	74
4.6 Análisis de la demanda energética del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).....	76
4.7 Análisis de los resultados para la contribución mínima de consumo requerida (V/A) del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).....	77
4.8 Análisis de las emisiones vertidas CO2 [m 3] del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).....	83
4.9.- Conclusiones del capítulo.....	84
<b>CAPÍTULO V : LA PROPUESTA.....</b>	<b>85</b>
5.1- Título de la propuesta.....	85
5.2- Justificación de la propuesta.....	85
5.3- Objetivos de la propuesta.....	85
5.4- Estructura de la propuesta.....	85
5.5- Desarrollo de la propuesta.....	86
5.5.1 Partes constitutivas del sistema.....	86
5.5.2 Circuito esquemático del sistema ACS (SOLAR –GLP).....	87
5.5.3 Mantenimiento Preventivo Básico Anual Del Calentador Solar.....	88
5.5.4 Análisis económico.....	90
5.5.5 Evaluación Financiera.....	92
5.5.6 Análisis Social.....	94
5.5.7 Análisis Ambiental.....	95
5.6 Conclusiones del capítulo.....	96

CONCLUSIONES GENERALES.....	97
RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS.....	99
ANEXOS.....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Sistemas para Calentamiento de agua de uso residencial	17
Figura 2.2 Efecto Invernadero en un colector	19
Figura 2.3 Colector Solar de placa plana	20
Figura 2.4 Corte de Tanque Termosolar sin intercambiador	22
Figura 2.5 Movimiento aparente del sol sobre el firmamento	23
Figura 2.6 Zonas del ecuador según su irradiación solar.	30
Figura 3.1. Administradora del edificio Centauro Dra. Carla Padilla	42
Figura 3.2. Medición del consumo de agua con medidor de flujo general del Edificio.	43
Figura 3.3. Características técnicas del analizador de redes.	44
Figura 3.4. Configuración de los parámetros del analizador.	44
Figura 3.5. Instalación del analizador de redes.	45
Figura 3.6. Lectura de los parámetros del analizador.	45
Figura 3.7. Facturas de cancelación Gas GPL 45 Kg.	46
Figura 3.8. Medición del consumo de GLP .	47
Figura 3.09 Medición de Temperatura con termocupla Tipo K	48
Figura 3.10. Datos inmersos, cálculo de las demandas energéticas software Schuco	51
Figura 3.11. Cálculos de pérdidas por inclinación y orientación en software Schuco-	56
Figura 3.12. Cálculos perdidas por sombras con los ángulos el panel solar.	57
Figura 3.13. Cálculos de separación entre líneas para evitar pérdidas por sombras	60
Figura 3.14. Datos inmersos, cálculo de campo de captación actual (sistema ACS) software Schuco – Chart Energy .	61
Figura 3.15. Datos inmersos, cálculo de campo de captación PROPUESTA (sistema ACS) software Schuco – Chart Energy .	62
Figura 4.1. Selección de captador (rendimiento) PROPUESTA (sistema ACS) en software Schuco – Chart Energy .	87
Figura 4.2. Determinación de las emisiones de CO <sub>2</sub> [m <sup>3</sup> ] (sistema ACS PROPUESTA) en software Schuco – Chart Energy .	88
Figura 5.1. Circuito esquemático del sistema ACS (SOLAR –GLP)	51

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 ZONAS DEL ECUADOR SEGÚN IRRADIACIÓN SOLAR	24
TABLA 2.2 VALORES PROMEDIO DE IRRADIACIÓN SOLAR ECUADOR	25
TABLA 2.3 CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS AUXILIARES ENERGIA	29
TABLA 2.4 ZONAS DE IRRADIACIÓN SOLAR DEL ECUADOR	30
TABLA 3.1 POBLACIÓN DEL EDIFICIO CENTAURO	38
TABLA 3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VI DE LA INVESTIGACIÓN	40
TABLA 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VD DE LA INVESTIGACIÓN	41
TABLA 3.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MEDIDOR FLUJO ACTARIS	42
TABLA 3.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONTADOR GLP	44
TABLA 3.6 VALORES DE DEMANDA DE ACS	47
TABLA 3.7 ESTIMACIÓN NUMERO VIVIENDAS POR PERSONA	49
TABLA 3.8 CONSUMO DIARIO MULTIFAMILIAR	50
TABLA 3.9 IRRADIACIÓN SOLAR PARA LA ZONA APLICADA	53
TABLA 3.10 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EN %. CASO GENERAL	54
TABLA 3.11. PERDIDAS LÍMITE	55
TABLA 3.12. PERDIDAS POR SOMBRAS (%)	58
TABLA 4.1 CONSUMO ANUAL DE AGUA POTABLE	65
TABLA 4.2 CONSUMO MENSUAL DE AGUA DEL AÑO 2013	66
TABLA 4.3 CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA (2008-2012)	68
TABLA 4.4 CONSUMO MENSUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL 2013	69
TABLA 4.05 CONSUMO ANUAL DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO	73
TABLA 4.06 CONSUMO MENSUAL DE GLP DEL AÑO 2013	74
TABLA 4.07 CONSUMO ANUAL DE PORTADORES ENERGÉTICOS	76
TABLA 4.08 CONSUMO DE PORTADORES ENERGÉTICOS (USD.)	77
TABLA 4.09 TEMPERATURA PROMEDIO DEL SISTEMA (ACS) 2013	80
TABLA 4.10 PERDIDAS POR SOMBRAS (%)	84
TABLA 5.1. COSTO DE MATERIALES PROPUESTA ACS.	94
TABLA 5.2. COSTO DE INSTALACIÓN Y SOPORTE.	95
TABLA 5.3. COSTO TOTAL DEL ACS	95
TABLA 5.4. AHORRO ANUAL DE GLP Y ENERGÍA ELÉCTRICA	96
TABLA 5.5. CÁLCULO DEL VAN DEL SISTEMA (ACS)	97
TABLA 5.6. CÁLCULO DE LA TIR DEL SISTEMA (ACS)	98
TABLA 5.7. AHORRO DE EMISIONES CO2	100

## ÍNDICE DE GRAFICAS

GRÁFICO 4.1 CONSUMO ANUAL DE AGUA POTABLE (2008-2012)	66
GRÁFICO 4.2 CONSUMO MENSUAL DE AGUA POTABLE AÑO 2013	67
GRÁFICO 4.3 CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA (MOTOR BOMBA) (2008-2012)	68
GRÁFICO 4.4 CONSUMO MENSUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA AÑO 2013	69
GRÁFICO 4.5 CONSUMO MENSUAL GLP DEL AÑO 2008	70
GRÁFICO 4.6 CONSUMO MENSUAL GLP DEL AÑO 2009	71
GRÁFICO 4.7 CONSUMO MENSUAL GLP DEL AÑO 2010	71
GRÁFICO 4.8 CONSUMO MENSUAL GLP DEL AÑO 2011	72
GRÁFICO 4.9 CONSUMO MENSUAL GLP DEL AÑO 2012	73
GRÁFICO 4.10 CONSUMO ANUAL DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO EDIFICIO CENTAURO SISTEMA (ACS)	74
GRÁFICO 4.11 CONSUMO MENSUAL GLP DEL AÑO 2013	75
GRÁFICO 4.12 CONSUMO ANUAL DE PORTADORES ENERGÉTICOS (kWh-m <sup>3</sup> -Kg)	76
GRÁFICO 4.13 CONSUMO ANUAL DE PORTADORES ENERGÉTICOS (USD.)	78
GRÁFICO 4.14 TEMPERATURA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE (ACS) EDIFICIO CENTAURO AÑO 2013	79
GRÁFICO 4.15 DEMANDA ENERGÉTICA DEL SISTEMA (ACS)	80
GRÁFICO 4.16 DIAGRAMA SOLAR GENÉRICO DE CAPTACIÓN SOLAR	83
GRÁFICO 4.17 ENERGÍA [kWh] vs. FRACCIÓN SOLAR [%] (ACTUAL)	85
GRÁFICO 4.18 ENERGÍA [kWh] vs. FRACCIÓN SOLAR [%] (PROPUESTA)	86

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Gobierno Autónomo Descentralizado de la ciudad de Latacunga (GAD), tuvo que acogerse a la ordenanza, para estar a par con otras ciudad vecinas, por tal motivo los dueños de las edificaciones tienen que realizar estos cambios, pero no hay duda que es posible optar por otras fuentes alternativas de energía abastecedoras para el mismo fin, libre de electricidad y/u otros hidrocarburos, que sea legal y cumpla con la visión de impulsar la energía limpia actualmente el Ecuador.

En este ámbito el trabajo de investigación desarrollado en la Maestría de Gestión de Energías se encuentra estructurado del siguiente modo:

En el Capítulo 1, se analiza el problema de investigación, contextualizándolo a niveles macro, meso y micro; determinando el objeto y campo de la investigación, la justificación y enunciando los objetivos correspondientes.

En el Capítulo 2, presenta la investigación bibliográfica para dar soporte al marco teórico, respetando las normas y propiedad de autores, defino los antecedentes investigativos en los que se describen opiniones, explicaciones de la problemática planteada; conceptualizando y fundamentando los aspectos primordiales del sistema de calentamiento de agua (ACS). Se presenta ecuaciones matemáticas en lo referente al diseño de cada elemento que constituye una instalación híbrida SOLAR- GLP

En el Capítulo 3, establezco la metodología para desarrollar el trabajo de investigación considerando el enfoque metodológico, la modalidad, el tipo de investigación, defino las variables de estudio, procedimientos de medición, se levanta

datos estadísticos relevantes al objeto de estudio entre otros datos de importancia para su posterior análisis.

En el Capítulo 4, consta de la aplicación de cálculos para ir generando resultados en base a las mediciones relacionadas con: consumo de glp anual y mensual, m<sup>3</sup> agua , temperatura, energía eléctrica, entre otros obtenidos con los instrumentos de medición, para que mediante la valoración de curvas, tablas obtenidas en el proceso de investigación, se desarrolle el análisis que establezca el potencial energético que dispone la energía solar en sistemas de calentamiento de agua (ACS).

En el Capítulo 5, se plantea la propuesta, en el uso de la energía solar utilizando fracciones solares del 65% y 70 %, presentando los resultados que contribuyen a disminuir el consumo de GLP con el respectivo análisis económico, ambiental, y utilizarlo en edificaciones residenciales como fuente térmica alternativa en la ciudad de Latacunga.

Finalmente presento las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación a fin de que sean difundidas o utilizadas por profesionales del área para que sean utilizadas como fuente bibliográfica de consulta.

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**

### **1.1 Antecedentes del problema**

En la actualidad es de gran importancia conocer y utilizar diferentes tipos de alternativas que permitan la aplicación de energía más limpia en las edificaciones que permitan reducir el costo por el consumo de GLP no subsidiado, esta problemática dará el enfoque necesario para desarrollar la evaluación del potencial de energías limpias y el uso de sistemas de calentamiento de agua (ACS ) híbridos basados en el Plan Nacional del Buen Vivir que tiene como objetivo estratégico la promoción del desarrollo sostenible mediante el uso de fuentes de energía renovable y limpia.

#### **1.1.1 Contextualización (macro, meso y micro)**

Actualmente el Gobierno Autónomo Descentralizado de la ciudad de Latacunga (GAD), en mutuo acuerdo con el Benemérito Cuerpo de Bomberos voluntarios basado en el artículo NTE INEN 2 260:2010 (Instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial. Requisitos) y que rige a nivel Nacional, aprobó la ordenanza sobre el uso de gas centralizado para edificios.

Las edificaciones de la ciudad de Latacunga, en su mayoría utilizan un sistema de (GLP) no subsidiado, que no cumplen con la norma NTE INEN 2 260:2008. En realidad las edificaciones no se encuentran sectorizadas en función del uso de las mismas, pero el sector más crítico es “La Estación”, por ser el sector con vías de desarrollo masivo ya que cuenta con la mayor demanda domiciliaria, comercial, e Industrial en la ciudad de Latacunga.

El Edificio Centauro, objeto de este proyecto se encuentra en el sector de La Estación, y se lo toma como referencia por ser el más alto de la ciudad, superando al Hotel LLactacunga, y con familias completas viviendo en sus departamentos.

Es por esta razón que se plantea la realización de la investigación, en la que se dilucidará la casuística real del alto costo y su relación con el sistema de calentamiento de agua (ACS) en edificios.

### **1.1.2. Análisis crítico**

Habitualmente las constructoras se enfocan en generar proyectos con la menor inversión posible manteniendo el estándar de calidad que exige la reglamentación vigente. Sin embargo, no han considerado implementar mejoras energéticas ni en el uso de energías renovables no convencionales (ERNC), que si bien aumentarán la inversión en departamentos de edificios, pueden reducir considerablemente los costos operacionales de la misma y generar un valor agregado a sus productos frente a la competencia.

En el desarrollo de este trabajo de investigación se analizara el sistema más eficiente económicamente limpio para el calentamiento de agua sanitaria y los servicios en edificios, especialmente se evaluara la aplicación de la ordenanza municipal la cual prohíbe la utilización de GLP subsidiado para uso industrial o residencial en gran escala, (edificaciones).

### **1.1.3. Prognosis**

La comercialización y posterior consumo del Gas Licuado de Petróleo (GLP) se inicia en el Ecuador a partir de 1956 convirtiéndose pronto en un producto de gran demanda para el uso doméstico. En la última década, la demanda por GLP se ha incrementado considerablemente, en donde los porcentajes de consumo están alrededor de un 30% para uso industrial y 70% para uso doméstico, cabe mencionar que para edificaciones es de cumplimiento el uso de GLP industrial, este último bajo la figura de garrafa de 15 y 45 kilos. La garrafa de 45 Kilos es comercializada al público a un precio oficial de USD 53,00.

El Gobierno Autónomo Descentralizado de la ciudad de Latacunga (GAD), desde años atrás no ha tomado en cuenta proyecciones en años venideros sobre la problemática del uso de GLP, lo cual ocasiono que la mayoría de edificaciones realizarán sus instalaciones sin ninguna normativa y otorgando el permiso para la construcción de edificaciones sin problema.

En la actualidad el Gobierno Autónomo Descentralizado de la ciudad de Latacunga (GAD), tuvo que acogerse a la ordenanza, para estar a par con otras ciudad vecinas, por tal motivo los dueños de las edificaciones tienen que realizar estos cambios, pero no hay duda que es posible optar por otras fuentes alternativas de energía abastecedoras para el mismo fin, libre de electricidad y/u otros hidrocarburos, que sea legal y cumpla con la visión de impulsar la energía limpia actualmente el Ecuador.

#### **1.1.4. Control de la prognosis**

Con el fin de reducir costos por el consumo de (GLP) industrial en el Edificio Centauro se realizara un diseño del sistema de calentamiento de agua (ACS) de tipo hibrido.

#### **1.1.5. Delimitación**

##### **a.- Temporal**

El problema está presente desde la prohibición de ráfagas de GLP de uso doméstico y subsidiadas por el Gobierno del Ecuador se empleen en instalaciones industriales, edificios entre otros. Con respecto al proyecto se desarrollara en 5 meses, iniciando con la caracterización del sistema de calentamiento del edificio hasta la elaboración de la propuesta tipo hibrido, económico y limpio para la disminución del costo de GLP no subsidiado.

## **b.- Espacial**

El proyecto está dirigido a los habitantes del Edificio Centauro, y servirá como punto de referencia para las demás edificaciones de la ciudad de Latacunga, como una opción alternativa de cumplir con la normativa y sin altos costos por uso y mantenimiento.

## **c.- Contenido**

En este proyecto principalmente se tratara exclusivamente a sistemas de calentamiento de agua residenciales (ACS) tipo hibrido, comenzando con la caracterización del sistema del edificio CENTAURO, posteriormente la evaluación, selección y diseño de sistema hibrido que cumpla con las normas INEN establecidas como ordenanza de uso de gas centralizado.

### **1.2 Formulación del Problema**

Costos elevados por la utilización masiva de GLP centralizado en el sistema de calentamiento de agua en el edificio Centauro.

### **1.3 Justificación y significación.**

#### **1.3.1 Interés de la Investigación**

El cambio sustancial en la producción de energía está íntimamente ligado con la introducción masiva de las energías renovables. Por sus propias características, ellas están asociadas a un desarrollo industrial y social más autóctono y menos sujeto a los vaivenes de la economía global. El uso de la energía solar térmica ya tiene la madurez tecnológica suficiente como para ocupar un nicho importante dentro del sistema energético, especialmente en el sector residencial.

#### **1.3.2 Utilidad teórica**

Los calentadores solares ahorran hasta 80% en el uso de energéticos y es el elemento que debe aportar el mayor ahorro a la vivienda, pero sin limitar el confort y la disponibilidad de agua caliente en todo momento, se pueden generar un ahorro mensual de gas de más del 60%, al mismo tiempo que son amigables con la naturaleza, al generar las menores emisiones tóxicas; con ello se satisfacen también las necesidades de los usuarios preocupados por el cuidado del medio ambiente.

### **1.3.3 Utilidad práctica**

Con este proyecto, se propone la utilización de captadores solares, para la utilización de agua caliente sanitaria, con el fin de incentivar a la utilización de energías alternativas, brindando un mejor servicio en las instalaciones del edificio CENTAURO y de las familiar que habitan en el sin necesidad de utilizar leña, gas, electricidad, etc.

### **1.3.4 Utilidad Metodológica**

Para la ejecución de este proyecto se utilizarán los siguientes métodos de investigación: La observación con el fin de recopilar información en lo referente a la situación actual de las instalaciones (GLP) e infraestructura del edificio para proponer la adecuación del sistema de calentamiento de agua híbrido. La investigación bibliográfica documental permitirá el análisis de los fundamentos para desarrollar el diseño del sistema de calentamiento de agua.

Por último el contar con un sistema de respaldo alternativos disminuye gastos adicionales como el GLP centralizado, teniendo en cuenta que la ordenanza del Gobierno autónomo de la ciudad de Latacunga, prohíbe el uso de GLP subsidiado sin tener en cuenta que en la ciudad aún no se cuenta con empresas que presten este servicio de GLP masivo.

### **1.3.4 Novedad del trabajo**

El consumo energético de un edificio varía dependiendo del clima de la localidad, su diseño, la calidad de los procesos constructivos utilizados, el uso, la gestión energética, los sistemas de control, etc. Además, los edificios están expuestos de manera dinámica a múltiples y variadas influencias físicas que afectan de manera determinante el consumo energético. Optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida en un edificio y los servicios o funciones que en él se desarrollan, conlleva a investigar factores propios de localidad, teniendo como referencia hasta datos energéticos tomados en periodos establecidos por centros de investigación que utilizan satélites, llegando a establecer la iniciativa de tener sistemas híbridos en edificios con el fin de incorporar a nuestra sociedad las energías alternativas.

### **1.3.5 Factibilidad**

El beneficio económico será a un plazo mediano, debido a que los costos de operación y mantenimiento serán mínimos los cuales podrán ser absorbidos por los propietarios del edificio ya que se cuenta con su apoyo para una futura implementación.

### **1.3.6 Relevancia Social**

Habitualmente las inmobiliarias se enfocan en generar proyectos con la menor inversión posible manteniendo el estándar de calidad que exige la reglamentación vigente. Sin embargo, no han considerado implementar mejoras en el aislamiento térmico ni en el uso de energías renovables no convencionales que si bien aumentarían la inversión en la vivienda, pueden reducir considerablemente los costos operacionales de la misma y generar un valor agregado a sus productos frente a la competencia.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivos Generales**

- Evaluar energéticamente el sistema de calentamiento de agua con la utilización de GLP del edificio Centauro.
- Diseñar un sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS) del tipo híbrido (GLP- PANEL SOLAR) para el edificio Centauro en Latacunga.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Analizar el marco teórico relacionado con los sistemas de calentamiento de agua sanitaria y su eficiencia.
- Caracterizar el sistema de calentamiento de agua (GLP) del edificio Centauro.
- Evaluar energética económica y ambientalmente el sistema de calentamiento de agua (GLP) del edificio Centauro.
- Seleccionar el tipo de sistema alternativo.
- Realizar el diseño del sistema de calentamiento de agua sanitaria del tipo híbrido para el edificio Centauro en Latacunga.
- Analizar la pre factibilidad energética, económica y ambiental del sistema de calentamiento híbrido (GLP- PANEL SOLAR) diseñado para el edificio Centauro en Latacunga.

## **1.5 Hipótesis**

El sistema de calentamiento de agua actual de edificio Centauro en Latacunga genera un consumo energético con alto costo susceptible de mejorar utilizando un sistema híbrido de calentamiento.

### **1.6. Enfoque de la investigación.**

El proyecto está enfocado a disminuir el costo por utilizar el sistema de calentamiento de agua con fuente (GLP) industrial en el Edificios Centauro proponiendo como solución un sistema de calentamiento de tipo híbrido.

VARIABLE DEPENDIENTE: Balance energético

VARIABLE INDEPENDIENTE: Calentamiento de agua sanitaria

### **1.7. Conclusiones del capítulo**

Se presenta el problema de la investigación a resolver, estableciendo justificadamente su desarrollo en influencia en el contexto macro, meso y micro, argumentado en criterios de entendidos referidos bibliográficamente.

Se muestra la utilidad que se tendrá al realizar la investigación trazando los objetivos tanto generales como específicos a alcanzarse en el desarrollo.

Está delimitado el campo de acción fundamentando los parámetros y lineamientos principales para el diseño de la investigación enfocados en el ámbito de acción de la tesis del Grado académico de Magister en Gestión de Energías.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se evalúa el marco teórico, antecedentes investigativos en los que se describen opiniones y explicaciones de la problemática planteada en este trabajo de investigación; así como también, conceptualización y las fundamentaciones respectivas en las que se especifican las orientaciones teóricas correspondientes.

### 2.1. Antecedentes

La energía solar térmica o energía termosolar consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para producir calor que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y, a partir de ella, de energía eléctrica. Adicionalmente puede emplearse para alimentar una máquina de refrigeración por absorción, que emplea calor en lugar de electricidad para producir frío con el que se puede acondicionar el aire de los locales.

Los colectores de energía solar térmica están clasificados como colectores de baja, media y alta temperatura. Los colectores de baja temperatura generalmente son placas planas usadas para calentar agua. Los colectores de temperatura media también usualmente son placas planas usadas para calentar agua o aire para usos residenciales o comerciales. Los colectores de alta temperatura concentran la luz solar usando espejos o lentes y generalmente son usados para la producción de energía eléctrica. La energía solar térmica es diferente y mucho más eficiente que la energía solar fotovoltaica, la que convierte la energía solar directamente en electricidad. Mientras que las instalaciones generadoras proporcionan solo 600 megawatts de energía solar térmica a nivel mundial, otras centrales están bajo construcción por otros 400 megawatts y se están desarrollando otros proyectos de electricidad solar de concentración por un total de 14000 megawatts.

De manera muy esquemática, el sistema de energía solar térmica funciona de la siguiente manera: el colector o panel solar capta los rayos del sol, absorbiendo de esta manera su energía en forma de calor, a través del panel solar hacemos pasar un fluido (normalmente agua) de manera que parte del calor absorbido por el panel es transferido a dicho fluido, el fluido eleva su temperatura y es almacenado.

En los países industrializados con buenos niveles de radiación solar, los calentadores solares aparecían como una opción más para calentar el agua entrando directamente en pugna comercial con los sistemas de calentamiento que empleaban los combustibles fósiles o la electricidad producida por ellos.

CODAX (2012), según su trabajo menciona que: "Un caso particular lo supone Israel que debido a su situación política y a sus múltiples conflictos con las naciones limítrofes suministradores de petróleo, ha basado el calentamiento del agua doméstico en los calentadores solares." (p.11). Así y sobre todo a raíz de la guerra de Yom Kipur en Octubre de 1973 y del boicot de los países árabes, Israel se volcó en la producción de calentadores solares para uso doméstico. Esto provocó que en 1983 el 60% de la población contara con uno de ellos y que actualmente esta cifra se haya elevado a más del 90%.

ULATE (2006), menciona que: "Con las mencionadas crisis energéticas de los años 70 que provocaron alarmantes subidas de costos de los combustibles fósiles, se reavivó el interés de muchos países por las energías renovables también como medio para producir electricidad. Así surgen múltiples programas nacionales que promueven la investigación y el desarrollo de la energía solar térmica y de su conversión en energía eléctrica" (p. 5).

RODRIGUEZ ( 2009), hace referencia que: “En el año 1999 el ayuntamiento de Barcelona (España) aprobó una iniciativa que obligaba a los edificios nuevos o remodelados a la instalación de sistemas solares térmicos para calentar el agua sanitaria. Se trata esta de la primera iniciativa de estas características aplicada en una gran ciudad europea. Su éxito sirvió de ejemplo a múltiples normativas similares que se aplicaron en Europa y en el mundo y que contribuyeron a que la instalación de sistemas de calentamiento solar siguiera aumentando” (p. 19).

No hay que olvidar el impacto de la contaminación humana y de las emisiones de Co2 a la atmósfera que provocan un aumento del efecto invernadero y de la inestabilidad en los patrones climáticos. Para enfrentar este grave problema surgieron políticas comunes internacionales como el protocolo de kyoto que obligan a la reducción de emisiones de Co2 que favorece la expansión de las energías renovables y de la solar térmica.

VICTORICO (2011), hace referencia que: “En 2011, la Agencia Internacional de la Energía se expresó en los siguientes términos: "el desarrollo de tecnologías solares limpias, baratas e inagotables supondrá un enorme beneficio a largo plazo. Aumentará la seguridad energética de los países mediante el uso de una fuente de energía local, inagotable y, aún más importante, independiente de importaciones, aumentará la sostenibilidad, reducirá la contaminación, disminuirá los costes de la mitigación del cambio climático, y evitará la subida excesiva de los precios de los combustibles fósiles” (p. 40).

Se puede concluir que el SST es una tecnología para aplicaciones industriales y comerciales porque representa una inversión redituable al manejar sistemas de alta eficiencia, aprovecha totalmente un recurso natural que brinda energía gratuita, sin aumentar costos de operación. Además, tiene una perfecta adaptación en todos los

componentes de un sistema de calentamiento de manera funcional y sincronizada al ser desarrollada y manufacturada de manera propia.

También es una inversión para un futuro sustentable porque el diseño y calidad de los colectores solares tienen una gran durabilidad con resistencia a la intemperie. Así mismo, al estar diseñados para operar en circuitos cerrados de circulación forzada, impiden la oxidación, las incrustaciones y el deterioro prematuro, a diferencia de un sistema abierto.

Por último los sistemas solares térmicos tienen un período de retorno de la inversión de unos 10 años, período que puede disminuir gracias a las distintas subvenciones y ayudas destinadas a fomentar el desarrollo de las energías renovables.

## **2.2. Fundamentación Teórica**

### **2.2.1. Sistemas Solares Térmicos**

Un sistema solar térmico (SST) para calentamiento de agua para uso doméstico, está conformado por los siguientes componentes principales: un colector solar plano, un tanque de almacenamiento, un sistema de control, las acometidas hidráulicas con los elementos de seguridad y un sistema de apoyo (ver Figura 2.1).

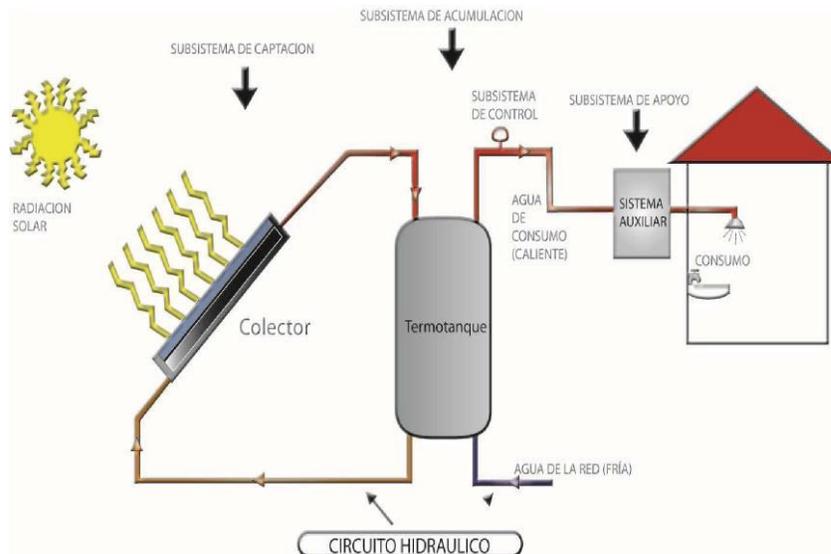


Figura 2.1 Sistemas para Calentamiento de agua de uso residencial  
Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción No. 10

GÓMEZ (2009), menciona que: “El colector solar capta y transforma la energía radiante del sol en calor, el cual se transfiere al fluido de trabajo por conducción. Este fluido se mueve entre el tanque de reserva y el colector, por diferencia de temperatura, de forma natural o forzada. Cuando hay consumo de agua caliente, ésta es reemplazada por agua fría de la red que alimenta al tanque termosolar” (p. 15).

En un sistema de termosifón, para que el sistema opere de forma automática el tanque debe estar por encima de la parte más alta del colector.

Las condiciones de diseño de un SST deben involucrar aspectos tales como:

- Aprovechar de forma óptima el recurso solar disponible.
- Ser dimensionado de acuerdo al consumo requerido de agua caliente.
- Todos los elementos que componen el sistema, incluidos los ductos y accesorios, deben estar contruidos para asegurar un desempeño eficiente, confiable y seguro durante la vida útil prevista para cada uno de ellos.
- Ser diseñado para que la integración de sus partes no requiera de asistencia técnica por largos periodos.

- e. Ser diseñado para soportar la acción del ambiente local.
- f. Si en el diseño del SST se incluye complemento auxiliar de energía, se sugiere que tenga funciones automáticas para que todo el conjunto opere autónomamente.

### **2.2.2 Descripción general de componentes**

Una instalación de calentamiento de agua para uso doméstico, tiene tres subsistemas esenciales:

**a.- Sistema de captación**, 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.

**b.- Sistema de acumulación**, constituido por el acumulador, encargado de almacenar el agua caliente.

**c.- Sistema de apoyo**, energía convencional auxiliar, que sirve para complementar la contribución solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o demanda superior a la prevista.

A estos sistemas esenciales se suman sistemas secundarios que permiten el funcionamiento eficaz del sistema total, como son:

**d.- Circuito hidráulico**, constituido por las tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de establecer el movimiento del fluido del sistema.

**e.- Sistema de regulación y control**, que se encarga de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía solar térmica posible y que actúa como protección frente a la acción de factores como sobrecalentamiento y otros.

### 2.2.3 Colector Solar Térmico

Se trata de un dispositivo que transforma en calor la radiación solar con procesos añadidos de transferencia de calor mediante radiación, conducción y convección.

Su principio físico de funcionamiento se basa en el efecto invernadero, resultado de la característica que tiene un cuerpo transparente, de dejar pasar a través suyo radiación electromagnética.



Figura 2.2 Efecto Invernadero en un colector  
Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción No. 10

A continuación se destacan los dos tipos más comunes de colectores solares:

#### 2.2.3.1. Colectores solares de placa plana

Son elementos constituidos por una superficie absorbente de material de alta conductividad térmica y estable a la corrosión, que conjuntamente con los tubos conductores del fluido de trabajo, con el aporte del aislante térmico, la caja hermética y la cubierta de alta transparencia, hacen posible la ganancia térmica máxima (Figura 2.3).

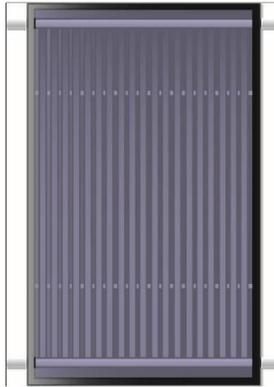


Figura 2.3 Colector Solar de placa plana

Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción No. 10

El colector solar plano está constituido por:

- a) Cubierta transparente de vidrio o plástico plano, por la cual pasa la radiación solar.
- b) Superficie o placa de absorción metálica en cobre o aluminio en donde incide la radiación solar y se convierte en calor que se transfiere por conducción a los tubos por los que circula un fluido de trabajo. Las características de la placa pueden ser modificadas mediante la aplicación de una superficie selectiva para maximizar la transmitividad y la absorptividad.
- c) Material aislante, que bordea la parte lateral e inferior del colector, con el objeto de limitar las pérdidas de calor de la placa absorbente.
- d) Caja o marco que contiene y da soporte al colector solar plano.

#### 2.2.4 Tanque Termosolar

Se encarga de recibir y almacenar el agua caliente que se ha generado en el colector. Generalmente, es un tanque metálico aislado térmicamente del ambiente exterior para garantizar que sus pérdidas térmicas sean las mínimas posibles. El interior del tanque termosolar, debe estar recubierto por materiales que a más de proteger su vida útil, mantenga condiciones de calidad del agua (Fig. 2.6).

Entre las funciones que desempeña el tanque de almacenamiento se destacan:

- a. Asimila las fluctuaciones de corta duración en la energía solar que recibe el colector solar.
- b. Provee autonomía al SST en los intervalos en los que no ocurra generación de calor.
- c. Admite sistemas auxiliares de calentamiento de agua, si se requieren.

El tanque debe soportar la presión de suministro hidráulico (la de la red, acueducto o de un sistema hidroneumático), por lo cual, debe cumplir normas de fabricación. Generalmente su forma es cilíndrica, y puede operar en forma horizontal o vertical.



Figura 2.4 Corte de Tanque Termosolar sin intercambiador  
Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción No. 10

### 2.2.5. Recurso Solar en el Ecuador

El Ecuador está ubicado entre las latitudes  $1^{\circ}30' N$  (Carchi) y  $5^{\circ}0'S$  (Zamora) y entre las longitudes  $72^{\circ}0' W$  (Salinas) y  $75^{\circ}10' W$  (Orellana) es decir al oeste del meridiano de Greenwich. El Archipiélago de Galápagos se encuentra entre las latitudes  $1^{\circ}40' N$  y  $1^{\circ}30' S$  y entre las longitudes  $89^{\circ}10' W$  y  $92^{\circ}0' W$ . Al estar atravesado por la Línea Equinoccial, el Ecuador tiene poca variabilidad en la posición del sol durante todo el año (ver Figura 2.5), lo cual favorece la aplicación de la energía solar para producir electricidad y calor, ya que en

promedio hay 12 horas de sol durante el día. La variación en el zenit (cuando el sol está perpendicular a la Tierra, a las 12 del día) es de  $\pm 23.5^\circ$ , es decir que el Sol se desplaza  $47^\circ$  en el año entre el solsticio de verano (21 de junio) y el solsticio de invierno (21 de diciembre).

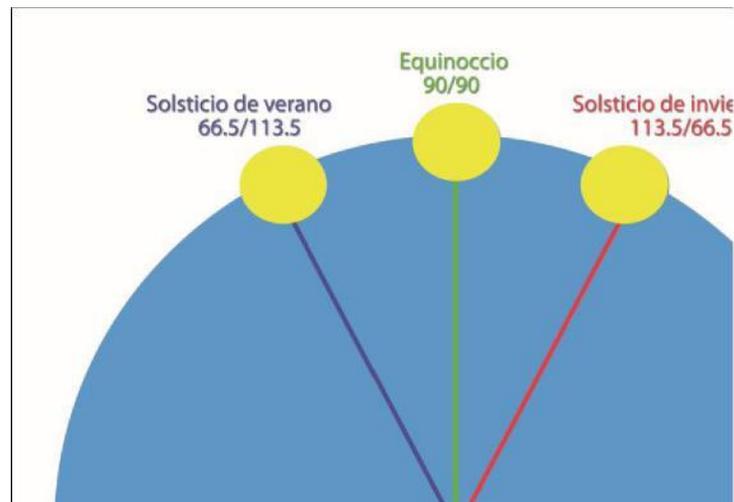


Figura 2.5 Movimiento aparente del sol sobre el firmamento  
Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción No. 10

ONI (2011), “La radiación solar directa sumada con la radiación solar difusa que impacta sobre el colector solar, se ve afectada por la nubosidad del día, o lo que se conoce como índice de claridad. Un índice de claridad 1 se da en un día soleado sin nubes” (p. 16).

Hay que tener en cuenta también el ángulo de inclinación del colector para aprovechar la mayor cantidad de energía solar durante el año, y por labores de limpieza; en el Ecuador, éste ángulo puede ser hasta  $15^\circ$ . La orientación del colector deberá ser hacia la línea equinoccial, para tener la mayor energía anual del sol.

El recurso solar al ser un valor de energía se mide en Joules, es decir en Vatios por Segundo. Un kWh es otra medida de la energía y 1 kWh equivale a 3,6 MJ.

En el Ecuador no existe un registro histórico completo de radiación solar. El INAMHI tomó durante los años 1970 a 1990 algunas mediciones de heliofanía o duración de brillo solar durante un día que corresponde a la radiación solar directa.

El CONELEC contrató en el año 2008 la elaboración del Mapa Solar del Ecuador, y se basa en datos tomados de sistemas satelitales del NREL (National Renewable Energy Laboratory) de los Estados Unidos entre 1985 y 1991 que interpola la información a celdas de 1 km<sup>2</sup>. Se muestra información sobre las insolaciones directa (isohelias a 300 Wh/m<sup>2</sup>.día), difusa (isohelias a 100 wh/m<sup>2</sup>.día) y global (isohelias a 150 Wh/m<sup>2</sup>.día) para cada mes del año y el promedio anual.

Con este mapa solar se ha elaborado un mapa resumen anual con la insolación global promedio anual agrupada en cinco Zonas I a V en kWhm<sup>2</sup>.día.

**TABLA 2.1 ZONAS DEL ECUADOR SEGÚN IRRADIACIÓN SOLAR**

<b>ZONAS</b>	<b>kWhm<sup>2</sup>.día</b>
Zona I:	3200 a 3600
Zona II:	3600 a 4000
Zona III:	4000 a 4400
Zona IV:	4400 a 4800
Zona V:	4800 a 5200

Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción No. 10  
Elaborador por: Héctor Terán (2013)

Los valores de insolación o radiación solar global para las provincias del país y sus ciudades más importantes son:

**TABLA 2.2 VALORES PROMEDIO DE IRRADIACIÓN SOLAR DE CIERTAS ZONAS DEL ECUADOR**

PROVINCIA	CIUDAD	Wh/m <sup>2</sup> .día promedio	ZONA
Carchi	Tulcán	4140	II
Esmeraldas	Esmeraldas	4350	II
Imbabura	Ibarra	4560	IV
Manabí	Portoviejo	4160	III
Pichincha	Quito	4990	IV
Tsachilas	Sto. Domingo	3440	III
Cotopaxi	Latacunga	4420	IV
Napo	Tena	4350	II
Santa Elena	Salinas	4360	II
Guayas	Guayaquil	4370	III
Tungurahua	Ambato	4550	III
Chimborazo	Riobamba	4490	II
Pastaza	Puyo	3800	II
Cañar	Azogues	4500	III
El Oro	Machala	4200	II
Loja	Loja	4350	II
Zamora Chinchipe	Zamora	4350	II
Galápagos	Puerto Ayora	5835	V

Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción No. 10  
Elaborador por: Héctor Terán (2013)

### 2.2.6. Dimensionamiento

Para el diseño del sistema solar térmico los datos de partida necesarios serán la demanda energética del proyecto y los datos climatológicos del lugar.

Se recomienda el uso de método de cálculo con las prestaciones globales definidas por:

- La demanda de energía térmica
- La energía solar térmica aportada
- Las fracciones solares mensuales anuales
- El rendimiento medio anual

La fracción solar anual será determinada de acuerdo a criterios

técnicos y económicos, de conformidad con los términos de esta norma. Se recomienda que sea mínimo del 60% para usos residenciales y del 80% para piscinas.

La fracción solar en ningún mes debe exceder el 100% de cobertura solar.

Los componentes tienen que ser capaces de soportar todos los intervalos de temperaturas que puedan experimentar durante su funcionamiento, así como las variaciones de temperatura en el intervalo de diseño.

El sistema debe ser capaz de soportar periodos en los que no se utilice agua caliente sin deterioro ni de las partes ni del sistema.

Los componentes exteriores que estén expuestos al sol no deben verse afectados en sus propiedades, de manera que perjudique su funcionamiento durante la vida útil del sistema.

#### **2.2.6.1 Dimensionado de los colectores**

El colector solar térmico debe estar homologado por el organismo competente y su curva de eficiencia debe aparecer en la etiqueta.

Es recomendable para una misma instalación el uso de colectores iguales por criterios energéticos y criterios constructivos

El campo de colectores debe tener una inclinación mínima de 5° y máxima de 15° y es recomendable la orientación hacia la línea equinoccial.

##### **a.- Conexiones**

Se conectarán los colectores de preferencia en paralelo; se limita la conexión en serie a tres colectores, siempre y cuando las especificaciones técnicas de los mismos lo permitan.

Por motivos de mantenimiento en filas de más de tres colectores se instalarán válvulas de cierre a la entrada y a la salida.

No se recomienda la instalación de más de seis colectores en una misma fila.

Se debe asegurar el equilibrio hidráulico en todas las filas de colectores, por los métodos apropiados.

#### **b.- Estructura soporte**

TEKNOS (2012), “La estructura tendrá los apoyos necesarios para no transmitir cargas peligrosas al lugar donde se ubiquen los colectores. El material de la estructura debe garantizar una vida útil tan larga como los colectores. Así como realizar un mantenimiento periódico. Se debe evitar el par galvánico entre la estructura y la carcasa de los colectores”(p.14).

#### **2.2.6.2 Dimensionado del termo tanque**

CTE HE4 (2009), se menciona: “Debido a que el agua acumulada será de consumo humano los acumuladores deben asegurar un grado alimentario ya sea mediante un recubrimiento interior o mediante un material que cumpla esta condición”.(p. 16).

De preferencia la acumulación solar estará constituida por un solo depósito por sistema.

El volumen de la acumulación tendrá un valor según el siguiente requisito:  $50 \leq V/Ac \leq 180$

Siendo V el volumen del acumulador y Ac el área de captación; V: l, Ac: m<sup>2</sup>.

Se recomienda la instalación de medidores de presión y temperatura en la parte más alta del acumulador con el fin de la visualización de la temperatura y presión de servicio.

#### **Dimensionado del circuito hidráulico**

CTE HE4 (2009): Se recomienda evitar la formación de sifones invertidos a lo largo de toda la instalación. En caso de que sea inevitable la formación de un sifón invertido, se recomienda la instalación de un purgador de aire en la parte superior del sifón.

La longitud de las tuberías debe ser lo más corta posible, a fin de evitar las

pérdidas térmicas en su recorrido.

Las tuberías por donde circule el fluido caliente deben estar aisladas térmicamente y aquellas que discurran por el exterior deben estar protegidas contra las agresiones ambientales. Se deben proteger para evitar el contacto con las personas. Para evitar ruidos la velocidad del fluido por la tubería no debe superar los 2 m/s. Se recomienda no sobrepasar la pérdida de carga de 30 mm columna de agua por cada metro de tubería.

El sistema debe estar en capacidad de drenarse, ventilarse y llenarse sin atrapamientos de aire.

Si el sistema requiere de una bomba de circulación, esta deberá instalarse en la parte fría del circuito.

Se debe asegurar que el sistema no tenga sobrepresiones producto de la expansión del fluido al calentarse.(p.22).

### **2.2.7 Dimensionamiento de sistemas de apoyo**

Puesto que la energía solar es disponible en forma aleatoria, los SST deben tener un sistema de apoyo o auxiliar. La capacidad del sistema auxiliar debe dimensionarse para que cubra el 100% de la demanda térmica (como si no existiera el SST).

El sistema auxiliar debe entrar en funcionamiento solamente cuando sea estrictamente necesario, de forma que se priorice siempre a la generación solar.

NEC-11 (2011), “Este apoyo auxiliar térmico, se recomienda que sea eléctrico para equipos pequeños residenciales; esto es, para equipos iguales o menores a 720 litros de capacidad.”(p.16).

La potencia recomendada es la siguiente:



**TABLA 2.3 CARACTERÍSTICAS RECOMENDADAS DE SISTEMAS AUXILIARES DE ENERGÍA**

CAPACIDAD DE LOS S.S.T. (EN LITROS)	POTENCIA DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA	VOLTAJE
140	1.500 W	110V
240	1.500 W	110V
320	1.500 W	110V
450	3.000 W	220 V

Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción No. 10

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

GRUPO CALOREX (2009), determina que: “Las instalaciones mayores a 720 litros, el sistema auxiliar recomendable es basado en calentadores a gas, el cual debe tener una potencia suficiente para garantizar la elevación de la temperatura total del volumen de agua, en un máximo de 4 horas” (p. 31).

Este concepto se aplica también para la calefacción del agua de piscinas, en residencias particulares, hoteles, complejos, etc.

### 2.2.8 Irradiación Solar en el Ecuador

En 2008, el Consejo Nacional de Electricidad CONELEC elaboró el Mapa Solar del Ecuador, basado en mediciones satelitales del NREL. La Tabla 2.4 y figura 2.6 muestran dichas mediciones:

**TABLA 2.4 ZONAS DE IRRADIACIÓN SOLAR DEL ECUADOR SEGÚN EL CONELEC**

Zonas	Rango de Radiación Solar (Wh/m <sup>2</sup> /día)
1	3500 - 4050
2	4050 - 4350
3	4350 - 4800
4	4800 - 5250
5	5250 - 5700

Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción No. 10

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

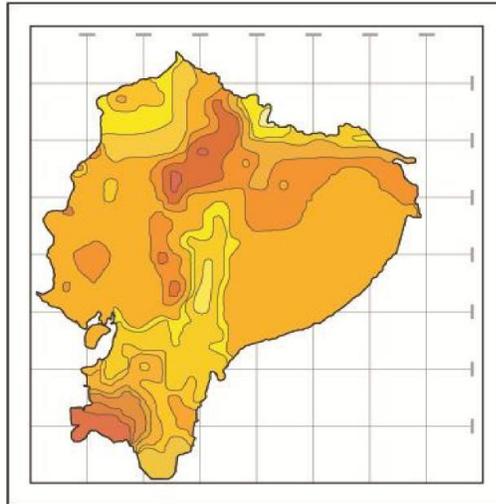


Figura 2.6 Zonas del Ecuador según su irradiación solar.  
Fuente: Norma Ecuatoriana de Construcción No. 10

## 2.2.9 Método de cálculo recomendado

### a.- Cálculo de la demanda energética

La demanda energética se calcula mes a mes, según la tabla de necesidades de ACS

$$L_{TOT} = C \left( \frac{\text{litros}}{\text{Persona y día}} \right) N_H N_M \rho_{H2O} C_{PH2O} (T_{ACS} - T_{red}) \quad (1)$$

Donde:

$\rho_{H2O}$  es la densidad del agua,

$C_{PH2O}$  es la capacidad calorífica del agua (4,18 kJ/kg·K),

$N_M$  son los días del mes,

$N_H$  el número de usuarios y,

$(T_{ACS} - T_{red})$  es el salto térmico entre la temperatura del agua de la red y la temperatura del agua caliente,

Para este caso la impondremos en 60 °C. (NEC-10, 2008).

### 2.2.10 Elección de los Colectores

Debido a que no existe en nuestro país un laboratorio de homologación de colectores solares y que para la mayoría de colectores de fabricación local no conocemos su curva de rendimiento, se ha supuesto un rendimiento estándar dado por los siguientes valores:

$$\eta = Fr(\tau\alpha)_n - FrU_L \frac{(T_e - T_a)}{I_z} = 0.75 - 0.45 \frac{(T_e - T_a)}{I_z} \quad (2)$$

La inclinación que se ha considerado es de 5° el mínimo admisible para garantizar la no acumulación de suciedades en la cubierta de los colectores y la orientación directamente hacia la línea ecuatorial, en este caso el norte. Cabe señalar que por nuestra situación geográfica (latitudes entre 4° de latitud sur hasta 2° de latitud norte) la orientación es prácticamente irrelevante.

### 2.3. Marco legal vigente

El marco legal para los sistemas de calentamiento de solar en el Ecuador fue basado en el Código técnico de la edificación sección HE4 de España, es así que en nuestro país la norma legal vigente es la Norma Ecuatoriana de Construcción No. 10 parte 14-1 “Energía Renovable” Sistemas de Calentamiento solar para uso sanitario en el Ecuador.

#### 2.3.1. Norma Ecuatoriana de Construcción No. 10 parte 14-1 “Energía Renovable” Sistemas de Calentamiento solar para uso sanitario en el Ecuador

MIDUVI (2008), según su normativa para construir menciona: “el establecimiento de las especificaciones técnicas mínimas de fabricación e instalación, y guías para el dimensionamiento que deben cumplir los Sistemas Solares Térmicos (SST) para calentamiento de agua en aplicaciones menores a 100 °C, respecto de los

aspectos técnicos, clasificación, descripción, dimensionamiento, componentes, ensayos de homologación y etiquetado. “ (p.06).

Establece además, la información que debe entregar el fabricante con sus equipos y las consideraciones de seguridad para los usuarios de los SST, así como a los sistemas de calentamiento de agua sanitaria (ACS) con energía solar en edificaciones públicas y privadas para uso residencial, comercial, deportivo, servicios, aplicaciones industriales y otras.

#### 2.4. Definición de Términos Básicos

- **Ángulo de incidencia.** Es el ángulo entre la radiación solar directa y la normal al plano de abertura.
- **Ángulos de inclinación del colector.** Angulo menor entre el plano de abertura de un colector solar y el plano horizontal.
- **Campo de colectores.** Suma total de las áreas de apertura de los colectores individuales.
- **Energía solar disponible.** Cantidad de radiación solar promedio diaria o mensual registrada estadísticamente, a partir de las mediciones en cierto lugar geográfico.
- **Irradiación o radiación solar.** Energía proveniente del Sol que incide sobre una superficie de un metro cuadrado en la superficie de la Tierra. Esta irradiación es la suma de la radiación directa, indirecta, reflejada, difusa y esparcida en la atmósfera.
- **Sistema convencional de calentamiento de agua.** Equipo que se utiliza para calentar agua, mediante combustibles fósiles o electricidad.
- **Sistema Solar Térmico (SST).** Conjunto de dispositivos que transforman la radiación solar en energía térmica, que puede ser absorbida por un fluido de trabajo para diversas aplicaciones.
- **Tanque de almacenamiento o termotanque.** Dispositivo que recibe y almacena el agua que se ha calentado en el colector, para su uso sanitario.

## **2.5. Conclusión del capítulo**

A partir de del análisis le las bibliografías consultadas se pudo constatar la importancia del Sistema Solar de Calentamiento y el Balance energético, quedando con ello estructurada la base teórica de la investigación

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

En este capítulo presento la metodología para el desarrollo del diseño de la investigación, el enfoque metodológico, la modalidad, el tipo de investigación; por la característica técnica que dispone la investigación, se presenta el proceso de medición y levantamiento de la información a través de equipos especializados.

### **3.1 Modalidad de investigación.**

#### **3.1.1 Investigación bibliográfica**

ATEHORTÚA Y ZWERG (2012), menciona que: “La investigación bibliográfica es la herramienta para conocer lo que nos rodea y su carácter universal y la investigación científica es un proceso, dinámico, cambiante y continuo” (p. 92)

Para la presente investigación es necesario poseer conocimientos sólidos sobre condiciones generales de instalación, familias y denominación del gas, clasificación de instalaciones, tuberías, accesorios, instalación de equipos e instrumentos de control y medición que se encuentran definidos en la norma NEC 10 parte 14-1 “Energía Renovable” Sistemas de Calentamiento solar para uso sanitario en el Ecuador.

#### **3.1.2 Investigación de campo**

La investigación de campo inicio con la visita a la administración del edificio Centauro ubicado en la Avenida de Eloy Alfaro y General Montero con el fin de recopilar la información sobre datos históricos sobre el consumo de agua potable, energía eléctrica y GLP desde el año 2008 al 2012. De los cuales se tomó el consumo mensual y anual de los portadores energéticos del sistema de calentamiento de agua los cuales se encuentran detallados en el numeral 3.9.

Para el año 2013 se realizaron las mediciones de temperatura consumo de agua potable, energía eléctrica y GLP considerando el consumo de las familias que habitan en el edificio Centauro, esto es tres veces al día (6,12 y 20 horas) durante la

primera semana de cada mes utilizando las técnicas e instrumentos planteados en la matriz de Operacionalización, las cuales se encuentran detallados en el numeral 3.8.

### **3.1.3 Factibilidad**

El proyecto fue factible porque ayudo a conservar y mejorar la eficiencia en consumos energéticos limpios, contribuyo a mitigar el efecto invernadero que se encuentran en políticas de estado establecidas, el costo del proyecto fue accesible ya que no se necesitó de recursos económicos onerosos porque se basó en sistemas híbridos de calentamiento y se contó con acceso libre a la información e instalaciones del edificio.

## **3.2 Forma y Nivel de investigación**

### **3.2.1 Investigación aplicada**

La forma de investigación del proyecto fue APLICADA ya que la propuesta de sistema de calentamiento de agua hibrido GLP –Solar contribuye a la eficiencia de recursos económicos, pero sobre todo se dejó un referente sobre la alternativa de uso de energía solar para las futuras construcciones exigidas por parte del Gobiernos Autónomo Descentralizado de la ciudad de Latacunga.

### **3.2.2 Nivel perceptual**

Se utilizó el nivel PERCEPTUAL ya que permito explorar el sistema de calentamiento actual del edificio Centauro con el fin de determinar las causas principales que ocasionan el alto costo por consumo de GLP en las familias que habitan en el edificio.

### **3.2.3 Nivel aprehensivo**

Se utilizó el nivel APREHENSIVO ya que permitió tener en cuenta datos adquiridos y compararlos con indicadores normalizados para edificios lo que determina cuál es la alternativa más viable para el diseño y simulación mediante software del sistema de calentamiento de agua.

### **3.3. Tipo de Investigación**

#### **3.3.1 Investigación proyectiva**

El proyecto se desarrolló bajo la investigación PROYECTIVA ya que se diseñó y simuló mediante software el sistema híbrido de calentamiento de agua con GLP y energía solar, partiendo del diagnóstico y análisis del sistema actual de calentamiento de agua con GLP, con el fin de disminuir el costo de facturación por GLP y dejar un referente sobre la alternativa de uso de energía solar para las futuras construcciones exigidas por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado de la ciudad de Latacunga

### **3.4 Metodología**

#### **Metodología Experimental**

En el proyecto utilizo la metodología EXPERIMENTAL porque se manipulan las variables establecidas de los portadores energéticos del sistema de calentamiento de agua potable con el fin de obtener mediante la simulación con software varias propuestas y determinar la alternativa más idónea para disminuir el alto costo en consumo de GLP.

### **3.5 Unidad de Estudio**

#### **3.5.1 Población**

OSTLE (2002), determina que: “En sentido estadístico un elemento puede ser algo con existencia real, como un automóvil o una casa, o algo más abstracto como la temperatura, un voto, o un intervalo de tiempo” (p.21)

El proyecto se dirigió a los 16 departamentos del edificio CENTAURO en Latacunga el cual tiene 8 plantas con dos departamentos en cada planta y en cada uno viven familias en promedio de 3 personas, es importante mencionar que para

seleccionar la muestra se necesita mínimo de 100 elementos para aplicar un criterio de selección, a continuación se muestra la población antes mencionada:

**TABLA 3.1 POBLACIÓN DEL EDIFICIO CENTAURO**

<b>No. PLANTA</b>	<b>No. Dpto</b>	<b>Nombre Familia</b>	<b>No. Habitantes</b>
Planta 1	D.101	Sánchez Gaibor	4
	D.102	Herrera Falcón	2
Planta 2	D.201	Brito Corrales	3
	D.202	Molina Vaca	2
Planta 3	D.301	Salinas Varela	4
	D.302	Checa Pazmiño	3
Planta 4	D.401	Álvarez Bichette	3
	D.402	Medina Morales	2
Planta 5	D.501	Jácome Andrade	4
	D.502	Karolys Ponce	3
Planta 6	D.601	Vasco Gutiérrez	3
	D.602	Holguín Varela	2
Planta 7	D.701	Sevilla Callejas	3
	D.702	Padilla Sevilla	4
Planta 8	D.801	Luna Defaz	3
	D.802	Mejía Calache	3
<b>PROMEDIO</b>			3
<b>TOTAL</b>			48

Fuente: Investigación de campo, Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

### **3.6 Métodos y técnicas a ser empleadas**

#### **3.6.1 Métodos**

##### **a.- Método Analítico**

Se utilizó el método analítico con el fin de analizar puntualmente cada portador energético obtenido en el proceso de adquisición de datos históricos de los últimos cinco años en conjunto con la medición de los seis meses del año en curso para

determinar tendencias y variables presentes en el entorno del edificio enfocados a la necesidad, tipo, localización, y deducir la causa y efecto para enfrentar directamente el problema de costo elevado por calentamiento de agua con GLP.

### **3.6.2. Técnicas**

#### **a. Medición**

MÉNDEZ (2001), en su trabajo menciona que: “Es la comparación que se establece entre una cierta cantidad y su correspondiente unidad para determinar cuántas veces dicha unidad se encuentra contenida en la cantidad en cuestión” (p.35).

Esta técnica de investigación se utilizó para medir los portadores energéticos que son necesarios para el calentamiento de agua sanitaria en el edificio. Así tenemos para la medición del consumo promedio de agua por familia se utilizó un flujometro; para el consumo de GLP promedio por familia se utilizó un contador de GLP, para el consumo de energía eléctrica del motor de la bomba de agua se utilizó un analizador de redes directamente conectado finalmente para medir la temperatura se utilizó una termocupla tipo k, todas las mediciones se realizaron tres veces al día durante las primeras semanas de cada mes.

#### **b. Observación**

Esta técnica de investigación fue necesaria para recopilar información en lo referente a la situación actual de las instalaciones (GLP) e infraestructura del edificio, las condiciones generales de la instalación, tipo de instalación, el estado de las tuberías, accesorios empleados, instrumentos de control y medición para proponer la adecuación del sistema de calentamiento de agua híbrido.

### 3.7 Operacionalización de variables

**TABLA 3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE DE LA INVESTIGACIÓN**

VARIABLE INDEPENDIENTE:		Calentamiento de agua sanitaria (ACS)			
Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Es un proceso termodinámico que usa energía para elevar la temperatura del agua y utilizarla en actividades domésticas, comerciales e Industriales.	Portadores energéticos (agua, glp, energía eléctrica)	Consumo promedio de agua por familia	m <sup>3</sup>	Medición	Flujómetro
		Consumo de glp promedio por familia	kg	Medición	Contador
		Consumo de energía eléctrica del motor de la bomba de agua	kW	Medición	Analizador de redes
	Energía requerida	Potencia de calentamiento	kW	Cálculos	Ecuaciones
	Calentadores glp	Emisiones vertidas CO <sub>2</sub>	m <sup>3</sup>	Cálculos	Ecuaciones

Fuente: Héctor Terán (2013)

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**TABLA 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE DE LA INVESTIGACIÓN**

VARIABLE DEPENDIENTE:		Balance energético			
Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Es la determinación de la cantidad de energía que consume el sistema vs la cantidad de energía que entrega, tomando en cuenta perdidas".	Perdidas de energía	Temperatura	°C	Medición	Termocupla
	Contribución al consumo mínimo	Relación V/A	L/m <sup>2</sup>	Cálculos	Ecuaciones
	Pre factibilidad	Costo	\$	Cálculos	Ecuaciones

Fuente: Héctor Terán (2013)

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

### **3.8. Procedimientos de la investigación**

Tomando en cuenta los objetivos planteados para la evaluación energética del sistema de calentamiento de agua con la utilización de GLP del edificio Centauro; se caracterizó las variables establecidas en la Matriz de Operacionalización:

#### **3.8.1 Obtención del consumo anual de agua potable**

Para la obtención del consumo anual de agua potable de 5 años anteriores (2008-2012), se procedió a solicitar en la administración del edificio CENTAURO a cargo de la Dra. Paola Padilla las cartillas de pago de agua por departamento y se estableció la generación de datos (Figura 3.1).



Figura 3.1. Administradora de Edificio (Dra. Paola Padilla)  
Fuente: Héctor Terán (2013)

Para la obtención del consumo mensual de agua potable del año 2013, se procedió a tomar lecturas con el medidor de flujo general del edificio, cada fin de mes desde el de Enero a Junio para comparar datos históricos lógicos con los actuales. (Figura 3.2).

Las especificaciones del medidor modelo ACTARIS, se detallan en la tabla 3.4.

**TABLA 3.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MEDIDOR FLUJO ACTARIS**

ESPECIFICACIONES	DATOS
MARCA	ACTARIS
ACOPLE	TM. 3/4'' Rosca igual
APLICACIÓN	Medidor fabricado especialmente para consumos residenciales de agua potable hasta 80° C.
PRESIÓN MÁXIMA:	16 bar.

Fuente: EPMAPAL (2013)

Elaborador por: Héctor Terán (2013)



Figura 3.2. Medición del consumo de agua con medidor de flujo general del Edificio.

Fuente: Héctor Terán (2013)

### **3.8.2 Obtención del consumo anual de energía eléctrica (MOTOR BOMBA)**

En el edificio CENTAURO se procedió a solicitar las cartillas de pago de energía eléctrica adjudicado solamente con el medidor Nro. 17438 que se encuentra

únicamente conectado al motor de la bomba de agua, por lo cual se procedió a generar datos.

Para el consumo mensual del año 2013 desde Enero hasta Junio se procedió a medir con el analizador de redes POWER PAD 3945-B con las siguientes características. Figura 3.3.

<b>ESPECIFICACIONES</b>	
<b>MODELO</b>	<b>3945-B</b>
<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b>	
<b>Tasa de muestreo</b>	256 muestras/ciclo
<b>Almacenamiento de datos</b>	4 MB con partición para función de impresión de pantalla, transitorios, alarmas y registro de tendencias
<b>Tensión (TRMS)</b>	Fase - Fase: 960 V, Fase - Neutro: 480 V
<b>Corriente (TRMS)</b>	Pinza MN: 5 mA a 6 A/1 a 120 A Pinza MR: 10 a 1000 Aca, 10 a 1400 Acc Pinza SR: 3 a 1200 A MiniFlex®: 10 a 1000 A AmpFlex®: 10 a 6500 A <sup>(1)</sup>
<b>Frecuencia (Hz)</b>	40 a 69 Hz
<b>Otras mediciones</b>	kW, kVAR, factor de potencia (PF), factor de potencia de desplazamiento (FPD), kWh, kVARh, kVAh, factor K, flicker
<b>Armónicos</b>	1° a 50°, dirección, secuencia
<b>Fuente de alimentación</b>	Conjunto de baterías de NIMH de 9,6 V recargables (incluido) Fuente de CA: 110/230 Vca ±20% (50/60 Hz)
<b>CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS</b>	
<b>Puerto de comunicaciones</b>	RS-232 con acoplamiento óptico
<b>Pantalla</b>	LCD a color ¼ VGA (320 x 240)
<b>Dimensiones</b>	240 x 180 x 55 mm (9,5 x 7 x 2 pulg.)

Figura 3.3. Características técnicas del analizador de redes.

Fuente: Héctor Terán (2013)

Se configuro al equipo para una conexión AC bifásica, con pinzas para censar la corriente, frecuencia a 60 Hz, lecturas de voltaje y potencia. Figura 3.4.

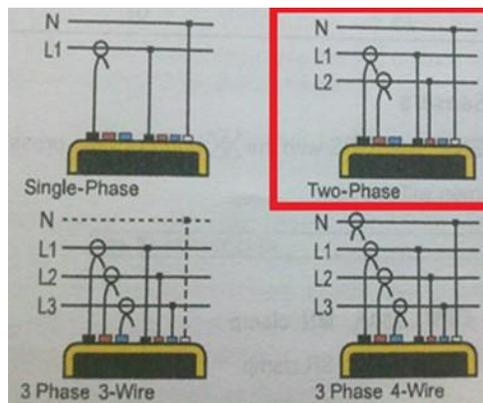


Figura 3.4. Configuración de los parámetros del analizador.

Fuente: Héctor Terán (2013)

Se procedió a la instalación de equipo en la red la bomba Figura 3.5, tomando en cuenta que las pinzas por seguridad estén en el rango adecuado de corriente.



Figura 3.5. Instalación del analizador de redes.

Fuente: Héctor Terán (2013)

Secuencialmente se midió la potencia de consumo una vez transcurrido un día completo para lograr el promedio kWh. Figura 3.6



Figura 3.6. Lectura de los parámetros del analizador.

Fuente: Héctor Terán (2013)

### 3.8.3 Obtención del consumo anual de GLP

Para la obtención del consumo anual de GLP (45 Kg de 5 años anteriores (2008-2012), se procedió a solicitar en la administración del edificio CENTAURO a cargo de la Dra. Paola Padilla las facturas de cancelación, generando datos para análisis

Para la obtención del consumo mensual de GLP del año 2013, se procedió a tomar lecturas con el contador de gas marca METREX DAESUN del edificio, desde Enero a Junio para comparar datos históricos lógicos con los actuales. (Figura 3.7).



Figura 3.7. Facturas de cancelación Gas GPL 45 Kg.

Fuente: Héctor Terán (2013)

Los medidores de gas se encuentran regulados según la norma UNE 60510, y en nuestro país para su utilización se remitió a la norma ecuatoriana NTE INEN 2260:2008, en donde se citan los tipos de contadores, la formas de instalarlos y la ubicación en las edificaciones residenciales . (Figura 3.8).



Figura 3.8. Medición del consumo de GLP .

Fuente: Héctor Terán (2013)

Las especificaciones del medidor modelo METREX, DAESUN se detallan en la tabla 3.5

**TABLA 3.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONTADOR GLP**

ESPECIFICACIONES	DATOS
MEDICIÓN	Gas natural , GLP y otros gases no corrosivos
CALIBRE INTERNACIONAL	G1.6
VOLUMEN CÍCLICO	0.7 dm <sup>3</sup>
PRESIÓN MÁXIMA:	1 bar.
Qmín/Qmax	0.016 m <sup>3</sup> /h. / 3.0 m <sup>3</sup> /h.

Fuente ecuatoriana NTE INEN 2260:2008

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

### 3.8.4 Obtención de la temperatura del sistema (ACS) del año 2013

Las mediciones de la temperatura se realizaron la primera semana de cada mes desde Enero a Junio en horarios habituales de uso 6:00 (baño diario- desayuno), 14:00 (lavado de vajilla) y 20:00 (aseo personal, limpieza general); además cada fin de semana se adiciona el lavado de prendas de vestir por parte las familias que habitan en el edificio CENTAURO.

Para esto se utilizó una termocupla tipo K con un rango de (-50 a 400 °C ). (Figura 3.09)



Figura 3.09 Medición de Temperatura con termocupla Tipo K

Fuente: Héctor Terán (2013)

### **3.8.5 Obtención de la demanda energética del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).**

La demanda energética se calculó mes a mes, según la tabla 3.6 de necesidades de ACS y mediante la siguiente ecuación:

$$L_{TOT} = C \left( \frac{\text{litros}}{\text{Persona y día}} \right) N_H N_M \rho_{H_2O} C_{PH_2O} (T_{ACS} - T_{red}) \quad (3)$$

Donde:

$\rho_{H_2O}$  es la densidad del agua,

$C_{PH_2O}$  es la capacidad calorífica del agua (4,18 kJ/kg·K),

$N_M$  son los días del mes,

$N_H$  el número de usuarios y,

$(T_{ACS} - T_{red})$  es el salto térmico entre la temperatura del agua de la red y la temperatura del agua caliente,

Para este caso la impondremos en 60 °C. (NEC-10, 2008).

**a. Demanda total diaria de ACS (litros /día)**

Para cada tipo de uso del edificio se determina el consumo de ACS (a 60 °C). A continuación se muestran datos de consumo de agua caliente sanitaria por día y por persona para varias aplicaciones.

**TABLA 3.6 VALORES DE DEMANDA DE ACS**

<b>CRITERIO DE CONSUMO</b>	<b>Fuente: CTE , litros acs/día a 60 °c</b>	
VIVIENDAS UNIFAMILIARES	30	POR PERSONA
VIVIENDAS MULTIFAMILIARES	22	POR PERSONA

Fuente: NEC-10 (2008)

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**b. Estimación el número de personas en viviendas**

En el uso residencial vivienda el cálculo del número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando como valores mínimos de la tabla 3.7 los que se relacionan a continuación:

**TABLA 3.7 ESTIMACIÓN NUMERO VIVIENDAS POR PERSONA**

N dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	Más de 7
N. personas	1,5	3	4	6	7	8	9	N ro dormitorios

Fuente: CTE HE-4 (2009)  
 Elaborador por: Héctor Terán (2013)

Entonces:

**TABLA 3.8 CONSUMO DIARIO MULTIFAMILIAR**

<b>CONSUMO DIARIO MULTIFAMILIAR DE AGUA CALIENTE SANITARIA EDIFICIO CENTAURO</b>				
<b>PLANTAS</b>	<b>Departamentos</b>	<b>Dormitorios</b>	<b>Personas por departamento</b>	<b>Personas</b>
<b>PLANTA 1</b>	1	3	4	4
	1	3	4	4
<b>PLANTA 2</b>	1	3	4	4
	1	3	4	4
<b>PLANTA 3</b>	1	3	4	4
	1	3	4	4
<b>PLANTA 4</b>	1	3	4	4
	1	3	4	4
<b>PLANTA 5</b>	1	3	4	4
	1	3	4	4
<b>PLANTA 6</b>	1	3	4	4
	1	3	4	4
<b>PLANTA 7</b>	1	3	4	4
	1	3	4	4
<b>PLANTA 8</b>	1	3	4	4
	1	3	4	4
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>48</b>		<b>64</b>
<b>Consumo diario de una vivienda multifamiliar= n° de personas X 22L.</b>				
<b>TOTAL</b>			<b>1,408.0 l/día para 64 personas</b>	
Los 22 litros de ACS/día a 60°C se han calculado a partir de la tabla 1 (Consumo unitario diario medio) de la norma UNE 94002:2005 “Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética”				

Fuente: UNE 94002 (2005)  
 Elaborador por: Héctor Terán (2013)

Para determinar la demanda energética del sistema requerido con una temperatura de red promedio a 14°C , una temperatura de consumo a 60°C , y los datos antes calculados para factores de diseño se propuso la ecuación (3.1) inmersa por norma CTE HE-4 en el software Schuco- Chart Energy Version 1.31 actualizado año 2013 (Especializado en dimensionamiento de sistemas de calentamiento de agua sanitaria).Figura (3.10).

**SCHÜCO-CHART** Versión 1.31  
2013

**CÁLCULO DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS**

DATOS DEL CLIENTE				LOCALIZACIÓN DE LA OBRA			
Empresa	EDIFICIO CENTAURO			Nombre del proyecto	TESIS		
Persona de contacto	LIGUIA DEL PILAR SALAS			Provincia	COTOPAXI		
Teléfono	32812009			Latitud	0.92 ° S		
Fax	32812009			Zona climática (CTE)	III <small>Datos meteorológicos según UNE 94002 y 94003</small>		
e-mail	lgsalas@hotmail.com						

TEMPERATURA DE RED													
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
UNE 94002 o valor definido	13.0	14.0	14.0	14.0	15.0	15.0	14.0	13.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
Definir valor	13.0	14.0	14.0	14.0	15.0	15.0	14.0	13.0	14.0	14.0	14.0	14.0	

AGUA CALIENTE SANITARIA		CLIMATIZACIÓN DE PISCINA	
<b>DATOS BÁSICOS DE DIMENSIONAMIENTO</b>		<b>DATOS BÁSICOS DE DIMENSIONAMIENTO</b>	
Normativa a aplicar	CTE	INSTALACIÓN	NINGUNA
INSTALACIÓN	Vivienda multifamiliar	Temperatura	30 aconsejada
Nº Uds. Consumo	64	Tª seleccionada	°C
Temperatura de acumulación	60 °C	Superficie	m2
Temperatura de consumo	60 °C	Volumen	m3
Demanda de 22 litros por persona y día a 60 °C		Ubicación	
Demanda seleccionada	22 litros por persona y día a 60 °C	Humedad relativa	%
Demanda a 60 °C	1.408 L/día		

Figura 3.10. Datos inmersos, cálculo de las demandas energéticas software Schuco – Chart Energy .

### 3.8.6 Obtención de la contribución mínima de consumo requerida (V/A) del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).

#### a. Relación V/A del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).

El sistema de calentamiento se concibió en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se proveyó una acumulación acorde con la demanda al no ser ésta simultánea con la generación.

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

$$50 \leq \frac{V}{Ac} \leq 180 \quad (4)$$

Siendo:

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

V el volumen del depósito de acumulación solar [litros].

Se llegó a determinar esta relación tomando en cuenta el dimensionamiento los siguientes factores:

- Exigencias de la instalación solar térmica
- Dimensionado del termotanque acumulador

#### **b. Exigencias de la instalación solar térmica**

Son criterios mínimos, que pueden ser ampliados voluntariamente, o como disposiciones distadas por las administraciones competentes.

La exigencia de **contribución solar mínima** depende de:

##### **a) La fuente de energía de apoyo:**

- Gasóleo, propano, gas natural, u otras.
- Efecto Joule (resistencias eléctricas, por ejemplo un termoeléctrico)

Para el Proyecto en el Edificio Centauro las instalaciones cuentan con sistemas de calentamiento con fuente de energía (**PROPANO**)

**b) Zona climática**

Se establecen 5 zonas climáticas en Ecuador:

Zona I, zona de mínima radiación solar global (kWh/m<sup>2</sup>).

Zona V, zona de máxima radiación solar global (kWh/m<sup>2</sup>).

Con lo mencionado anteriormente en las tablas del Capítulo 2 se determina:

**TABLA 3.9 IRRADIACIÓN SOLAR PARA LA ZONA APLICADA**

<b>IRRADIACIÓN SOLAR SEGÚN ZONA DEL ECUADOR</b>			
	Zona III:	4350 a 4800	
<b>VALOR PROMEDIO DE IRRADIACIÓN SOLAR</b>			
<b>PROVINCIA</b>	<b>CIUDAD</b>	<b>Wh/m<sup>2</sup>.día promedio</b>	<b>ZONA</b>
Cotopaxi	Latacunga	4420	III

Fuente: NEC-10 parte 14-1 ENERGÍA RENOVABLE , Sistemas de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario en el Ecuador (2008).  
Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**c) Contribución solar mínima .Caso general**

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual, obtenidos a partir de los valores mensuales. En las tablas 3.10 y 3.11 se indican, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria (ACS) a una temperatura de referencia de 60 °C, la contribución solar mínima anual, se consideró los siguientes casos:

- general: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea

gasóleo, propano, gas natural, u otras;

- efecto Joule: suponiendo que la fuente energética de apoyo sea electricidad mediante efecto Joule.

**TABLA 3.10 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA EN %. CASO GENERAL**

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Contribución solar mínima %					
	Zona climática					
	I	II	III	IV	V	Min. 2 meses
50-5.000						
5.000-6.000	30	30	50	50	70	20
6.000-7.000	30	30	55	55	70	30
7.000-8.000	30	35	55	55	70	30
8.000-9.000	30	45	60	60	70	35
9.000-10.000	30	52	65	60	70	35
10.000-12.500	30	55	70	65	70	40
12.500-15.000	30	65	70	65	70	40
15.000-17.500	30	70	70	65	70	40
17.500-20.000	35	70	70	65	70	40
> 20.000	45	70	70	65	70	40
	52	70	70	65	70	40

Fuente: NEC-10 parte 14-1 ENERGÍA RENOVABLE, Sistemas de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario en el ecuador (2008).

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

#### d) Casos de montaje

- Superposición sobre el tejado.- Cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio.

- Arquitectónica en el tejado.- Cuando los módulos cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales o son constituyentes de la composición arquitectónica.
- General sobre terraza.- En donde deberán tener una determinada inclinación los captadores de acuerdo a la zona y a la posición con respecto al sol.

**e) Pérdidas por orientación e inclinación**

Dependen de la desviación de la localidad del Sur (azimut) y de la inclinación óptima.

Según el caso se permite distintas pérdidas por orientación e inclinación, sombras y el total (sumas de ambas) así se obtiene según la Tabla 3.11:

**TABLA 3.11. PERDIDAS LÍMITE**

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Fuente: CTE HE-4 (2009)

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

Hay que tener en cuenta también el ángulo de inclinación del colector para aprovechar la mayor cantidad de energía solar durante el año, y por labores de limpieza; en el Ecuador, éste ángulo de inclinación puede ser hasta **15°**. La orientación del colector deberá ser hacia la línea equinoccial, para tener la mayor energía anual del sol (NEC-10, 2008).

Para el cálculo exacto de pérdidas por inclinación y orientación se utilizó las siguientes ecuaciones, con los ángulos antes mencionados:

$$Perdidas (\%) = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4}] \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \alpha^2 \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ \quad (5)$$

$$Perdidas (\%) = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4}] \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 \quad \text{para } \beta \leq 90^\circ \quad (6)$$

Datos:

$\beta = 15^\circ =$  Inclinación

$\beta_{optimo} = 0.92^\circ =$  Latitud Latacunga

$\alpha = 0^\circ =$  Orientación anual

Para determinar las pérdidas por inclinación y orientación se propuso la ecuación (6) inmersa por norma CTE HE-4 en el software Schuco- Chart Losses Energy Version 2.0 actualizado año 2013 (Especializado en pérdidas de sistemas de calentamiento de agua sanitaria).

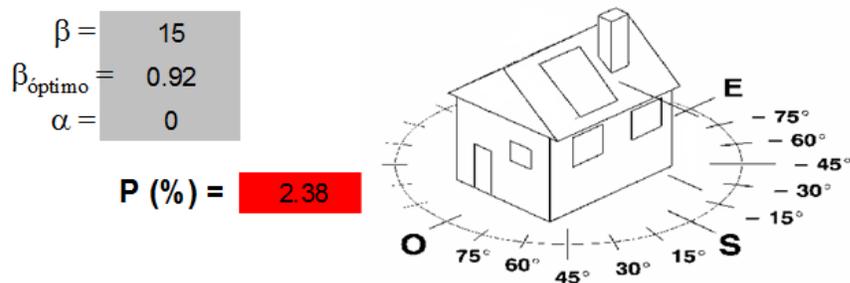


Figura 3.11. Cálculos de pérdidas por inclinación y orientación en software Schuco-Chart Losses Energy Version 2.0.

Fuente: Héctor Terán (2013)

#### f) Cálculo de pérdidas de radiación solar por sombras

El presente apartado describe un método de cálculo de las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circundantes. Tales pérdidas se expresan como porcentaje de la radiación solar global que incidiría sobre la mencionada superficie, de no existir sombra alguna.

El procedimiento consistió en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del sol. Los pasos a seguir fueron los siguientes:

1. Localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición acimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal).
2. Representación del perfil de obstáculos en el diagrama general de la figura 3.12, en el que se muestra la banda de trayectorias del sol a lo largo de todo el año. Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2, ..., D14).
3. Cada una de las porciones de la figura 3.12 representa el recorrido del sol en un cierto periodo de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio

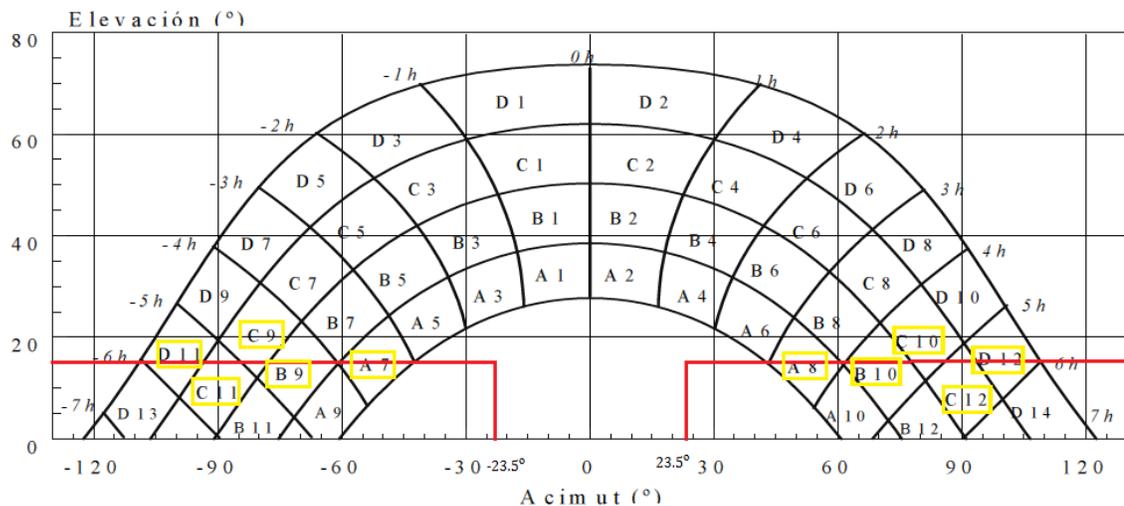


Figura 3.12. Cálculos perdidas por sombras con los ángulos el panel solar.

Fuente: Héctor Terán (2013)

4. Así, cuando un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquélla que resulte interceptada por el obstáculo. Debe escogerse para el cálculo la tabla de referencia adecuada de acuerdo a los ángulos del panel. (CTE HE-4, 2009).

**TABLA 3.12. PERDIDAS POR SOMBRAS (%)**

	$\beta=35^\circ ; \alpha=0^\circ$				$\beta=15^\circ ; \alpha=0^\circ$				$\beta=90^\circ ; \alpha=0^\circ$				$\beta=35^\circ ; \alpha=30^\circ$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,10
11	0,00	0,01	0,12	0,44	0,00	0,01	0,18	1,05	0,00	0,01	0,02	0,15	0,00	0,00	0,03	0,06
9	0,13	0,41	0,62	1,49	0,05	0,32	0,70	2,23	0,23	0,50	0,37	0,10	0,02	0,10	0,19	0,56
7	1,00	0,95	1,27	2,76	0,52	0,77	1,32	3,56	1,66	1,06	0,93	0,78	0,54	0,55	0,78	1,80
5	1,84	1,50	1,83	3,87	1,11	1,26	1,85	4,66	2,76	1,62	1,43	1,68	1,32	1,12	1,40	3,06
3	2,70	1,88	2,21	4,67	1,75	1,60	2,20	5,44	3,83	2,00	1,77	2,36	2,24	1,60	1,92	4,14
1	3,17	2,12	2,43	5,04	2,10	1,81	2,40	5,78	4,36	2,23	1,98	2,69	2,89	1,98	2,31	4,87
2	3,17	2,12	2,33	4,99	2,11	1,80	2,30	5,73	4,40	2,23	1,91	2,66	3,16	2,15	2,40	5,20
4	2,70	1,89	2,01	4,46	1,75	1,61	2,00	5,19	3,82	2,01	1,62	2,26	2,93	2,08	2,23	5,02
6	1,79	1,51	1,65	3,63	1,09	1,26	1,65	4,37	2,68	1,62	1,30	1,58	2,14	1,82	2,00	4,46
8	0,98	0,99	1,08	2,55	0,51	0,82	1,11	3,28	1,62	1,09	0,79	0,74	1,33	1,36	1,48	3,54
10	0,11	0,42	0,52	1,33	0,05	0,33	0,57	1,98	0,19	0,49	0,32	0,10	0,18	0,71	0,88	2,26
12	0,00	0,02	0,10	0,40	0,00	0,02	0,15	0,96	0,00	0,02	0,02	0,13	0,00	0,06	0,32	1,17
14	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,22

Fuente: NEC-10 parte 14-1 ENERGÍA RENOVABLE, Sistemas de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario en el Ecuador (2008).

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

### g) Cálculo de separación entre líneas para evitar pérdidas por sombras

La separación entre líneas de colectores para evitar sombras se calculó con la ecuación:

$$d = \frac{1}{\tan} 67^\circ - \text{latitud}$$

(7)

Se tomó en cuenta las distancias:

- D1 = De un obstáculo a la primera fila de captadores
- D2 = Entre 2 filas de captadores.
- D3 = Entre la penúltima y la última fila de captadores si esta última esta elevada.

Para determinar las líneas por pérdidas de sombras se propuso la ecuación (7) inmersa por norma CTE HE-4 en el software Schuco- Chart Losses Energy Version 2.0 actualizado año 2013 (Especializado en pérdidas de sistemas de calentamiento de agua sanitaria).

**TABLA 3.13. CALCULO LONGITUDES MÍNIMAS PARA EVITAR PÉRDIDAS POR SOMBRAS (%)**

<b>DATOS:</b>		<b>RESULTADO</b>		
Localidad:	Latacunga	Tad	d	1.41 a 1.73
Latitud:	0.92 S	Distancia primera fila a obstáculo vertical	D1	0.58
Altura obstáculo vertical: paredes adyacentes	1	Distancia entre filas al mismo nivel::	D2	2.4
Longitud captador:	2.15	Distancia entre fila y fila sobre elevada:	D3	2.11
Inclinación captador:	15		h	0.5565
Altura elevación captador:	0.5	Proyección del captador	x	2.0767
			h3	0.0565
			d2	0.3202
			d3	0.03225

Fuente: software Schuco- Chart Losses Energy Version 2.0 (2009)  
Elaborador por: Héctor Terán (2013)

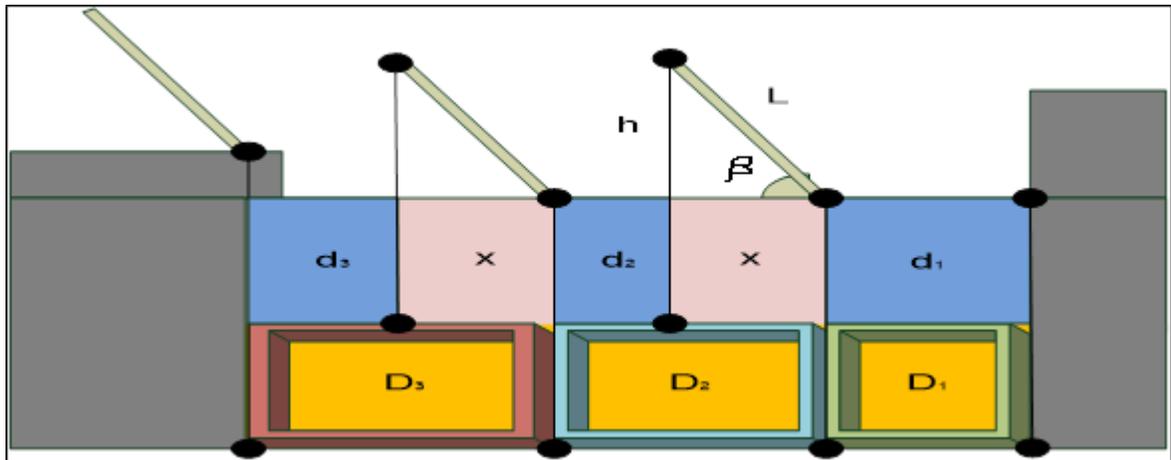


Figura 3.13. Cálculos de separación entre líneas para evitar pérdidas por sombras.

#### h) Cálculo del campo de captación (SISTEMA ACS ACTUAL DEL EDIFICIO).

Para determinar este factor, se tuvo en cuenta los valores antes calculados:

- Contribución solar mínima (60%)
- Tipos de captadores CIE 220 CH2
- Número de personas de consumo
- Temperatura acumulación
- Temperatura consumo

Para determinar el campo por norma CTE HE-4 se lo realizó con software Schuco- Chart Losses Energy Version 2.0 actualizado año 2013 (Especializado en pérdidas de sistemas de calentamiento de agua sanitaria).

Se realizó este análisis con el sistema de calentamiento de agua (ACS) actualmente en el edificio, con las Opciones 65%, 70% .

**SCHUCO-CHART** Versión 1.31  
2013

**CÁLCULO DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS**

DATOS DEL CLIENTE		LOCALIZACIÓN DE LA OBRA	
Empresa	EDIFICIO CENTAURO	Nombre del proyecto	ITESIS
Persona de contacto	LIGUIA DEL PILAR SALAS	Provincia	COTOPAXI
Teléfono	32812009	Latitud	0.92 ° S
Fax	32812009	Zona climática (CTE)	III <small>Datos meteorológicos según UNE 94002 y 94003</small>
e-mail	lgsalas@hotmail.com		

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
UNE 94002 e valor definido	13.0	14.0	14.0	14.0	15.0	15.0	14.0	13.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
Definir valor	13.0	14.0	14.0	14.0	15.0	15.0	14.0	13.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0

AGUA CALIENTE SANITARIA		CLIMATIZACIÓN DE PISCINA	
DATOS BÁSICOS DE DIMENSIONAMIENTO		DATOS BÁSICOS DE DIMENSIONAMIENTO	
Normativa a aplicar	CTE	INSTALACIÓN	NINGUNA
INSTALACIÓN	Vivienda multifamiliar	Temperatura	30 aconsejada
Nº Uds. Consumo	55	Tª seleccionada	°C
Temperatura de acumulación	60 °C	Superficie	m2
Temperatura de consumo	41 °C	Volumen	m3
Demanda de 22 litros por persona y día a 60 °C		Ubicación	
Demanda seleccionada	22 litros por persona y día a 60 °C	Humedad relativa	%
Demanda a 60 °C	1.210 L/día		

Figura 3.14. Datos inmersos, cálculo de campo de captación actual (sistema ACS) software Schuco – Chart Energy .

**i) Cálculo del campo de captación (SISTEMA ACS PROPUESTA PARA EL EDIFICIO).**

Para determinar este factor, tuvo en cuenta los valores antes calculados:

- Contribución solar mínima (60%)
- Tipos de captadores CIE 220 CH2
- Número de personas de consumo
- Temperatura acumulación
- Temperatura consumo

Para determinar el campo por norma CTE HE-4 se lo realizo con software Schuco- Chart Losses Energy Version 2.0 actualizado año 2013 (Especializado en pérdidas de sistemas de calentamiento de agua sanitaria).

Se realizó este análisis con el sistema de calentamiento de agua (ACS) como propuesta en el edificio, con las opciones 65%, 70% .

**SCHUCO-CHART** Versión 1.31  
2013

**CÁLCULO DE LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS**

---

**DATOS DEL CLIENTE**

Empresa: EDIFICIO CENTAURO

Persona de contacto: LIGUIA DEL PILAR SALAS

Teléfono: 02812009

Fax: 02812009

e-mail: ligsalas@hotmail.com

**LOCALIZACIÓN DE LA OBRA**

Nombre del proyecto: TESIS

Provincia: COTOPAXI

Latitud: 0.92 ° S

Zona climática (CTE): III' Datos meteorológicos según UNE 94002 y 94003

---

**TEMPERATURA DE RED**

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic	Annual
LINE 94002 o valor definido	13.0	14.0	14.0	14.0	15.0	15.0	14.0	13.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
Definir valor	13.0	14.0	14.0	14.0	15.0	15.0	14.0	13.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0

---

**AGUA CALIENTE SANITARIA**

DATOS BÁSICOS DE DIMENSIONAMIENTO

Normativa a aplicar: CTE

INSTALACIÓN: Vivienda multifamiliar

Nº Uds. Consumo: 64

Temperatura de acumulación: 60 °C

Temperatura de consumo: 60 °C

Demanda de 22 litros por persona y día a 60 °C

Demanda seleccionada: 22 litros por persona y día a 60 °C

Demanda a 60 °C: 1,408 L/día.

**CLIMATIZACIÓN DE PISCINA**

DATOS BÁSICOS DE DIMENSIONAMIENTO

INSTALACIÓN: NINGUNA

Temperatura: 30 aconsejada

Tª seleccionada: °C

Superficie: m2

Volumen: m3

Ubicación: %

Humedad relativa: %

Figura 3.15. Datos inmersos, cálculo de campo de captación PROPUESTA (sistema ACS) software Schuco – Chart Energy .

**j) Elección de los colectores (SISTEMA ACS PROPUESTA PARA EL EDIFICIO).**

Debido a que no existe en el país un laboratorio de homologación de colectores solares y que para la mayoría de colectores de fabricación local no se establece su curva de rendimiento, se planteó un rendimiento estándar que tiene que cubrir según la norma NEC-10 con la ecuación (8) .

$$\eta = 0.75 - 0.45 \frac{(T_e - T_a)}{I_z} \tag{8}$$

Como se estableció en los cálculos anteriores tenemos:

$$T_e = 14^\circ \text{ C}$$

$$T_a = 60^\circ \text{ C}$$

$$I_z = 1460 \text{ W/ m}^2$$

$$\eta$$

$$= 0.75$$

$$- 0.45 \frac{(14^\circ \text{ C} - 60^\circ \text{ C})}{1460 \text{ W/ m}^2}$$

$$\eta = 0.795$$

Se tomó en cuenta este valor para la selección del colector con el software Schuco- Chart Energy Version 1.31 actualizado año 2013 (Especializado en dimensionamiento de sistemas de calentamiento de agua sanitaria).

#### **k) Elección de acumulador.**

##### **Dimensionado del termotanque acumulador y Relación V/A del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).**

De preferencia el acumulador estuvo seleccionado por un solo depósito para el sistema y además correlacionado con la ecuación (4) como requisito:

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

Se tomó en cuenta este requisito y se aplicó el software Schuco- Chart Energy Version 1.31 actualizado año 2013 (Especializado en dimensionamiento de sistemas de calentamiento de agua sanitaria), que permitió determinar la condición de sistema actual como el de la propuesta.

### **3.8.7 Obtención de las emisiones vertidas CO<sub>2</sub> [m<sup>3</sup>] del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).**

Para este cálculo con los datos obtenidos anteriormente se procedió a determinar la energía auxiliar para el sistema y las emisiones de CO<sub>2</sub> [m<sup>3</sup>] vertidas en el sistema actual y en el propuesto con ayuda del software Schuco- Chart Energy Version 1.31 actualizado año 2013.

### **3.9. Conclusiones del capítulo**

- Los datos recolectados a través de las mediciones y las observaciones, arrojaron importantes resultados como fueron la determinación de las zonas de irradiación, ángulos los colectores y pérdidas, entre otros.

- Con la simulación de los sistemas de calentamiento de agua sanitario se pudo determinar parámetros, elementos constitutivos a partir de las pruebas realizadas con el sistema convencional GLP y el híbrido SOLAR - GLP

- El procesamiento de los datos adquiridos permitirán obtener los gráficos correspondientes a los parámetros tratados en el capítulo.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se analizó e interpreto los datos emitidos por los instrumentos mencionados en la metodología de la investigación. Los resultados se enfocaron a determinar la caracterización de sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS) y el análisis energético con un sistema hibrido alternativo GLP- SOLAR.

### 4.1 Análisis de la medición del consumo de agua con medidor de flujo general del Edificio.

A continuación se muestra los resultados obtenidos del consumo de agua potable

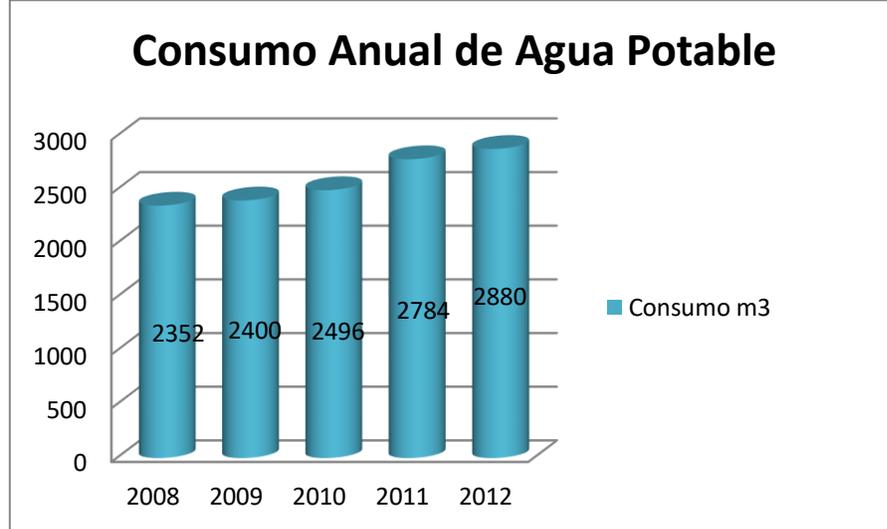
**TABLA 4.1 CONSUMO ANUAL DE AGUA POTABLE**

<b>AÑOS</b>	<b>CONSUMO (m3)</b>	<b>V/UNIT USD. m3</b>	<b>V/TOTAL USD.</b>
2008	2352	0.1211	284.83
2009	2400	0.1489	357.36
2010	2496	0.1534	382.89
2011	2784	0.1678	467.16
2012	2880	0.1806	520.13
<b>TOTAL:</b>	<b>12912</b>		<b>2012.36</b>
<b>PROMEDIO:</b>	<b>2582.4</b>		<b>402.47</b>

Fuente: Investigación de campo, administración Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**GRÁFICO 4.1 CONSUMO ANUAL DE AGUA POTABLE (2008-2012)**



Fuente: Investigación de campo, administración Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

El consumo anual de agua potable promedio de los últimos 5 años es de 2582 m<sup>3</sup>, lo cual representa en dólares 402.47, analizado el consumo del año 2008 al 2009, del 2009 al 2010, del 2010 al 2011, y del 2011 al 2012 se estableció un 5.21% de incremento de consumo anual de m<sup>3</sup> en agua potable.

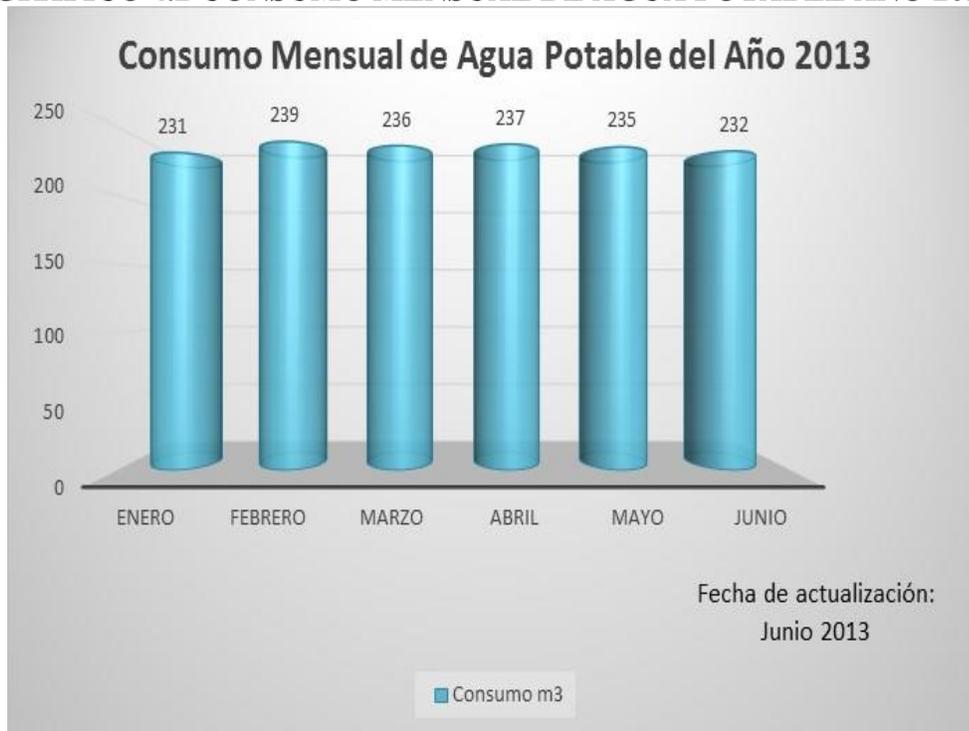
**TABLA 4.2 CONSUMO MENSUAL DE AGUA DEL AÑO 2013**

MESES	CONSUMO (m3)	V/UNIT USD. m3	V/TOTAL USD.
Enero	231	0.1812	41.86
Febrero	239	0.1812	43.31
Marzo	236	0.1812	42.76
Abril	237	0.1812	42.94
Mayo	235	0.1812	42.58
Junio	232	0.1812	42.04
<b>TOTAL:</b>	<b>1410</b>		<b>255.49</b>
<b>PROMEDIO:</b>	<b>235.00</b>	<b>0.1812</b>	<b>42.58</b>

Fuente: Investigación de campo, administración Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**GRÁFICO 4.2 CONSUMO MENSUAL DE AGUA POTABLE AÑO 2013**



Fuente: Investigación de campo, medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

Realizada la medición del consumo de agua potable del año 2013, se obtuvo un promedio mensual de consumo en m<sup>3</sup> de 235, comparado con el promedio mensual de 240 m<sup>3</sup> del año 2012 se puede concluir que los consumos de estos dos últimos años son equivalentes, validando los datos para el diseño del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).

**4.2 Análisis de la medición del consumo anual de energía eléctrica (MOTOR BOMBA).**

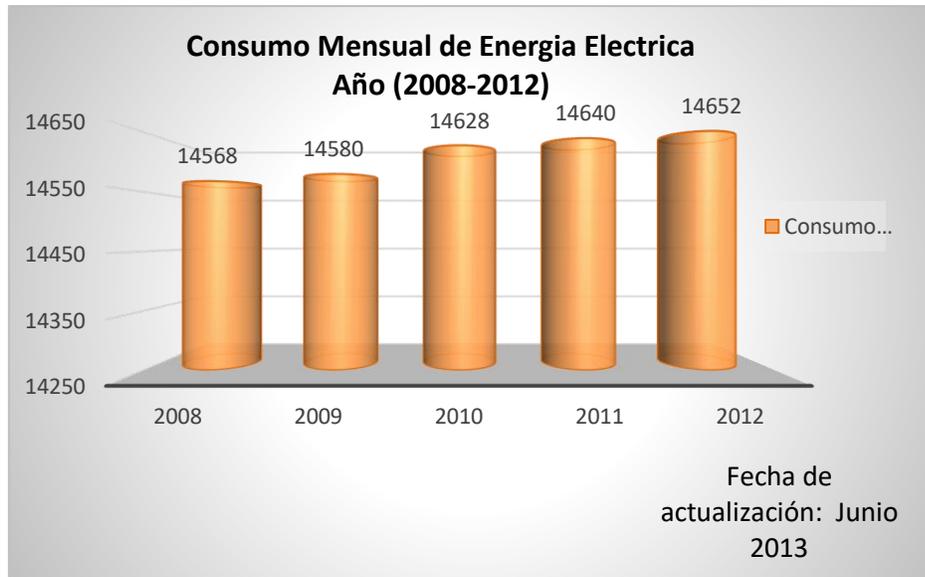
**TABLA 4.3 CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA (2008-2012)**

<b>AÑOS</b>	<b>CONSUMO (kWh)</b>	<b>V/UNIT USD. kWh</b>	<b>V/TOTAL USD.</b>
2008	14568	0.1556	2266.78
2009	14580	0.1643	2395.49
2010	14628	0.1706	2495.54
2011	14640	0.1823	2668.87
2012	14652	0.1911	2800.00
<b>TOTAL:</b>	<b>73068</b>		<b>12626.68</b>
<b>PROMEDIO:</b>	<b>14613.6</b>		<b>2525.34</b>

Fuente: Investigación de campo, medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**GRÁFICO 4.3 CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA (MOTOR BOMBA) (2008-2012)**



Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

El consumo anual de energía eléctrica promedio de los últimos 5 años es de 14613.60 kWh, lo cual representa en dólares 2525.34, analizado el consumo de año a año se estableció un incremento del 0.14% de consumo anual de kWh de energía eléctrica.

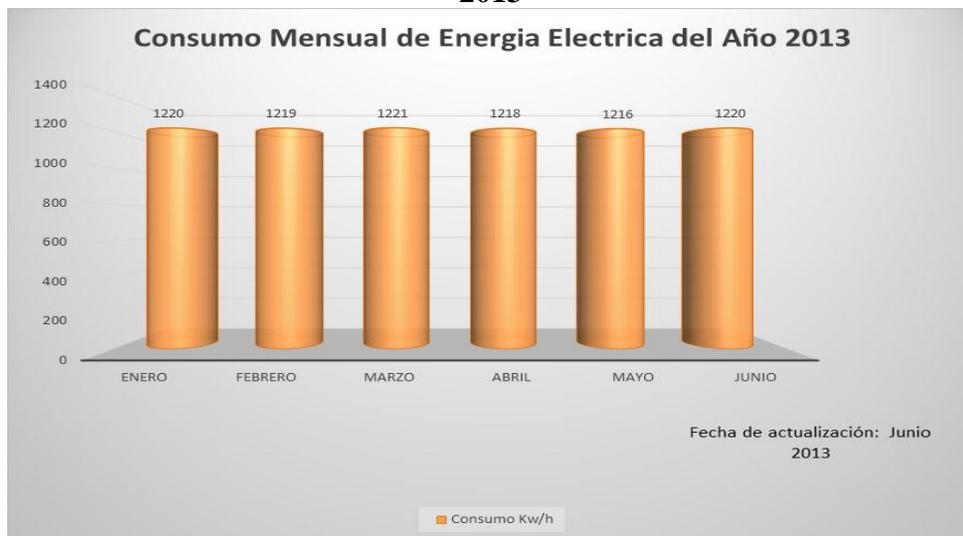
**TABLA 4.4 CONSUMO MENSUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL AÑO 2013**

MESES	CONSUMO (kWh)	V/UNIT USD. kWh	V/TOTAL USD.
Enero	1220	0.189	230.58
Febrero	1219	0.189	230.39
Marzo	1221	0.189	230.77
Abril	1218	0.189	230.20
Mayo	1216	0.189	229.82
Junio	1220	0.189	230.58
<b>TOTAL:</b>	<b>7314</b>		<b>1382.35</b>
<b>PROMEDIO:</b>	<b>1219.00</b>	<b>0.189</b>	<b>230.39</b>

Fuente: Investigación de campo, medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**GRÁFICO 4.4 CONSUMO MENSUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA AÑO 2013**



Fuente: Investigación de campo, medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

Realizada la medición del consumo de energía eléctrica del año 2013, se obtuvo un promedio mensual de consumo en kWh de 1219, comparado con el promedio mensual de 1221 kWh del año 2012 se puede concluir que la diferencia no es representativa ya que los dos últimos años son similares.

### 4.3 Análisis de la medición del consumo anual de GLP.

En el edificio CENTAURO se procedió a solicitar las cartillas de pago de gas industrial no subsidiado de 45 Kg por departamento año 2008 – 2012, para mayor detalle de datos observar ANEXO 1, y su análisis se determina a continuación.

**GRÁFICO 4.5 CONSUMO MENSUAL GLP DEL AÑO 2008**

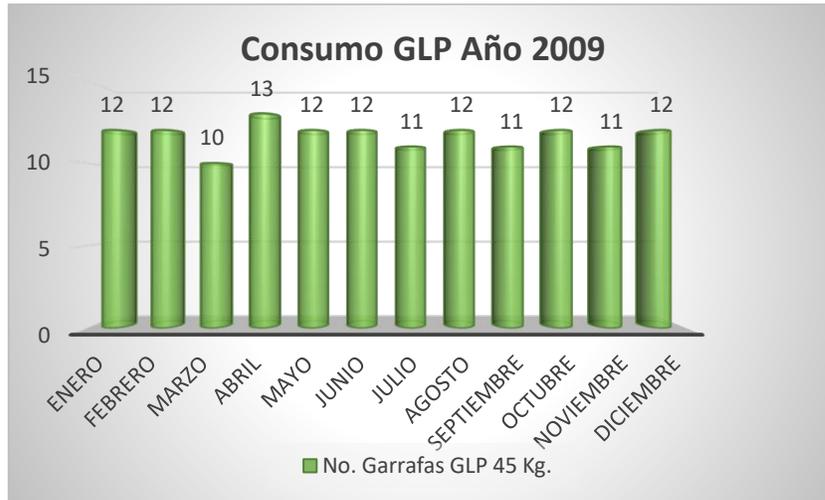


ministración y medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013).

El consumo anual de GLP del año 2008 es de 135 Kg, lo cual representa en dólares 6679.80, ya que el precio de cada garrafa de 45 Kg. era de USD. 49.48.

**GRÁFICO 4.6 CONSUMO MENSUAL GLP DEL AÑO 2009**



Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

El consumo anual de GLP del año 2009 es de 140 Kg, lo cual representa en dólares 7054.60, ya que el precio de cada garrafa de 45 Kg. era de USD. 50.39 incrementando 0.91 centavos que representa el 1.84 % en su precio de comercialización.

**GRÁFICO 4.7 CONSUMO MENSUAL GLP DEL AÑO 2010**



Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

El consumo anual de GLP del año 2010 es de 143 Kg, lo cual representa en dólares 7343.05, ya que el precio de cada garrafa de 45 Kg. era de USD. 51.35 incrementando 0 .96 centavos que representa el 1.90 % en su precio de comercialización.

**GRÁFICO 4.8 CONSUMO MENSUAL GLP DEL AÑO 2011**



Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

El consumo anual de GLP del año 2011 es de 175 Kg, lo cual representa en dólares 9170.00, ya que el precio de cada garrafa de 45 Kg. era de USD. 52.40 incrementando 1 .05 centavos que representa el 2.04 % en su precio de comercialización.

### GRÁFICO 4.9 CONSUMO MENSUAL GLP DEL AÑO 2012



Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO  
Elaborador por: Héctor Terán (2013)

El consumo anual de GLP del año 2012 es de 183 Kg, lo cual representa en dólares 9892.98, ya que el precio de cada garrafa de 45 Kg. era de USD. 54.06 incrementando 1 .66 centavos que representa el 3.16 % en su precio de comercialización.

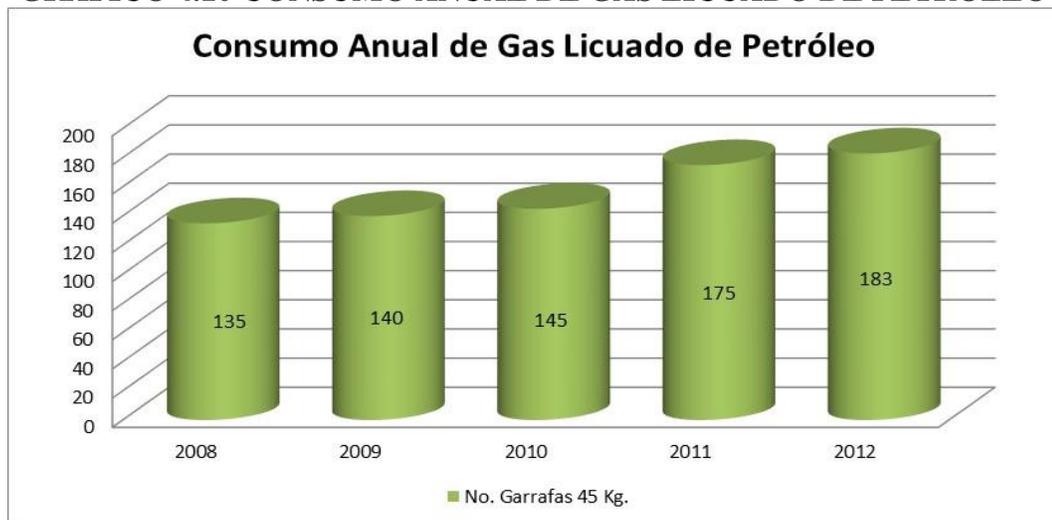
Para poder relacionar las tendencias del consumo de (GLP) anual es necesario resumir en una sola grafica todos los resultados antes planteados con sus promedios.

**TABLA 4.05 CONSUMO ANUAL DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO**

AÑOS	No. GARRAFAS 45Kg	V/UNIT USD.	V/TOTAL USD.
2008	135	49.48	6679.80
2009	140	50.39	7054.60
2010	145	51.35	7445.75
2011	175	52.4	9170.00
2012	183	54.06	9892.98
<b>TOTAL:</b>	<b>778</b>		<b>40243.13</b>
<b>PROMEDIO:</b>	<b>156</b>		<b>8048.63</b>

Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO  
Elaborador por: Héctor Terán (2013)

### GRÁFICO 4.10 CONSUMO ANUAL DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO



Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

El consumo anual promedio de garrafas de 45 Kg. de GLP en los últimos 5 años es de 156 garrafas, lo cual representa en dólares 8048.63, analizado el consumo de año a año se estableció un incremento del 8.13% de consumo anual de garrafas de GLP.

#### 4.3.1 Consumo mensual de gas licuado de petróleo del año 2013

**TABLA 4.6 CONSUMO MENSUAL DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO DEL AÑO 2013**

MESES	# GLP 45 Kg	V/UNIT GLP	DOLARES
Enero	15	55.96	839.4
Febrero	14	55.96	783.44
Marzo	16	55.96	895.36
Abril	14	55.96	783.44
Mayo	15	55.96	839.4
Junio	15	55.96	839.4
<b>TOTAL:</b>	<b>89</b>		<b>4980.44</b>
PROMEDIO:	15	55.96	830.07

Fuente: Investigación de campo, medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**GRÁFICO 4.11 CONSUMO MENSUAL GLP DEL AÑO 2013**



Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO  
Elaborador por: Héctor Terán (2013)

Realizada la medición del consumo de GLP del año 2013, se obtuvo un promedio mensual de consumo de 15 garrafas de 45 Kg. comparado con el promedio mensual de 15 garrafas del año 2012 se puede concluir que no existe diferencia ya que los dos últimos años son iguales.

#### **4.4 Análisis del Consumo anual de portadores energéticos edificio CENTAURO sistema (ACS)**

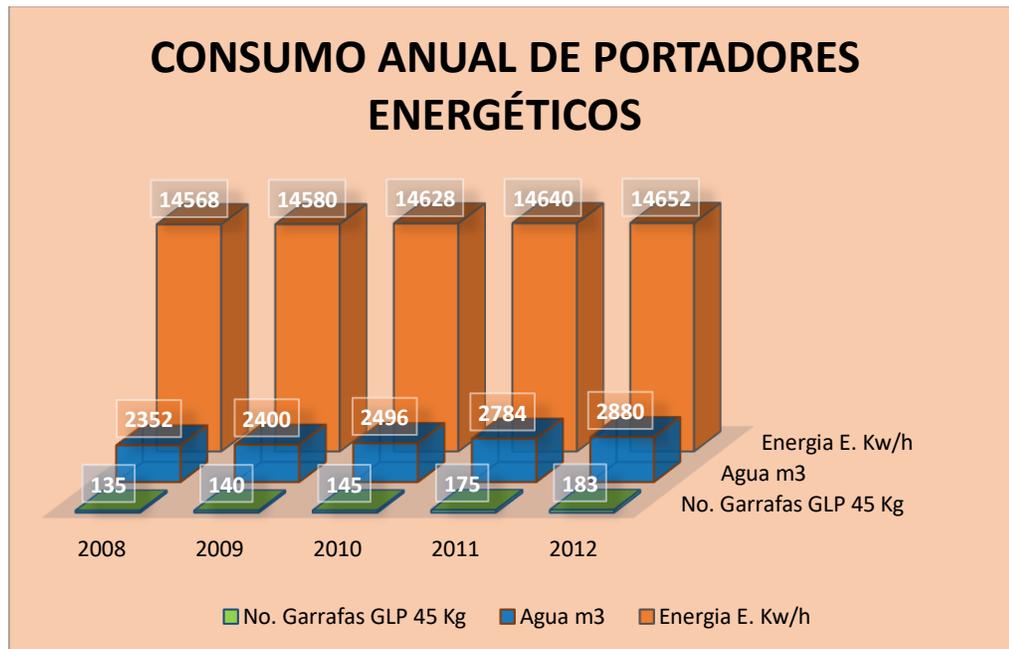
Con el fin de comparar y analizar el consumo de los portadores energéticos del sistema de calentamiento (ACS) de edificio CENTAURO, no se tomara en cuenta el año 2013 por ser montos totales y no promedios, se procede a generar tablas y graficas mostradas a continuación:

**TABLA 4.07 CONSUMO ANUAL DE PORTADORES ENERGÉTICOS EDIFICIO CENTAURO SISTEMA (ACS)**

AÑOS	GLP 45 Kg	AGUA POTABLE m3	ENERGÍA ELÉCTRICA kWh
2008	135	2352	14568
2009	140	2400	14580
2010	145	2496	14628
2011	175	2784	14640
2012	183	2880	14652
<b>TOTAL:</b>	<b>778.00</b>	<b>12912</b>	<b>73068</b>

Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO  
 Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**GRÁFICO 4.12 CONSUMO ANUAL DE PORTADORES ENERGÉTICOS (kWh-m<sup>3</sup>-Kg)**



Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO  
 Elaborador por: Héctor Terán (2013)

Analizado el consumo anual de portadores energéticos GLP 45 Kg, agua potable y energía eléctrica se puede concluir que el consumo ha ido creciendo en forma ascendente, es así que el año 2012 cuenta con el mayor consumo de los portadores energéticos de los últimos cinco años del análisis. La información obtenida servirá de referencia para la proyección de la inversión económica por parte de los propietarios.

#### **4.4.1 Consumo económico anual de portadores energéticos edificio CENTAURO sistema (ACS) en dólares.**

Con el fin de determinar cuál de los portadores energéticos ocasiona mayor gasto económico se procede a consolidar el consumo de 5 años atrás que se muestra a continuación:

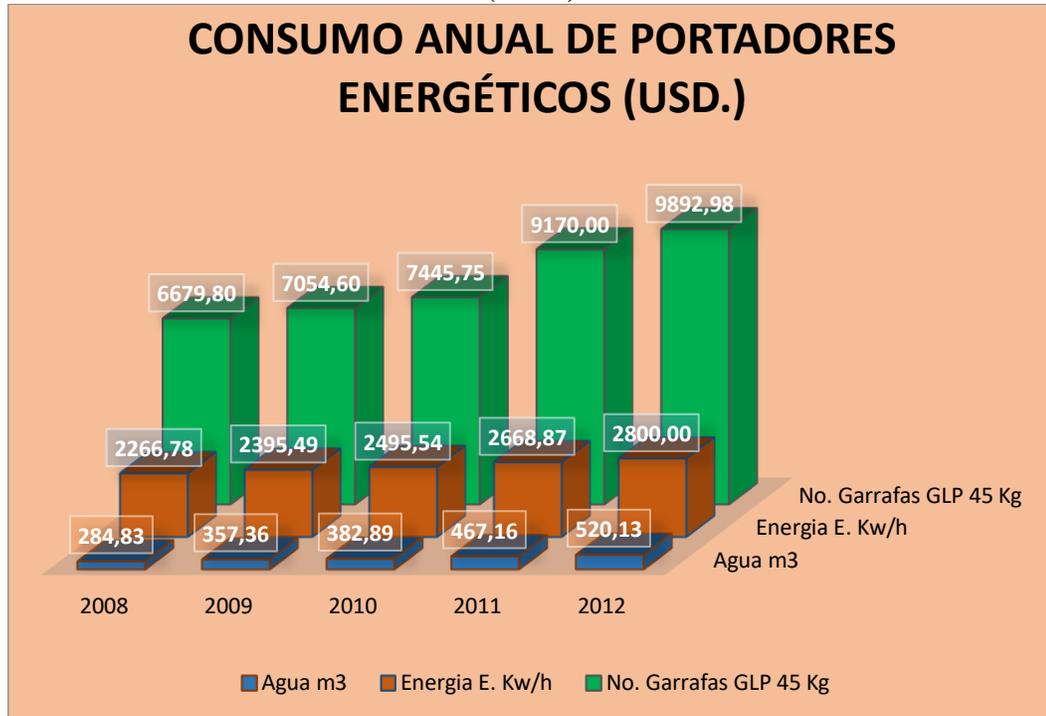
**TABLA 4.08 CONSUMO ANUAL DE PORTADORES ENERGÉTICOS (USD.)**

<b>AÑOS</b>	<b>USD. AGUA POTABLE m3</b>	<b>USD. ENERGÍA ELÉCTRICA kWh</b>	<b>USD. GLP 45 Kg</b>
2008	284.83	2266.78	6679.80
2009	357.36	2395.49	7054.60
2010	382.89	2495.54	7445.75
2011	467.16	2668.87	9170.00
2012	520.13	2800.00	9892.98
<b>TOTAL:</b>	<b>2012.36</b>	<b>12626.68</b>	<b>40243.13</b>
<b>PROMEDIO:</b>	<b>402.47</b>	<b>2525.34</b>	<b>8048.63</b>

Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**GRÁFICO 4.13 CONSUMO ANUAL DE PORTADORES ENERGÉTICOS (USD.)**

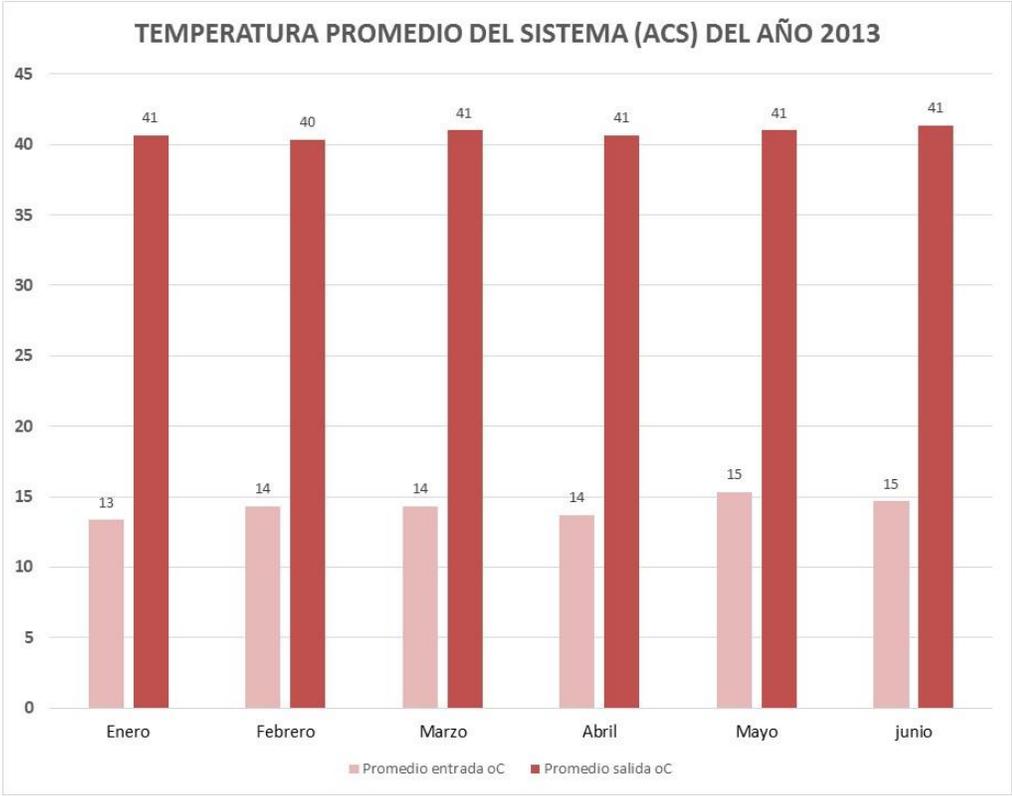


Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO  
 Elaborador por: Héctor Terán (2013)

Una vez analizado el consumo de los portadores energéticos en dólares se puede concluir que el gasto mayor está en el gas licuado de petróleo, con un valor total gastado en los últimos cinco años de USD. 40243.13 y con un promedio anual de pago por compra de gas de USD. 8048.63 que representa tres veces más entre el gasto de energía eléctrica y agua potable.

**4.5 Resultados y análisis de la temperatura del sistema de calentamiento de agua potable (ACS) del año 2013**

**GRÁFICO 4.14 TEMPERATURA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE (ACS) EDIFICIO CENTAURO AÑO 2013**



Fuente: Investigación de campo, medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**TABLA 4.09 TEMPERATURA PROMEDIO DEL SISTEMA (ACS) DEL AÑO 2013**

**SERVICIO BÁSICO:** Agua fría /caliente

**UNIDAD DE MEDIDA:** °C

TEMPERATURA DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO (ACS)	Hora	Primera semana Enero 2013		Primera semana Febrero 2013		Primera semana Marzo 2013		Primera semana Abril 2013		Primera semana Mayo 2013		Primera semana Junio 2013	
		Temperatura promedio entrada	Temperatura promedio salida										
	6:00:AM	13	41	14	40	14	41	14	40	15	41	14	41
	14:00 PM	14	41	15	40	15	41	14	40	16	41	15	42
	20:00 PM	13	40	14	41	14	41	13	42	15	41	15	41
<b>PROMEDIO</b>		13.333	40.667	14.333	40.333	14.333	41	13.667	40.667	15.333	41	14.667	41.333
<b>PROMEDIO ENTRADA 2013</b>		14											
<b>PROMEDIO SALIDA 2013</b>		41											

Fuente: Investigación de campo, medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

Concluida las mediciones de temperatura de agua sanitaria durante las primeras semanas de cada mes en tres horarios distintos se determinó un promedio de entrada de 14 grados centígrados de temperatura y un promedio de salida de 41 grados centígrados de temperatura, que establece una referencia inicial para el diseño del sistema de calentamiento de agua híbrido (glp –solar).

#### 4.6 Análisis de la demanda energética del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).

Para la demanda energética del sistema (ACS), en el Capítulo 3 se calculó los parámetros que involucra el diseño utilizando la ecuación (3.1) inmersa por norma CTE HE-4 en el software Schuco- Chart Energy Version 1.31 actualizado año 2013 (Especializado en dimensionamiento de sistemas de calentamiento de agua sanitaria), entregándonos los siguientes valores :Figura (4.1).

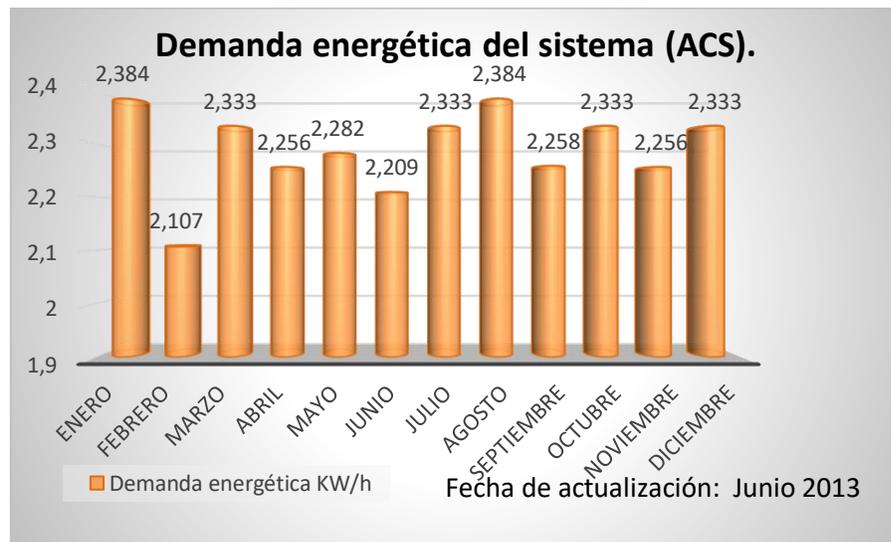
DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA													
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Annual
% de ocupación:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Consumo de agua (m3):	44	39	44	42	44	42	44	44	42	44	42	44	514
Ener. Nec. [kWh]:	2,384	2,107	2,333	2,256	2,282	2,209	2,333	2,384	2,258	2,333	2,258	2,333	27,472

Figura 4.1. Cálculo de las demandas energéticas software Schuco – Chart Energy .

Fuente: Héctor Terán (2013)

Los resultados obtenidos del sistema (ACS) se analizan en el grafico 4.15.

**GRÁFICO 4.15 DEMANDA ENERGÉTICA DEL SISTEMA (ACS)**



Fuente: Calculo según norma CTE HE-4 en el software Schuco- Chart Energy Version 1.31

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

Para este cálculo se tomó en cuenta el consumo mensual del año 2012, se obtuvo un total de 27.41 kWh anual y un promedio del 2.28 kWh mensual. Si la norma CTE HE-4 establece que los porcentajes mínimos son dos meses anuales con el 35% y el resto de año deberá ser el 60%: valores tomados con respecto al promedio mensual, por tal razón el aporte energético del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS) solar será mínimo 0.79 kWh sin sobrepasar dos meses y sobrepasar 1.36 kWh en el resto de año en cualquier momento.

#### **4.7 Análisis de los resultados para la contribución mínima de consumo requerida (V/A) del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).**

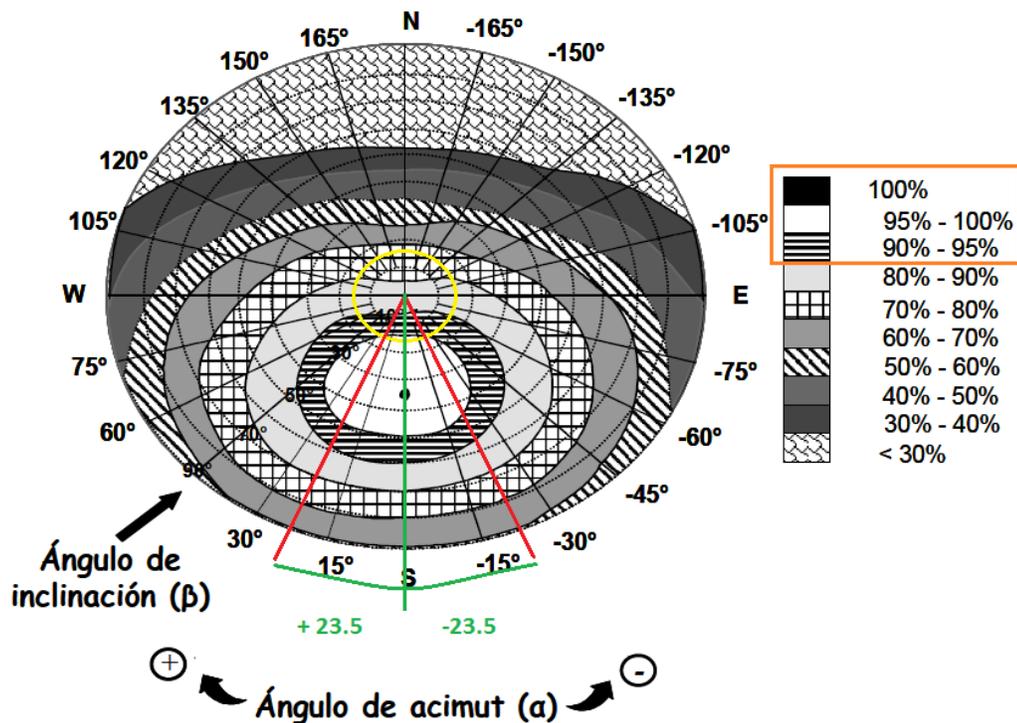
##### **a) Casos de montaje**

Analizando los montajes superposición, arquitectónica y general para el diseño del sistema de captación, será el general por los beneficios de inclinar los paneles de acuerdo a la zona y posición con respecto al sol y la facilidad que presta la edificación para esta configuración.

##### **b) Pérdidas por orientación e inclinación**

Analizando los resultados obtenidos en para el caso del EDIFICIO CENTAURO con un montaje General sobre terraza se toma como pérdida admisible por Orientación e inclinación máximo 10%; pérdidas por sombras 10 % y la suma de ambas pérdidas no deben superar el 15 % ; las cuales se establecen con respecto al diagrama solar genérico de captación .Gráfico 4.16.

**GRÁFICO 4.16 DIAGRAMA SOLAR GENÉRICO DE CAPTACIÓN SOLAR**



Analizando el 15% de pérdidas como máximo en el diagrama solar, Grafica 4.16; se determina que la captación solar debe estar entre el 95% y 100 %, trazando la latitud local (Latacunga) 0.92 S se observa que al estar atravesado por la Línea Equinoccial, el Ecuador tiene poca variabilidad en la posición del sol durante todo el año lo cual favorece la aplicación de la energía solar para producir electricidad y calor, ya que en promedio hay 12 horas de sol durante el día. La variación en el zenit o ángulo de acimut de orientación (cuando el sol está perpendicular a la Tierra, a las 12 del día) es de +/- 23.5°, es decir que el Sol se desplaza 47° en el año entre el solsticio de verano (21 de junio) y el solsticio de invierno (21 de diciembre).

Con este resultado me permite tener el rango definido de inclinación del colector solar (0.92 ° S, máximo 15 ° S) latitud y (0 ° , máximo +/- 23.5°) acimut.

Analizando los resultados con el software Schuco- Chart Losses Energy Version 2.0 con los datos óptimos (0.92 ° S, 0 ° acimut) se determina las pérdidas del 2.38% por pérdidas por orientación e inclinación Figura 3.12, no superan las pérdidas mínimas establecidas 10%.

**c) Análisis de resultados pérdidas de radiación solar por sombras**

**TABLA 4.10 PERDIDAS POR SOMBRAS (%)**

PERDIDAS POR SOMBRAS											
ACIMUT (INCLINACION NEGATIVA)						ACIMUT (INCLINACION POSITIVA)					TOTAL (%)
Codigo	D11	C11	C9	B9	A7	A8	B10	C10	D12	C12	
valor (%)	1.05	0.18	0.7	0.32	0.52	0.51	0.33	0.57	0.96	0.15	5.29

Fuente: Resultados de Tabla 3.12 NEC-10 parte 14-1 ENERGÍA RENOVABLE, Sistemas de calentamiento de agua con energía solar para uso sanitario en el Ecuador (2008).

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

Analizando este resultado 5.29%, no supera el máximo establecido 10% y con respecto a lo mencionado en el literal b) pérdidas por orientación e inclinación 2.38%; la sumatoria de las mismas 7.67% no supera el 15%.

**d) Análisis de resultados separación entre líneas para evitar pérdidas por sombras**

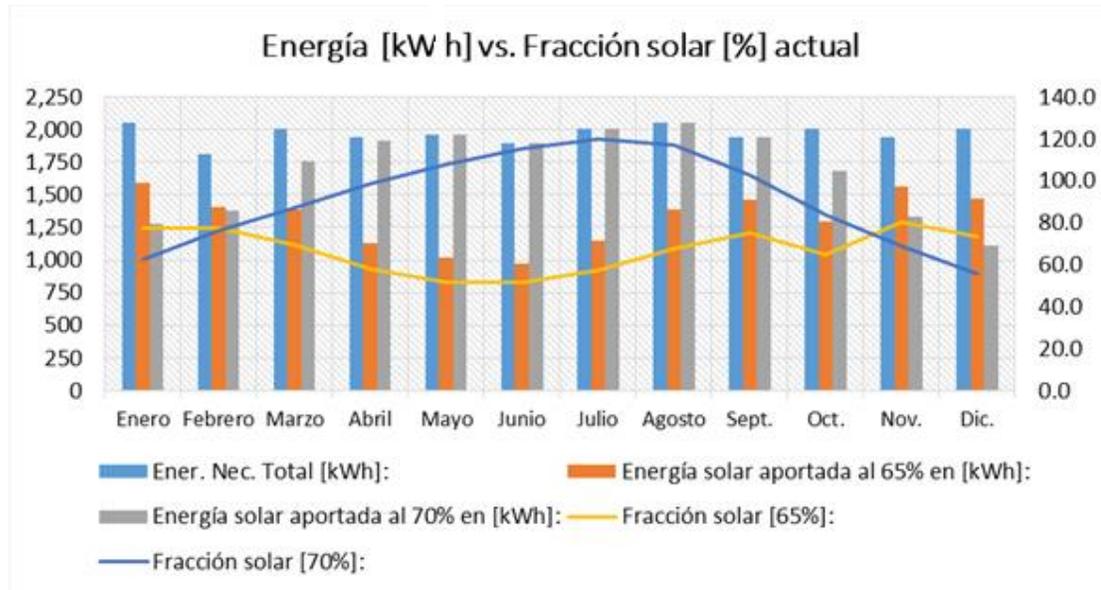
Con los resultados obtenidos a través del software Schuco- Chart Losses Energy Versión 2.0 (2009), separación entre final y comienzo de la batería 1.41 m, proyección del captador 2.07 m se trata de eliminar cualquier sombras entre objetos y captadores sin embargo ya se determinó en la sección c) que no superan el 10%.

**e) Análisis del campo de captación (SISTEMA ACS ACTUAL DEL EDIFICIO).**

Se obtuvo los siguientes resultados, para más detalles en software observar ANEXO

2: Se analiza con la gráfica 4.17

**GRÁFICO 4.17 ENERGÍA [kWh] vs. FRACCIÓN SOLAR [%] (ACTUAL)**



Se procedió a realizar la simulación con los elementos del sistema actual de calentamiento del edificio, en donde se pudo observar ineficiencias en el acumulador de 720 L, que al calcular un campo de captación del 65% como resultado se tiene la necesidad de 12 captadores solares, sin embargo la relación V/A se encuentra en 24 L/m<sup>2</sup>, lo que caracteriza como insuficiente para la demanda normalizada que debe estar en el rango de 50 a 180 L/m<sup>2</sup>. El rendimiento general del sistema es de 42%.

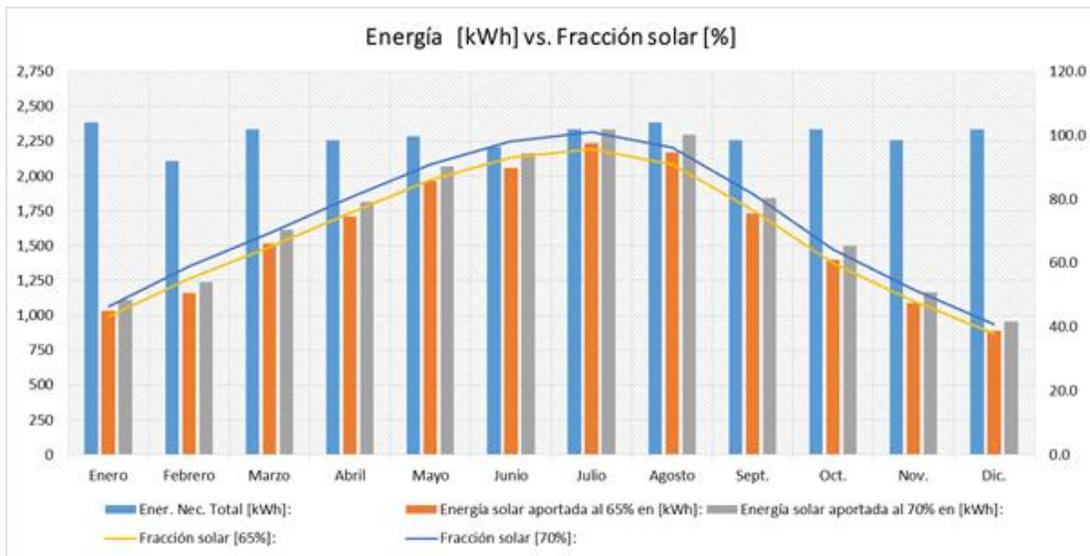
Con respecto a la simulación con un campo de captación del 70% y con el acumulador de 720 L/m<sup>2</sup> se observa que se tiene la necesidad de 13 captadores solares, sin embargo la relación V/A se encuentra en 24 L/m<sup>2</sup> y como resultado no da un sobrecalentamiento del sistema y de los captadores en los meses de Mayo a Septiembre, en donde con respecto a la norma no debe saturarse el sistema más de un mes al año. El rendimiento general del sistema es de 35%.

Con lo antes mencionado se deberá seleccionar de forma adecuada el acumulador y el número de captadores solares para estar en los rangos normalizados de seguridad y abastecer a la demanda instalada del edificio.

**f) Análisis del campo de captación (SISTEMA ACS PROPUESTA PARA EL EDIFICIO).**

Se obtuvo los siguientes resultados, para más detalles en software observar ANEXO 3:

**GRÁFICO 4.18 ENERGÍA [kWh] vs. FRACCIÓN SOLAR [%] (PROPUESTA)**



En los resultados de la simulación con los elementos de la propuesta del sistema de calentamiento de agua se determina que el campo de captación solar será del 65%, obteniendo un equilibrio entre energía solar aportada anual 18.939 kWh y energía necesaria total 27,472 kWh. El rendimiento del sistema se encuentra en 47%, sin existir sobrecalentamiento; de acuerdo a la norma NEC-10 parte 14-1 ENERGÍA RENOVABLE ECUADOR se encuentra en condiciones normales.

Sin embargo se realizó un análisis con un campo de captación del 70% y se determina que existe sobre calentamiento en el mes de Julio 102% Figura 4.5.

**g) Análisis en relación a elección de los colectores (SISTEMA ACS PROPUESTA PARA EL EDIFICIO).**

Con el resultado obtenido en el apartado 3.96 literal (j) con la ecuación ( ) se determinó un rendimiento estándar para los captadores solares del 0.795 %, siendo así un factor esencial en la selección; llegando a tener estas características el CTE 220 CH2 con un rendimiento de 0.792%, cabe mencionar que el modelo cambia según la marca pero deberá siempre mantenerse esta condición. Figura 4.1.

The screenshot shows the 'SCHÜCO-CHART' software interface for calculating solar energy fractions. It is divided into several sections:

- DATOS DEL CLIENTE:** Includes company name 'EDIFICIO CENTAURO', contact person 'HERREIRA SALAS LIGUIA', and phone/fax numbers '32812009'. The project name is 'TESIS'.
- PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA:** Shows a selected accumulator 'PS 1500-1' with a capacity of 1,476 L. It also displays solar contribution (60%) and flow rate (16 L/h·m²).
- DATOS DEL SISTEMA:** This section is highlighted with a red box. It shows the collector type as 'CTE 220 CH2' with a dropdown arrow. Below it, the 'Factor ganancias' is 0.792, labeled as '\*RENDIMIENTO'. Other parameters include 'Factor de pérdidas: 3.818 W/m²·K', 'Nº de captadores: 9', 'Absorción unitaria: 2.49 m²', and 'Sup. absorción (A): 22.4 m²'.

Buttons for 'VOLVER', 'SIGUIENTE', 'INICIO', and 'VER INFORME AC' are visible. A green button 'Calcular campo captación' is also present. A note at the bottom right says 'MEDIDA LOCAL Y REGISTRO DE DATOS CTE DE C 3,3,31'.

Figura 4.1. Selección de captador (rendimiento) PROPUESTA (sistema ACS) en software Schuco – Chart Energy .

**h) Análisis del dimensionado del termo tanque acumulador y Relación V/A del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).**

Analizando los resultados de la simulación del sistema de calentamiento (ACS) actual del edificio en la tabla 4.16, se observa que la relación V/A es de 22 L/m<sup>2</sup> y comparando con lo ya determinado en la ecuación (4) del apartado 3.8.6 literal (a), esta relación no cumple los parámetros normalizados  $50 \leq \frac{V}{AC} \leq 180$  por lo tanto es necesario la selección de un acumulador de acuerdo a la necesidad de la demanda vs. el número de captadores solares.

**TABLA 4.11 TERMO TANQUE ACUMULADOR Y RELACIÓN V/A**

Termo tanque acumulador y Relación V/A		
	65%	70%
Acumulador	720 L	1476 L
Nro. Captadores	13	9
Relación V/A	22 L/m <sup>2</sup>	66 L/m <sup>2</sup>
Sup. Absorción	32.4 m <sup>2</sup>	22.4 m <sup>2</sup>

Con la simulación de los elementos incorporados al sistema de calentamiento de agua híbrido (GLP-SOLAR) Tabla 4.11, se determina una relación V/A 66 L/m<sup>2</sup> con un tanque acumulador de 1476 L útiles llegando a cubrir toda la capacidad instalada del edificio y cumpliendo con la norma NEC-10 parte 14-1 (  $50 \leq \frac{V}{Ac} \leq 180$  ).

#### 4.8 Análisis de las emisiones vertidas CO<sub>2</sub> [m<sup>3</sup>] del sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS).

Con el análisis del sistema de calentamiento (ACS) actual, el resultado de las emisiones vertidas de CO<sub>2</sub> son 167 m<sup>3</sup> y si se incorpora el sistema de captación solar las emisiones vertidas de CO<sub>2</sub> serán de 52 m<sup>3</sup>, evitándose 115 m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub>, lo cual representa un disminución del 68% de CO<sub>2</sub>. Figura 4.2



Figura 4.2. Determinación de las emisiones de CO<sub>2</sub> [m<sup>3</sup>] (sistema ACS PROPUESTA) en software Schuco – Chart Energy .

#### 4.9.- Conclusiones del capítulo

- El portador energético con mayor costo en el sistema DE CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA (ACS) actual es el gas licuado de petróleo en relación de 1/3 con respecto al resto de los portadores energéticos.
- La temperatura actual del agua caliente en el sistema (ACS) es de 41 °C, los cuales no cumplen con la normativa NEC 10 parte 14-1 “Energía Renovable” Sistemas de Calentamiento solar para uso sanitario en el Ecuador, la cual establece 60 °C
- El tanque acumulador actual del sistema (ACS) brinda una relación volumen / área de captación de 22 L/ m<sup>2</sup> incumpliendo la normativa NEC 10 parte 14-1 que menciona  $50 \leq \frac{V}{Ac} \leq 180$  causando desabastecimiento en el servicio a los habitantes.
- Con los resultados de la propuesta se determina una relación volumen / área de captación de 66 L/ m<sup>2</sup> alcanzando los parámetros establecidos en la norma.

## **CAPÍTULO V: LA PROPUESTA**

### **5.1 Título de la propuesta**

Sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS) híbrido para el edificio centauro en Latacunga.

### **5.2 Justificación de la propuesta**

Es necesario una propuesta de un sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS) híbrido que disminuya el consumo de garrafas de 45 Kg GLP no subsidiados por el gobierno, para el edificio centauro con el fin de incentivar la utilización de energías alternativas (solar), brindando un mejor servicio a las familias que habitan sin necesidad de utilizar energías convencionales (leña, gas, electricidad, etc.). Actualmente toda edificación debe cumplir la normativa establecida para los sistemas de calentamiento de agua sanitaria y Latacunga no está exento de la misma.

### **5.3 Objetivos de la propuesta**

Adoptar una cultura integral del uso de energía renovable disponible para edificios y aplicarla en el sistema de calentamiento de agua sanitaria (ACS) en función de una normativa vigente.

### **5.4 Estructura de la propuesta**

La estructura de la propuesta del sistema de calentamiento de agua sanitaria híbrida (GLP- SOLAR) está basada en las partes constitutivas el sistema, mantenimiento preventivo, análisis económico, social y medioambiental.

## **5.5 Desarrollo de la propuesta**

### **5.5.1 Partes constitutivas del sistema:**

#### **a. Captador solar plano CTE 220 CH2 marca Schüco International KG**

Los captadores de dimensiones exteriores  $2.152 \times 1.252 \times 80$  mm, con una potencia de 1524 kW a  $60^{\circ}\text{C}$  el fluido, su coeficiente de rendimiento es 79,2 %, para otras características específicas se encuentra en ANEXO 4.

#### **b. Acumulador vertical DVE 1500 l**

Tanque acumulador de 1500 l, temperatura admisible en el tanque de  $120^{\circ}\text{C}$  el fluido, para otras características específicas se encuentra en ANEXO 5.

#### **c. Controlador regulador solar térmica II visión**

Controlador y regulador de instalaciones térmicas, para cargas variables, 3 sondas y 3 relés programables automáticamente, termostato diferencial, para otras características específicas se encuentra en ANEXO 6.

#### **d. Válvula mezcladora de expansión termostática MMV solar 1/2**

Válvula mezcladora termostática compacta diseñada para sistemas de energía solar térmica. En esta válvula el elemento de cera termostático, puede soportar hasta  $110^{\circ}\text{C}$ , Temp. de agua caliente  $52-110^{\circ}\text{C}$ , Diferencia temp. caliente- mezcla  $10^{\circ}\text{C}$ , Regulación temperatura  $30^{\circ}\text{C}$  a  $65^{\circ}\text{C}$  Caudal 63 l/min, para otras características específicas se encuentra en ANEXO 7.

#### **e. Tubería Cobre rígida $\frac{1}{2}$ tipo L**

La tubería rígida de cobre tipo L se fabrica bajo la Norma ASTM B88. Se usa en instalaciones de Gas Combustible y Medicinal, tomas Domiciliarias de Agua fría y

caliente Potable, e instalaciones de fluidos a presión en condiciones más severas de servicio y seguridad, para otras características específicas se encuentra en ANEXO 8.

### **5.5.2 Circuito esquemático del sistema ACS (SOLAR –GLP):**

El edificio centauro consta de 8 plantas establecidas, en cada una de esta se encuentra un calefón con GLP y una entrada de accionamiento de encendido de 5 VDC , en el circuito se acoplaría las válvula mescladora de expansión termostática MMV solar  $\frac{1}{2}$  , (VTE-1 a VTE-8) con el fin de regular la presión a través de la temperatura y evitar a su vez daños al sistema auxiliar GLP por la presión primaria , (VT-9) regula la presión y a su vez permite la recirculación del fluido por el sistema solar primario antes de dirigirse al circuito secundario , el circuito primario consta de 9 Captadores solares planos conectados en serie con una área de captación de 22,4 m<sup>2</sup> , este fluido se dirige al acumulador de 1500 l siendo a su vez un semi intercambiador para instalaciones solares.

El circuito está diseñado para que tenga un aporte de fracción solar del 65% , en el caso de reducirse esta, entrara en funcionamiento el sistema auxiliar GLP a través de un controlador con auto- programación localizado junta a cada calefón , el cual tiene sondas que son conectadas a la entrada y salida convirtiéndose en un termostato diferencial , el cual envía señal de (5 VDC o 0 VDC ) para el encendido el mismo y llegue a la temperatura deseada.

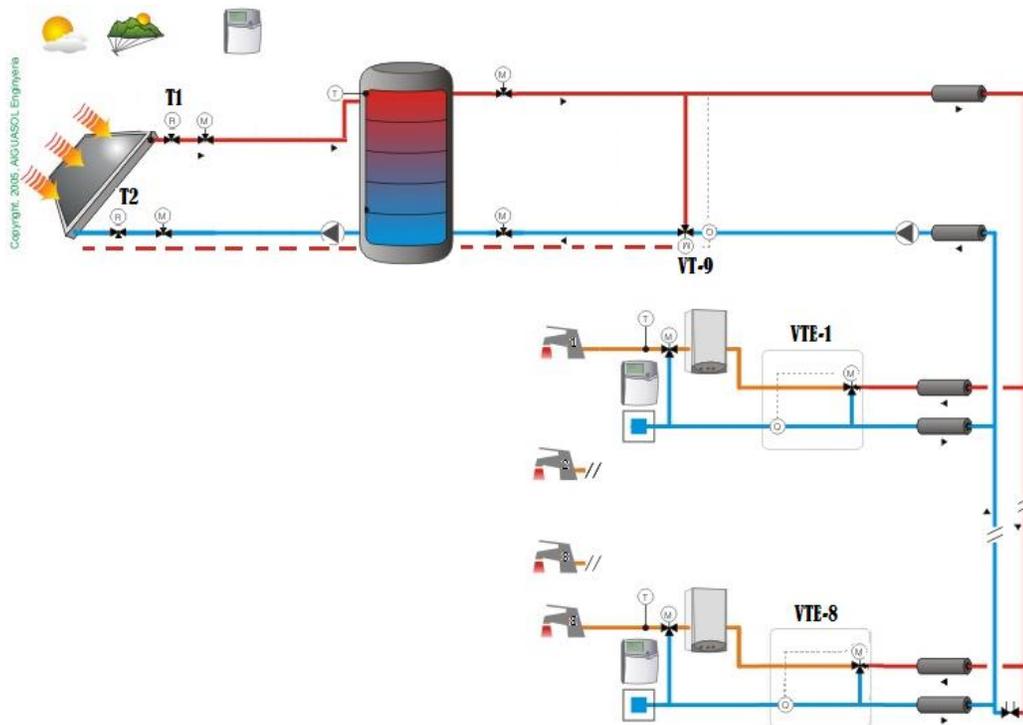


Figura 5.1. Circuito esquemático del sistema ACS (SOLAR –GLP)

Fuente: Héctor Terán (2013)

### 5.5.3 Mantenimiento Preventivo Básico Anual Del Calentador Solar

- Se debe limpiar el cristal de los colectores solares. Esto se puede hacer con jabón de fregar, agua y una escoba, después enjuagarlo con la manguera. Esto evita la acumulación de hollín y polvo en la superficie del cristal, permitiéndole al colector aprovechar al máximo la radiación solar, la cual calienta el agua
- Abrir la válvula de seguridad, que está localizada en la parte superior del tanque, por uno o dos segundos. En la parte superior de la válvula hay una palanquita para este propósito. Esto debe hacerse con mucho cuidado ya que saldrá agua muy caliente a presión, mientras se esté activando la palanca de la válvula. Párese en el lado opuesto de la salida de la válvula para evitar quemaduras. Esto elimina cualquier depósito de sedimento en la válvula.

- En la parte inferior de los colectores, en una de las salidas, hay un tapón enroscado de ½" pulgada de diámetro. Después de cerrar la llave de paso del calentador, se remueve este tapón, y se vuelve a abrir dicha llave. Saldrá un fuerte chorro de agua por el agujero. Esto elimina cualquier acumulación suelta de sedimento del tanque y los colectores. Se debe dejar la llave abierta hasta que se vea el agua que sale limpia y cristalina. Después de reemplazar el tapón, con un poco de cinta de teflón en la rosca, se abre la llave de paso de nuevo, y el calentador.

### **Desincrustado:**

La dureza del agua puede provocar taponamientos en los tubos del colector por incrustación de las sales que contiene el agua, para evitar estas incrustaciones es necesario hacer un proceso de des incrustación COMO MÍNIMO CADA 3 MESES el cual consiste en:

- 1.- Aislar el equipo cerrando la válvula de alimentación de agua fría y la válvula a la salida de agua caliente del termo tanque.
- 2.-Drene con el tapón de drenado de cada colector aproximadamente dos litros de agua, cierre el tapón de drenado.
- 3.- Agregue 2 litros de vinagre por cada colector en la línea principal superior de los colectores Tapón (T1)
- 4.- Abrir el tapón de drenado general en la línea principal inferior (T2), esperar el drenado total.
- 5.- Cierre el tapón de drenado general (T1) y habilitar las válvulas de alimentación de agua fría y caliente para el ingreso de agua limpia y seguir en condiciones normales.

#### 5.5.4 Análisis económico

De acuerdo a la investigación realizada, se cuenta con datos reales de los costos para el sistema de calentamiento de agua sanitaria, lo cual se detalla a continuación:

##### a. Costo de los Materiales

El costo para la construcción del ACS considerando la capacidad máxima de consumo es 64 personas distribuidas en 16 departamentos en un edificio de 8 pisos en la Tabla 5.1 se detallan los materiales:

**TABLA 5.1. COSTO DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ACS.**

CANTIDAD	U MEDIDA	MARCA/MODELO	MATERIALES	DOLARES	VIDA ÚTIL AÑOS
9	Unidad	Shuco International CTE 220 CH 2	Captador Plano	6300	25
1	Unidad	DVE 1500	Acumulador vertical de 1500 l.	450	25
8	Unidad	Solareg II Vision	Controlador	960	25
9	Unidad	MMV Solar 1/2	Valvulas mezcladora de expansión term	432	8
4	Tubos	Tipo L	Tubería Cobre 1/2 x 6 m.	152	50
	Unidades	Varios	Accesorios (codos T)	200	25
			<b>TOTAL:</b>	<b>8494</b>	

Fuente: Investigación de campo  
Elaborado por: Héctor Terán (2013)

##### b. Costo de instalación y soporte

Además del costo del panel solar se debe tomar en cuenta otro costo complementario del sistema de calentamiento de agua sanitaria como son el costo de instalación y la estructura soporte el cual va a variar dependiendo de la ubicación de instalación. En la Tabla 5.2 se presentan costos referenciales de estos rubros:

**TABLA 5.2. COSTO DE INSTALACIÓN Y SOPORTE.**

<b>INSTALACIÓN Y SOPORTES</b>	
<b>RUBRO</b>	<b>DÓLARES</b>
Instalación	2500
Estructura	900
<b>TOTAL:</b>	<b>3400</b>

Fuente: Investigación de campo  
Elaborado por: Héctor Terán (2013)

**c. Costo total del Sistema de Calentamiento de Agua Sanitaria**

El costo de implementar el sistema de calentamiento de agua sanitaria, para 64 personas distribuidas en 16 departamentos en un edificio de 8 pisos, con un promedio de 4 personas por departamento en el edificio Centauro es aproximadamente de \$10558, el cual comprende los siguientes rubros:

**TABLA 5.3. COSTO TOTAL DEL ACS**

<b>RUBRO</b>	<b>DOLARES</b>
Materiales	8494
Instalacion	2500
Estructura	900
<b>TOTAL:</b>	<b>11894</b>

Fuente: Investigación de campo  
Elaborado por: Héctor Terán (2013)

**d. Ahorro anual de GLP y energía eléctrica con sistema ACS PROPUESTO**

El consumo anual del gas (G.L.P.) y energía eléctrica para su capacidad máxima de 64 personas distribuidas en 16 departamentos en un edificio de 8 pisos, con un promedio de 4 personas por departamento se lo puede observar en la tabla que se cita a continuación, teniendo en cuenta el precio establecido anteriormente (Capítulo 3) del costo de gas de 45 Kg. es de \$55,96 y el kWh es de \$ 0.1911.

**TABLA 5.4. AHORRO ANUAL DE GLP Y ENERGÍA ELÉCTRICA. CON EL ACS PROPUESTO**

PORTADORES ENERGÉTICOS	SISTEMA ACTUAL		ACS		AHORRO	
	CANTIDAD	DÓLARES	CANTIDAD	DÓLARES	CANTIDAD	DÓLARES
GLP (Garrafas)	183	9892.98	57	3189.72	126	6703.26
Energía Eléctrica (kWh)	14562	2782.80	7383	1410.89	7179	1371.91
<b>TOTAL</b>						<b>8075.17</b>

Fuente: Investigación de campo  
 Elaborado por: Héctor Terán (2013)

El consumo anual de GLP con el ACS PROPUESTO será de 57 garrafas con un costo total de USD. 3189,72 ahorrando 126 garrafas y USD. 6703,26 y el consumo anual de energía eléctrica es 7383 (kWh) lo cual representa USD. 1410.89 ahorrando 7179 (kWh) y USD. 1371.91; ahorrando **USD 8075.17** en total detallado en la tabla 5.4.

### 5.5.5 Evaluación Financiera

#### a. Criterio del valor actual neto (VAN)

Este criterio nos permite determinar el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros producidos por una inversión. El cual viene dado por la siguiente ecuación, observar en ANEXO 09.

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1 + k_1)} + A + \frac{Q_1}{(1 + k_1) \cdot (1 + k_2)} + \dots + \frac{Q_n}{(1 + k_1) \dots (1 + k_n)} \quad (9)$$

Donde:

**VAN** = Valor Actual Neto de la Inversión

**A** = Valor de la Inversión Inicial

**Qi** = Valor neto de los distintos flujos de caja. Se trata del valor neto así cuando en un mismo período se den flujos positivos y negativos será la diferencia entre ambos flujos.

$k_i$  = Tasa de retorno del período.

**TABLA 5.5. CÁLCULO DEL VAN DEL SISTEMA (ACS)**

<b>INVERSIÓN:</b>	11894	
<b>TASA BCE:</b>	12%	
<b>VIDA UTIL:</b>	25 AÑOS	
<b>AÑO</b>	<b>FLUJO CAJA</b>	<b>VAN 12%</b>
1	7599.54	6785.30
2	7599.54	6058.31
24	7599.54	500.67
25	7599.54	447.03
<b>VAN:</b>		<b>59604.25</b>

Fuente: Investigación bibliográfica  
Elaborado por: Héctor Terán (2013)

El Valor actual neto de la inversión es de USD. **59604.25** lo cual significa que el Sistema de calentamiento de agua sanitaria producirá beneficios lo cual significa que el proyecto es aceptable.

**b. Tasa interna de retorno (TIR)**

El TIR es un indicador de rentabilidad de un proyecto, el cual se lo relaciona con la tasa de referencia, Si este tiene un valor mayor se puede decir que el proyecto es aceptable caso contrario se rechaza el proyecto, para obtener este valor utilizamos la siguiente ecuación 9. Para observar datos detallados por cada año, observar en ANEXO 10.

$$TIR = \frac{-I_0 + \sum_{t=1}^n F_t}{\sum_{t=1}^n x F_t} \tag{10}$$

**F<sub>t</sub>**= Flujos de caja en el período t

**n**= Número de años

**I<sub>0</sub>**= Inversión inicial

**TABLA 5.6. CÁLCULO DE LA TIR DEL SISTEMA (ACS)**

**INVERSIÓN :** 11894  
**TASA BCE:** 12%  
**VIDA UTIL:** 25 AÑOS

<b>AÑO</b>	<b>FLUJO CAJA</b>
<b>lo</b>	<b>-11894</b>
1	6785.30
2	6058.31
3	5409.20
24	500.67
25	447.03
<b>TIR:</b>	<b>46%</b>

Fuente: Investigación bibliográfica  
Elaborado por: Héctor Terán (2013)

La Tasa Interna de Retorno de la inversión es del 46%, lo cual significa que el Sistema de calentamiento de agua sanitaria es superior a la tasa referencial del Banco Central del Ecuador lo cual significa que el proyecto es aceptable o viable. Para observar datos detallados por cada año, observar en ANEXO 10.

### **5.5.6 Análisis Social**

#### **a. Estudio de ahorro social- económico por motivo de la reducción de consumo de GLP y energía eléctrica al implementar el Sistema de Calentamiento de agua Sanitaria.**

El sistema actual utilizado para el servicio de calentamiento de agua anual en el edificio Centauro es de 183 garrafas lo cual representa un costo total de USD. 9892,98 detallado en la tabla 4.9, con el ACS el consumo anual de GLP será de 57 garrafas con un costo total de USD. 3189,72 ahorrando 126 garrafas y USD. 6703,26.

Se contribuye a la sociedad con el ahorro anual económico en GLP y energía eléctrica de USD. 8075.17 a los 16 propietarios de los departamentos del Edificio Centauro a través del Sistema de calentamiento de agua sanitaria.

Se fomenta el uso de energía renovables, aplicado al servicio social urbano de la ciudad de Latacunga, con un patrón precedente para las futuras infraestructuras.

### 5.5.7 Análisis Ambiental

#### a. Ingreso de capital al estado por implementación de un certificado de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> (CERS)

Los Certificados de Reducción de Emisiones de CO<sub>2</sub>, son los créditos por reducciones de emisiones logradas con los proyectos resultantes del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). MDL es un acuerdo en virtud del Protocolo de Kyoto que permite a los países industrializados con un compromiso de reducción de gases de efecto invernadero invertir en proyectos que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero en los países en desarrollo.

Según el régimen de comercio de Emisiones de la Unión Europea, el precio de tonelada de CO<sub>2</sub> se establece en 1,36 euros equivalente a 1,86 dólares

Como se observa en la Tabla 5.7 debido a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> por año producto de la implementación de los paneles solares, el Estado puede tener un ingreso de capital de \$ 0,134 USD/año, lo cual económicamente no es significativo sin embargo el beneficio ambiental no tiene costo.

**TABLA 5.7. AHORRO DE EMISIONES CO<sub>2</sub>**

<b>SISTEMA ACTUAL</b>	<b>ACS</b>	<b>AHORRO GLP</b>	
<b>m<sub>3</sub> CO<sub>2</sub></b>	<b>m<sub>3</sub> CO<sub>2</sub></b>	<b>m<sub>3</sub> CO<sub>2</sub></b>	<b>DÓLARES</b>
167	52	115	0,134

Fuente: Investigación bibliográfica  
Elaborado por: Héctor Terán (2013)

## **5.6 Conclusiones del capítulo**

- Basados en el flujo proyectado para el ACS para el edificio Centauro en un período de veinte cinco años, se obtuvo los siguientes resultados: un Valor Actual Neto de USD. **59604.25**; la TIR del 46% lo que significa que el proyecto es RENTABLE o VIABLE por lo tanto SE ACEPTA.
- A través del ACS se conseguirá ahorrar anualmente USD. 8075,17 en consumo de GLP y energía eléctrica, así como se evitara la emanación de 115 metros cúbicos de CO<sub>2</sub> contribuyendo significativamente al medio ambiente y por ende a reducir la contaminación.

## CONCLUSIONES GENERALES

1.- Se caracterizó el potencial energético del sistema (ACS) actual del edificio CENTAURO, determinando que sus portadores energéticos son el GLP con un 75%, energía eléctrica 20% y agua el 5%.

2.- Con un sistema de calentamiento de agua (ACS) híbrido (GLP-SOLAR) se redujo el consumo de GLP no subsidiado a un consumo promedio anual de 57 garrafas representando 3189.72 dólares, es decir el 69%.

3.- Con un sistemas (ACS) híbrido (GLP-SOLAR) se redujo el consumo de energía eléctrica de 14562 kWh a 7383 kWh ahorrando 7179 kWh, es decir el 49%.

4.- Con un sistema de calentamiento de agua (ACS) híbrido (GLP-SOLAR) en edificaciones se contribuye a reducir las emisiones de CO<sup>2</sup> en un 70%.

5.- La propuesta se encuentra vinculada con el proyecto de Estado del Buen vivir lo que referencia a: “Incrementar la participación de las energías renovables”. Se determinó la propuesta para los sistemas de calentamiento de agua sanitaria a partir del aprovechamiento de energía solar, comprobado por medición, simulación, análisis financiero, y ambiental.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda para estudios posteriores sobre sistemas de calentamiento de agua, la automatización de colectores solares a través de seguidores solares para obtener un mayor potencial de irradiación solar e incremento del rendimiento y eficiencia del sistema.
- 2.- Un posterior estudio estaría vinculado a modificar mecánicamente las cualidades moleculares del fluido conservando que sea consumible para el ser humano con el fin de incrementar la absorción de temperatura e incrementar el rendimiento y eficiencia del sistema.
- 3.- Realizar análisis y simulación de sistemas de calentamiento de agua con otros tipos de energías limpias en otras localidades.

## REFERENCIAS

- ATEHORTÚA, F., Hernando Ram and ZWERG-VILLEGAS, A., 2012. Metodología De La Investigación: Más Que Una receta/Research Methodology: More than a Recipe. Ad-Minister, no. 20, pp. 91-111 ProQuest Central. ISSN 16920279.
- CODAX, “Historia de la energía solar térmica”, [Internet]. 2012 . [consulta: 23 de septiembre del 2013]. Disponible en: <http://www.sitiosolar.com/Historia%20de%20la%20energía%20solar%20termica%20II.htm>
- CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN CTE HE4, “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”, [Internet]. 2009. [consulta: 20 de septiembre del 2013]. Disponible en: [http://www.barcelonaenergia.cat/gestorst/documents/normativa/CTE\\_Seccion\\_HE4.pdf](http://www.barcelonaenergia.cat/gestorst/documents/normativa/CTE_Seccion_HE4.pdf)
- GÓMEZ Carla. Gestión Energética: Balance energético [en línea]. 2009, [consulta: 16 de febrero 2013] Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/claudiag/DocuIPQ/IPQ%20Balance%20de%20energía%20Introduccion.pdf>.
- Grupo Calorex, 2009. Lanza Nueva Generación De Calentadores De Agua. Guadalajara, Mexico, Mexico, Guadalajara, Mexico: , Jul 21, ProQuest Central. ISBN 15637743.
- MÉNDEZ, C. Metodología: Diseño y Desarrollo del proceso de investigación [en línea], Tercera Edición. España: Editorial McGraw Hill, 2001 [consulta: 21 de diciembre 2012]. Disponible en: [books.google.com.ec/books?isbn=9681871774](http://books.google.com.ec/books?isbn=9681871774) ISBN: 9681871774

- MIDUVI, “Energía Renovable. Sistemas de Calentamiento solar para uso sanitario en el Ecuador”, [Internet]. 2008. [consulta: 12 de septiembre del 2013]. Disponible en: <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/biblioteca/>
- ONI, “Sistema Solar”, [Internet]. 2011. [consulta: 23 de octubre del 2013]. Disponible en: [www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi97/imagen/espinal/radiacin.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi97/imagen/espinal/radiacin.htm)
- OSTLE, Bernard., 2002. Estadística aplicada .Mexico City, Mexico, Mexico City: , May 15, Scpace Central. ISBN 968-18-0734-0.
- RODRIGUEZ, d.S., et al, 2009. Europa Solar. REGE.Revista De Gestão, vol. 16, no. 4, pp. 61-75 ProQuest Central
- TEKNOS, “Estructura soporte”, [Internet]. 2012. [consulta: 24 de octubre del 2013]. Disponible en: [www.teknosolar.com/estructura-soporte-tipo-a-para-suelo.html](http://www.teknosolar.com/estructura-soporte-tipo-a-para-suelo.html).
- ULATE, A., 2006. Gas Natural Vs Butano: Cual Da Mas Calor y Cuesta Menos? Monterrey, Mexico, Mexico, Monterrey, Mexico: , Nov 17, ProQuest Central.
- VICTORICO, M.R., 2011. Técnicas de investigación de campo .Mexico City, Mexico, Mexico City: , March 07, Scpace Central. ISBN 13627895

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### DETALLES DE LA MEDICIÓN DEL CONSUMO ANUAL DE GLP.

En el edificio CENTAURO se procedió a solicitar las cartillas de pago de gas industrial no subsidiado de 45 Kg por departamento año 2008 – 2012, se generó datos establecidos a continuación:

**TABLA 1 CONSUMO MENSUAL DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO DEL AÑO 2008**

**SERVICIO BÁSICO:**  
**UNIDAD DE MEDIDA:**

Gas Industrial  
Kilogramos (Kg)

MESES	CONSUMO (Kg)	V/UNIT GLP	DOLARES
Enero	10	49.48	494.8
Febrero	12	49.48	593.76
Marzo	12	49.48	593.76
Abril	13	49.48	643.24
Mayo	12	49.48	593.76
Junio	10	49.48	494.8
Julio	11	49.48	544.28
Agosto	12	49.48	593.76
Septiembre	10	49.48	494.8
Octubre	10	49.48	494.8
Noviembre	11	49.48	544.28
Diciembre	12	49.48	593.76
<b>TOTAL:</b>	<b>135</b>		<b>6679.8</b>

Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**TABLA 2 CONSUMO MENSUAL DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO DEL AÑO 2009**

MESES	# GLP 45 Kg	V/UNIT GLP	DOLARES
Enero	12	50.39	604.68
Febrero	12	50.39	604.68
Marzo	10	50.39	503.9
Abril	13	50.39	655.07
Mayo	12	50.39	604.68
Junio	12	50.39	604.68
Julio	11	50.39	554.29
Agosto	12	50.39	604.68
Septiembre	11	50.39	554.29
Octubre	12	50.39	604.68
Noviembre	11	50.39	554.29
Diciembre	12	50.39	604.68
<b>TOTAL:</b>	<b>140</b>		<b>7054.6</b>

Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**TABLA 3 CONSUMO MENSUAL DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO DEL AÑO 2010**

MESES	# GLP 45 Kg	V/UNIT GLP	DOLARES
Enero	12	51.35	616.2
Febrero	11	51.35	564.85
Marzo	11	51.35	564.85
Abril	12	51.35	616.2
Mayo	11	51.35	564.85
Junio	13	51.35	667.55
Julio	11	51.35	564.85
Agosto	13	51.35	667.55
Septiembre	11	51.35	564.85
Octubre	12	51.35	616.2
Noviembre	13	51.35	667.55
Diciembre	13	51.35	667.55
<b>TOTAL:</b>	<b>143</b>		<b>7343.05</b>

Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**TABLA 4 CONSUMO MENSUAL DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO DEL AÑO 2011**

<b>MESES</b>	<b># GLP 45 Kg</b>	<b>V/UNIT GLP</b>	<b>DOLARES</b>
Enero	13	52.4	681.2
Febrero	14	52.4	733.6
Marzo	14	52.4	733.6
Abril	14	52.4	733.6
Mayo	14	52.4	733.6
Junio	14	52.4	733.6
Julio	14	52.4	733.6
Agosto	15	52.4	786
Septiembre	15	52.4	786
Octubre	17	52.4	890.8
Noviembre	15	52.4	786
Diciembre	16	52.4	838.4
<b>TOTAL:</b>	<b>175</b>		<b>9170</b>

Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

**TABLA 5 CONSUMO MENSUAL DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO DEL AÑO 2012**

<b>MESES</b>	<b># GLP 45 Kg</b>	<b>V/UNIT GLP</b>	<b>DOLARES</b>
Enero	13	54.06	702.78
Febrero	17	54.06	919.02
Marzo	14	54.06	756.84
Abril	14	54.06	756.84
Mayo	16	54.06	864.96
Junio	15	54.06	810.9
Julio	14	54.06	756.84
Agosto	16	54.06	864.96
Septiembre	15	54.06	810.9
Octubre	16	54.06	864.96
Noviembre	15	54.06	810.9
Diciembre	18	54.06	973.08
<b>TOTAL:</b>	<b>183</b>		<b>9892.98</b>

Fuente: Investigación de campo, administración y medición Edificio CENTAURO

Elaborador por: Héctor Terán (2013)

## ANEXOS 2

### e) Análisis del campo de captación (SISTEMA ACS ACTUAL DEL EDIFICIO).

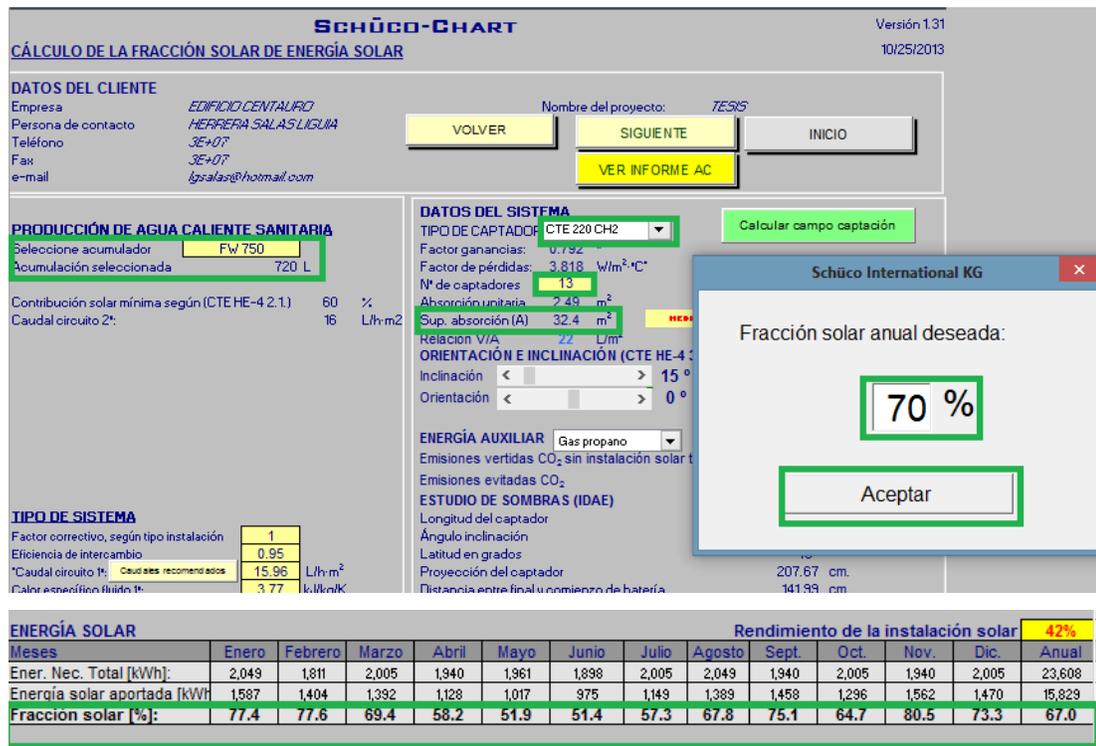


Figura 4.2. Cálculo de campo de captación al 65% actual (sistema ACS) en software Schuco – Chart Energy .

Se procedió a realizar la simulación con los elementos del sistema actual de calentamiento del edificio, en donde se pudo observar ineficiencias en el acumulador de 720 L, que al calcular un campo de captación del 65% como resultado se tiene la necesidad de 12 captadores solares, sin embargo la relación V/A se encuentra en 24 L/m<sup>2</sup>, lo que caracteriza como insuficiente para la demanda normalizada que debe estar en el rango de 50 a 180 L/m<sup>2</sup>. El rendimiento general del sistema es de 42%.

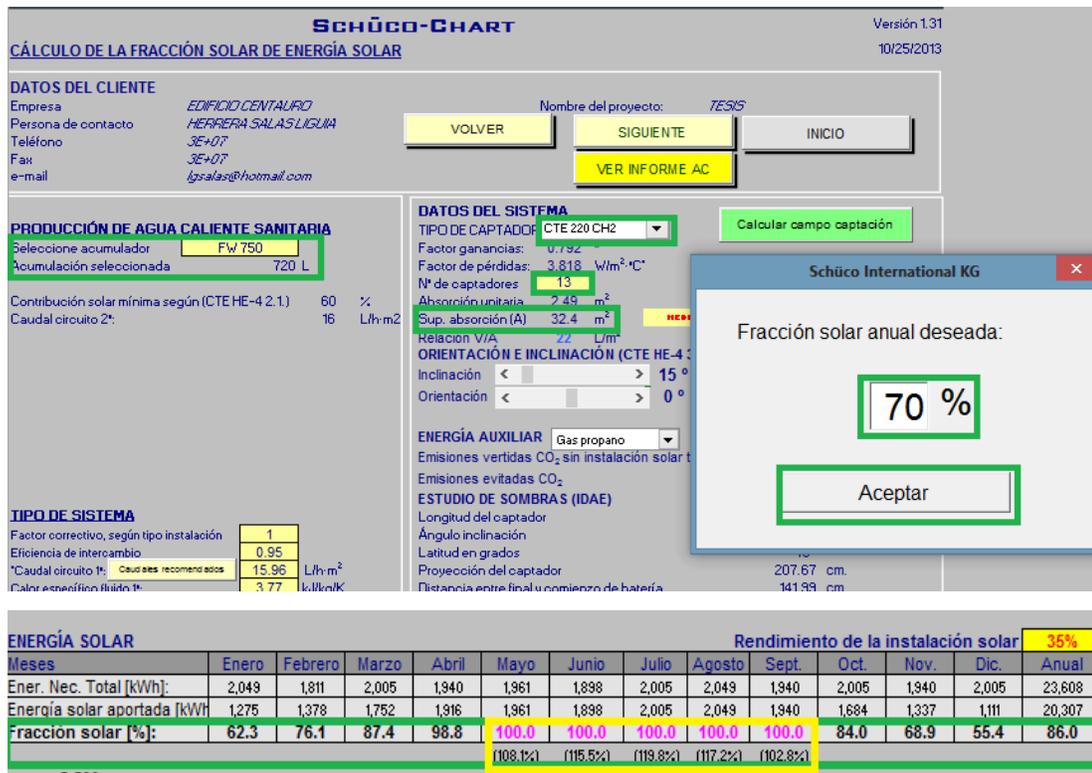


Figura 4.3 Cálculo de campo de captación al 70% actual (sistema ACS) en software Schuco – Chart Energy .

Con respecto a la simulación con un campo de captación del 70% y con el acumulador de 720 L/m<sup>2</sup> se observa que se tiene la necesidad de 13 captadores solares, sin embargo la relación V/A se encuentra en 24 L/m<sup>2</sup> y como resultado no da un sobrecalentamiento del sistema y de los captadores en los meses de Mayo a Septiembre, en donde con respecto a la norma no debe saturarse el sistema más de un mes al año. El rendimiento general del sistema es de 35%.

Con lo antes mencionado se deberá seleccionar de forma adecuada el acumulador y el número de captadores solares para estar en los rangos normalizados de seguridad y abastecer a la demanda instalada del edificio.

### ANEXO 3

#### f) Análisis del campo de captación (SISTEMA ACS PROPUESTA PARA EL EDIFICIO).

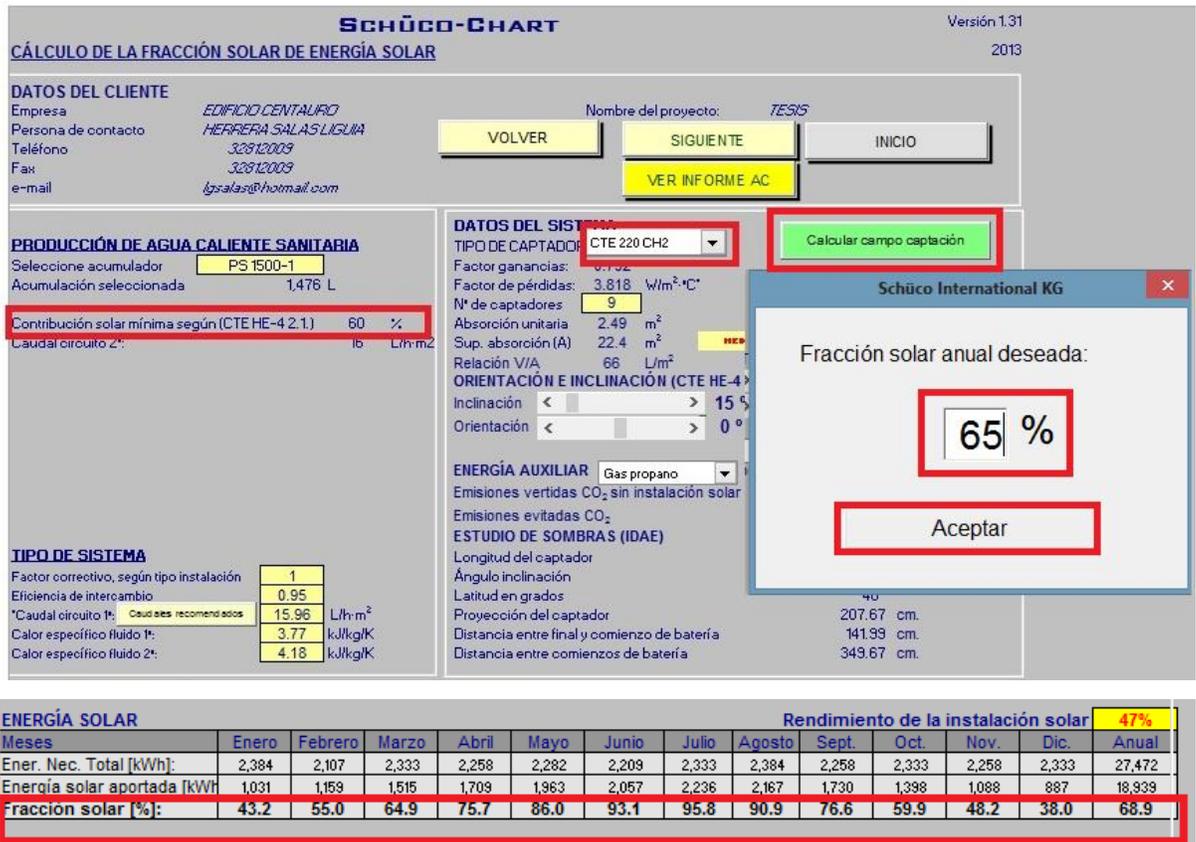


Figura 4.4. Cálculo de campo de captación al 65% PROPUESTA (sistema ACS) en software Schuco – Chart Energy .

En los resultados de la simulación con los elementos de la propuesta del sistema de calentamiento de agua se determina que el campo de captación solar será del 65%, obteniendo un equilibrio entre energía solar aportada anual 18.939 KWh y energía necesaria total 27,472 KWh. El rendimiento del sistema se encuentra en 47%, sin existir sobrecalentamiento; de acuerdo a la norma NEC-10 parte 14-1 ENERGÍA RENOVABLE ECUADOR se encuentra en condiciones normales.

Sin embargo se realizó un análisis con un campo de captación del 70% y se determina que existe sobre calentamiento en el mes de Julio 102% Figura 4.5.

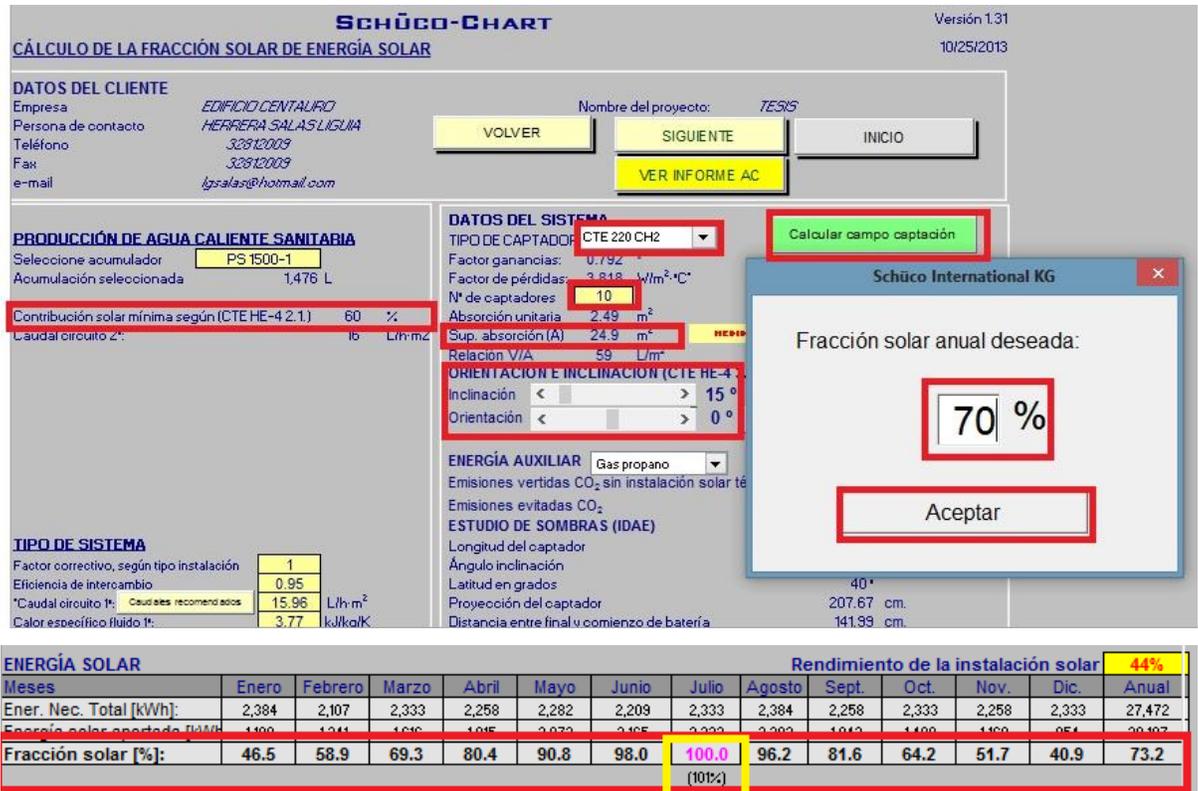


Figura 4.5. Cálculo de campo de captación al 70 % PROPUESTA (sistema ACS) en software Schuco – Chart Energy .

## ANEXO 4

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CAPTADOR SOLAR PLANO CTE 220

#### Datos técnicos del captador Schüco CTE 220

Aplicación	Schüco CTE 220 CH 2	
Calentamiento de ACS	sí	
Instalaciones solares de apoyo a la calefacción (viviendas unifamiliares o adosadas)	sí	
Grandes instalaciones	sí	
<b>Tipo de montaje</b>		
Montaje sobre tejado	sí	
Montaje sobre cubierta plana	sí	
Montaje integrado	no	
Montaje en voladizo/en fachada	no	
Tipo de instalación/orientación	uno al lado del otro, en posición vertical	
N.º máx. de captadores en serie	12	
<b>Medidas y pesos</b>		
Superficie bruta	2,69 m <sup>2</sup>	
Superficie del absorbedor	2,52 m <sup>2</sup>	
Área de apertura	2,49 m <sup>2</sup>	
Dimensiones exteriores (L x An x P)	2.152 x 1.252 x 80 mm	
Peso (vacío)	48 kg	
<b>Índice de rendimiento</b>		
Potencia térmica nominal	2,0 kW	
Potencia del captador	Temperatura media del fluido	Potencia del captador
	20°C	1972 W
	40°C	1765 W
	60°C	1524 W
	80°C	1249 W
	100°C	941 W
	120°C	598 W
Coefficiente de rendimiento	79,2 %	
Coefficiente de pérdida de calor a1	3,818 W/m <sup>2</sup> ·K	
Coefficiente de pérdida de calor a2	0,017 W/m <sup>2</sup> ·K <sup>2</sup>	
Factor de corrección del ángulo de incidencia k50	0,96	
<b>Sistema hidráulico/tuberías</b>		
Tubería	Meandro con tubo colector	
Orientación	vertical	
Conexiones hidráulicas tubo de cobre	18 mm	
Número de conexiones hidráulicas	4	
Tipo de conexión	Unión por abrazaderas de fijación (nuevo)	
Compensación	Externa mediante acoplador de compensador	
Posición de la conexión hidráulica	Lateral, en los lados largos (2 por lado)	
<b>Absorbedor</b>		
Revestimiento del absorbedor	Aluminio selectivo	
Absorción	95 %	
Emisión	5 %	
Material del absorbedor	Aluminio	
Tubos del absorbedor	Cobre	
Sistema de unión chapa/tubos del absorbedor	Tecnología de transferencia de calor	
<b>Valores hidráulicos</b>		
Fluido caloportador autorizado	Líquido solar Schüco (mezcla de agua y glicol)*	
Contenido de fluido caloportador	2,2 l	
Caudal mínimo	2,5 l/min	
Pérdida de carga (2,5 l/min líquido solar)	331 mbar	
Sobrepresión de funcionamiento admisible	10 bar	
Temperatura de estagnación, clase climática A (1000 W/m <sup>2</sup> ; 30 °C)	210 °C	
Temperatura de estagnación, clase climática B (1100 W/m <sup>2</sup> ; 40 °C)	235 °C	
<b>Cubierta frontal</b>		
Vidrio solar	vidrio solar, bajo contenido en hierro, alta transparencia	

## ANEXO 5

### DATOS TÉCNICOS DEL ACUMULADOR DEL SISTEMA (ACS0)

Superficie intercambiador (m <sup>2</sup> )		4,77	3,28	6,31	4,61
Entrada secundario (ACS)	A	467	467	496	496
Retorno de bucle ACS	B	1200	1200	1100	1100
Diámetro cuba	ØC	1100	1100	1250	1250
Diámetro de aislamiento 100 mm	ØD	1300	1300	1450	1450
Dimensión global	D'	1360	1360	1510	1510
Salida primario	E	447	447	465	465
Entrada primario	F	1175	951	1305	1081
Altura de la boca de inspección Ø 150 ó Ø 400	G	840	840	925	925
Altura salida secundario ACS	H	2060	2060	2110	2110
Posición sonda superior	I	1555	1555	1571	1571
Posición de los pies	J	446	446	590	590
	K	515	515	590	590
	L	258	258	590	590
Posición sonda inferior	M	462	462	491	491
Posición sonda intermedia	N	673	673	859	859
Profundidad aislamiento 100 mm	P	1360	1360	1510	1510
Posición de vaciado	V	97	97	97	90
Ø entrada / salida primario	1/2	M 11/4"	M 11/4"	M 11/4"	M 11/4"
Ø entrada / salida secundario / bucle	3/4	M 2"	M 2"	M 2"	M 2"

## ANEXO 6

### DATOS TÉCNICOS DE CONTROLADOR SOLAR TÉRMICA SOLAREG LL VISIÓN



La centralita solareg ii se utiliza como regulador para instalaciones solares térmicas y otros tipos de regulaciones térmicas en las que la fuente de calor es variable. Se utiliza por lo tanto principalmente en energías renovables y procesos de recuperación de calor residual. No es un simple termostato diferencial, es una verdadera centralita de control con diferentes esquemas hidráulicos y numerosas funciones adicionales. Dispone de 3 sondas y 3 relees y es totalmente programable, aunque normalmente los programas ya cargados en el dispositivos son suficientes y se tienen simplemente que configurar. la función básica de termostato diferencial utiliza 2 de las 3 sondas para comparar la temperatura de la fuente de calor (por ejemplo captador solar térmico, tubería impulsión, intercambiador...) y del circuito receptor (por ejemplo acumulador de agua, piscina, circuito secundario...). Nuevo en su caja, se envía por mensajero por 7€ más.

**Palabras clave de este producto:** controlador , diferencial , regulador , sonda , termostato

## ANEXO 7

### DATOS DE VÁLVULA MESCLADORA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA MMV SOLAR ½



Válvula mezcladora termostática compacta diseñada para sistemas de energía solar térmica. En estos sistemas la temperatura del agua en el acumulador puede tener grandes variaciones en función del consumo y la radiación solar. En esta válvula el elemento de cera termostático puede soportar hasta 110oC, además la válvula tiene un recubrimiento interno de PTFE para evitar las incrustaciones. Ver ejemplos de aplicación al final del capítulo. Protección antiquemaduras: en el caso de que se produzca una interrupción en el suministro de agua fría, el paso de agua se bloquea inmediatamente (<2seg.) en cumplimiento con la normativa EN 1111 y EN 1287 (BS 1415 Pt 2 - TMV2).

## ANEXO 8

### CATOS TÉCNICOS TUBERÍA COBRE RÍGIDA ½ TIPO L

#### Descripción General

Tubería de cobre tipo “L” en medidas nominales de 1/4” a 4”.

#### Especificaciones Generales

La tubería rígida de cobre se fabrica bajo la Norma ASTM B88. Se usa en instalaciones de Gas Combustible y Medicinal, tomas Domiciliarias de Agua fría y caliente Potable, en instalaciones de fluidos a presión en condiciones mas severas de servicio y seguridad.

## TUBERIA DE COBRE TIPO L

### PRESENTACION TRAMOS STANDARD DE 6.10 MTS.

MEDIDA NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR	GRUESO PARED	PESO KGS. POR METRO	PESO KGS. POR TRAMOS	PRESION MAXIMA Lbs. x Pulg. <sup>2</sup>	PRESION CONSTANTE Lbs. x Pulg. <sup>2</sup>	FLUJO EN LITROS X MINUTO
1/4" 6.35 mm.	.375" 9.525 mm.	.030" .762 mm.	87	1.143	7200	1440	
3/8" 9.5 mm.	.500" 12.700 mm.	.035" .889 mm.	.295	1.798	6300	1260	7.089
1/2" 12.7 mm.	.625" 15.875 mm.	.040" 1.016 mm.	.424	2.585	5760	1152	13.493
5/8" 15.8 mm.	.750" 19.050 mm.	.042" 1.067 mm.	.539	3.285	5040	1008	
3/4" 19 mm.	.875" 22.225 mm.	.045" 1.143 mm.	.677	4.126	4632	926	36.336
1 " 25 mm.	1.125 " 28.575 mm.	.050 " 1.270 mm.	.975	5.938	4000	800	74.94
1 1/4 " 32 mm.	1.375 " 34.925 mm.	.055 " 1.397 mm.	1.315	8.019	3600	720	132.66
1 1/2 " 38 mm.	1.625 " 41.275 mm.	.060 " 1.524 mm.	1.696	10.369	3323	664	212.56
2 " 51 mm.	2.125 " 53.975 mm.	.070 " 1.778 mm.	2.604	15.894	2965	593	450.79
2 1/2 " 64 mm.	2.625 " 66.675 mm.	.080 " 2.032 mm.	3.690	22.489	2742	548	811.12
3 " 76 mm.	3.125 " 79.375 mm.	.090 " 2.286 mm.	4.955	30.173	2592	518	1314.90
3 1/2 " 89 mm.	3.625 " 92.075 mm.	.100 " 2.540 mm.	6.384	38.942	2482	496	
4 " 102 mm.	4.125 " 102.77 mm.	.110 " 2.794 mm.	8.005	48.789	2400	480	2827.77
5 " 125 mm.	5.125 " 142.87 mm.	.125 " 3.175 mm.	11.325	69.076	2195	439	5173.35

## ANEXO 9

### DATOS DETALLADOS CRITERIO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Este criterio nos permite determinar el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros producidos por una inversión. El cual viene dado por la siguiente formula.

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1 + k_1)} + A + \frac{Q_1}{(1 + k_1) \cdot (1 + k_2)} + \dots + \frac{Q_n}{(1 + k_1) \dots (1 + k_n)} \quad (9)$$

**Tabla 5.5. Cálculo del VAN del Sistema de Calentamiento de agua Sanitaria**

**INVERSIÓN:** 11894  
**TASA BCE:** 12%  
**VIDA UTIL:** 25 AÑOS

AÑO	FLUJO CAJA	VAN 12%	AÑO	FLUJO CAJA	VAN 12%
1	7599.54	6785.30	13	7599.54	1741.62
2	7599.54	6058.31	14	7599.54	1555.02
3	7599.54	5409.20	15	7599.54	1388.41
4	7599.54	4829.65	16	7599.54	1239.65
5	7599.54	4312.18	17	7599.54	1106.83
6	7599.54	3850.16	18	7599.54	988.24
7	7599.54	3437.65	19	7599.54	882.36
8	7599.54	3069.33	20	7599.54	787.82
9	7599.54	2740.47	21	7599.54	703.41
10	7599.54	2446.85	22	7599.54	628.05
11	7599.54	2184.69	23	7599.54	560.75
12	7599.54	1950.61	24	7599.54	500.67
			25	7599.54	447.03
			<b>VAN:</b>		<b>59604.25</b>

El Valor actual neto de la inversión es de USD. **59604.25** lo cual significa que el Sistema de calentamiento de agua sanitaria producirá beneficios lo cual significa que el proyecto es aceptable.



## ANEXO 10

### DATOS DETALLADOS TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

El TIR es un indicador de rentabilidad de un proyecto, el cual se lo relaciona con la tasa de referencia, Si este tiene un valor mayor se puede decir que el proyecto es aceptable caso contrario se rechaza el proyecto, para obtener este valor utilizamos la siguiente ecuación.

$$TIR = \frac{-I_0 + \sum_{t=1}^n F_t}{\sum_{t=1}^n x F_t} \quad (10)$$

TABLA 5.6. CÁLCULO DE LA TIR DEL SISTEMA (ACS)

INVERSIÓN :            11894  
 TASA BCE:            12%  
 VIDA UTIL:            25 AÑOS

AÑO	FLUJO CAJA	AÑO	FLUJO CAJA
<b>Io</b>	<b>-11894</b>	13	1741.62
1	6785.30	14	1555.02
2	6058.31	15	1388.41
3	5409.20	16	1239.65
4	4829.65	17	1106.83
5	4312.18	18	988.24
6	3850.16	19	882.36
7	3437.65	20	787.82
8	3069.33	21	703.41
9	2740.47	22	628.05
10	2446.85	23	560.75
11	2184.69	24	500.67
12	1950.61	25	447.03
		<b>TIR:</b>	<b>46%</b>

La Tasa Interna de Retorno de la inversión es del 46%, lo cual significa que el Sistema de calentamiento de agua sanitaria es superior a la tasa referencial del Banco Central del Ecuador lo cual significa que el proyecto es aceptable o viable.