



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**Disertación previa a la obtención del título de Ingeniero
Civil**

**Propuesta de diseño de un sistema mixto de calentamiento de
agua, por medio de energía solar y GLP, en una vivienda
unifamiliar de la ciudad de Quito.**

Autor: Héctor Cristóbal León Sitimbaya

Director: Ing. Juan Carlos Moya MSc.

Quito, Enero de 2016

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ingeniero **Juan Carlos Moya Heredia** MSc., tutor designado por la Universidad Internacional del Ecuador UIDE para revisar el Proyecto de Investigación Científica con el tema: “PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA MIXTO DE CALENTAMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE ENERGÍA SOLAR Y GLP EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE QUITO” del estudiante **Héctor Cristóbal León Sitimbaya**, alumno de Ingeniería Civil, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos de fondo y los méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Comité Examinador designado por la Universidad.

Quito, enero de 2016

EL TUTOR



Ing. Juan Carlos Moya MSc.

C.I. 171091908 – 3

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, Héctor Cristóbal León Sitimbaya, declaro que el trabajo de investigación denominado: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA MIXTO DE CALENTAMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE ENERGÍA SOLAR Y GLP EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE LA CIUDAD DE QUITO" es original, de mi autoría y exclusiva responsabilidad legal y académica, habiéndose citado las fuentes correspondientes y en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Quito, enero de 2016



1714094131

DEDICATORIA

A mi madre Martha por brindarme siempre su apoyo incondicional.

A mi padre Héctor que está en el cielo por haberme guiado a estudiar esta hermosa carrera.

A mi esposa Diana y a mis hijos Jostin y Leonel por ser mi mayor motivación de superación.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, quienes me han acompañado con sus consejos todos los días de mi vida.

A mi esposa, por su amor y comprensión.

A mi hermana María, por estar pendiente de mí en los primeros años de carrera.

A mi tutor de tesis, por guiarme al desarrollo de la investigación.

A la Universidad Internacional del Ecuador, por haberme brindado conocimientos y contribuir a ser profesional.

Índice del contenido

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	iv
Índice del contenido.....	v
Índice de figuras	x
Índice de tablas	x
Índice de ilustraciones	xi
Índice de ecuaciones.....	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv
Capítulo 1	1
1. El Problema	1
1.1 El objeto de investigación	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Formulación del problema.....	2
1.4 Sistematización.....	2
1.5 Objetivos: General y Específico	3
1.5.1 Objetivo General	3
1.5.2 Objetivos Específicos	3
1.6 Justificación	3
1.6.1 Justificación Teórica	3
1.6.2 Justificación Práctica	4
1.6.3 Justificación Relevancia Social	4
1.7 Formulación de la idea a defender.....	4
1.7.1 Variables dependientes e independientes.....	4
Capítulo 2	6
2. Marco Teórico	6

2.1 Dotación y uso de agua en domicilios.....	6
2.2 Tipos de Energía.....	6
2.2.1 Energía Eólica	6
2.2.2 Energía Geotérmica	7
2.2.3 Energía Solar	8
2.2.3.1 El Sol	8
2.2.3.2 Radiación solar	8
2.2.4 Tipos de radiación	9
2.2.4.1 Radiación directa	9
2.2.4.2 Radiación difusa	10
2.2.4.3 Radiación reflejada	10
2.2.4.4 Radiación global	10
2.3 Energía solar térmica.....	10
2.4 Sistemas de calentamiento de agua	10
2.4.1 Sistema de colector solar por termosifón	10
2.4.1.1 Colector solar.....	11
2.4.1.2 Colectores de Alta Temperatura	12
2.4.1.3 Colectores de Media Temperatura.....	12
2.4.1.4 Colectores de baja Temperatura.....	12
2.4.2 Colectores de polipropileno	13
2.4.2.1 Colectores de placa plana	14
2.4.3 Colectores de tubos de vacío	14
2.4.4 Colector de tipo vidrio – vidrio	15
2.4.5 Colector de tubo vidrio – metal.....	16
2.5 Componentes de un colector solar	16
2.5.1 Captador.....	17
2.5.1.1 De circulación natural	17
2.5.1.2 De circulación forzada.....	17
2.5.2 Almacenamiento.....	18
2.5.3 Circulación y distribución.....	18
2.5.4 Control.....	19
2.5.4.1 Tablero de control.....	19

2.5.4.2 Sensor de nivel	20
2.5.4.3 Electroválvula	20
2.6 Sistema a Gas	21
2.6.1 Calefones	21
2.6.1.1 Calefón de GLP	21
2.7 Tipos de calefones.....	22
2.7.1 Calefones instantáneos.....	22
2.7.1.1 Pequeños.....	22
2.7.1.2 Medianos	22
2.7.1.3 Grandes	22
2.7.2 Calefones de acuerdo a la evacuación de gases	22
2.7.2.1 De tiro forzado	23
2.7.2.2 De tiro natural	23
2.7.3 Calefones según el tipo de alimentación del aire	23
2.7.3.1 De cámara abierta	23
2.7.3.2 De cámara estanca.....	23
2.7.4 Estructura y partes de un calefón.....	24
2.8 Calentador de agua por electricidad	25
2.8.1 Calentadores eléctricos sin depósito.....	25
2.8.2 Calentadores eléctricos con depósito.....	25
2.8.3 Calentadores de acumulación	26
2.9 Fundamentación Legal	27
Capítulo 3.....	29
3. Metodología	29
3.1 Diseño o tipo de investigación	29
3.2 Métodos de investigación	30
3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información utilizada.....	30
3.4 Técnicas para el procesamiento de datos y análisis de los resultados obtenidos.....	37
Capítulo 4.....	38
4. Descripción del sistema de ACS existente y propuesta de diseño del sistema mixto de calentamiento de agua	38

4.1 Características del calefón.....	38
4.2 Abastecimiento de agua caliente	38
4.3 Red de distribución de agua caliente	39
4.4 Seguridad e instalación del calefón	39
4.5 Tanque de gas	39
4.6 Análisis del sistema de ACS existente.....	39
4.6.1 Demanda de agua caliente.....	39
4.6.2 Potencia calorífica del calefón.....	40
4.6.3 Funcionamiento del calefón.....	40
4.7 Propuesta de diseño del sistema mixto de calentamiento de agua	41
4.8 Diseño de un sistema mixto de calentamiento de agua por medio de energía solar y GLP en una vivienda unifamiliar.....	41
4.8.1 Información del lugar de estudio	41
4.8.2 Objetivos de la propuesta.....	42
4.8.3 Justificación de la propuesta	42
4.9 Dimensionamiento del sistema de calentamiento de agua por medio de energía solar	42
4.9.1 Introducción.....	42
4.9.2 Demanda de agua caliente.....	43
4.9.3 Determinación del consumo total diario de ACS	45
4.9.4 Cálculo de la demanda energética del ACS	45
4.9.5 Cálculo de la superficie colectora, volumen de acumulación de ACS y aporte solar	46
4.9.6 Dimensionado del captador solar.....	47
4.9.7 Irradiación media mensual sobre superficie inclinada	48
4.10 Selección del tipo de colector disponible en el mercado.....	51
4.11 Modelo operativo del sistema de calentamiento de agua por medio de energía solar y GLP	52
4.11.1 Partes del sistema mixto colector solar – GLP.....	52
4.11.2 Operación del sistema.....	52
4.11.3 Plano de diseño.....	54
4.12 Evaluación de impacto social.....	55

4.13 Evaluación de impacto económico.....	55
4.14 Evaluación de Impacto ambiental	55
Capítulo 5.....	57
5. Presupuesto referencial del sistema mixto de calentamiento de agua.....	57
5.1 Análisis de precios unitarios.....	58
5.2 Análisis económico financiero.....	58
5.2.1 Consumo de glp para el calentamiento de agua por medio de calefón.....	58
5.2.2 Costo de energía eléctrica con ducha eléctrica.....	58
5.2.3 Costo de energía por tanque termostato	58
5.2.4 Costo de Energía Eléctrica con calefón eléctrico	59
5.2.5 Recuperación de la Inversión	59
Capítulo 6.....	63
6. Conclusiones y Recomendaciones	63
6.1 Conclusiones	63
6.2 Recomendaciones	64
Referencias bibliográficas.....	65

Índice de figuras

Figura 2.1 Esquema de un calentador de paso instantáneo (control electrónico).....	24
Figura 3.1 Pregunta 1.....	32
Figura 3.2 Pregunta 2.....	33
Figura 3.3 Pregunta 3.....	34
Figura 3.4 Pregunta 4.....	35
Figura 3.5 Pregunta 5.....	36
Figura 4.1 Esquema de diseño del sistema.....	54

Índice de tablas

Tabla 3.1 Pregunta 1.....	32
Tabla 3.2 Pregunta 2.....	33
Tabla 3.3 Pregunta 3.....	34
Tabla 3.4 Pregunta 4.....	35
Tabla 3.5 Pregunta 5.....	36
Tabla 4.1 Consumo de ACS según el tipo de vivienda.....	43
Tabla 4.2 Consumo de ACS según su uso.....	43
Tabla 4.3 Temperaturas y consumos en aparatos sanitarios.....	44
Tabla 4.4 Sugerencias de Consumo de ACS según algunas fuentes .	44
Tabla 4.5 Temperatura (°C) diaria media mensual de la ciudad de Quito.....	45
Tabla 4.6 Demanda Energética del ACS.....	46
Tabla 4.7 Radiación media diario mensual de la ciudad de Quito.....	48
Tabla 4.8 Datos meteorológicos.....	49
Tabla 4.9 Variables que intervienen en el rendimiento térmico diario mensual.....	50
Tabla 4.10 Determinación del área de captación solar necesaria para el suministro de agua caliente.....	50
Tabla 5.1 Presupuesto referencial del sistema.....	57
Tabla 5.2 Comparación de costos entre sistemas de calentamiento de agua.....	59
Tabla 5.3 Análisis de la recuperación comparado con la ducha eléctrica.....	60
Tabla 5.4 Análisis de la recuperación comparado con el tanque termostato.....	61

Tabla 5.5 Análisis de la recuperación comparado con el calefón eléctrico	62
--	----

Índice de ilustraciones

Ilustración 2.1 Central eólica Villonaco Loja	6
Ilustración 2.2 Planta geotérmica	7
Ilustración 2.3 Generación de energía eléctrica por geotermia	7
Ilustración 2.4 Tipos de radiación	9
Ilustración 2.5 Sistema termosifónico	11
Ilustración 2.6 Colector de alta temperatura	12
Ilustración 2.7 Colectores de polipropileno	13
Ilustración 2.8 colectores para calentamiento de piscina	13
Ilustración 2.9 Colectores de placa de vidrio templado	14
Ilustración 2.10 Colector de tubos de vacío.....	14
Ilustración 2.11 Colector de tubos de vidrio y en su interior vacío.....	15
Ilustración 2.12 Colector de tubo de vidrio y en su interior tubo de cobre	16
Ilustración 2.13 Área de captación	17
Ilustración 2.14 Tanque de almacenamiento	18
Ilustración 2.15 Instalación de colector, tubería y válvulas.....	18
Ilustración 2.16 Tablero de control digital	19
Ilustración 2.17 Sensor de nivel.....	20
Ilustración 2.18Electroválvula	20
Ilustración 2.19 Calefón a gas	21
Ilustración 2.20 Calefón eléctrico.....	25
Ilustración 2.21 Tanque de Acumulación.....	26

Índice de ecuaciones

Ecuación 4.1 Fórmula para calcular el área del captador solar	47
Ecuación 4.2 Fórmula para calcular la irradiación media mensual sobre superficie inclinada	48
Ecuación 4.3 Fórmula para determinar la eficiencia del colector solar	49

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Instalación hidráulica: Son un conjunto de tuberías y accesorios destinados a conducir el agua fría hasta los calentadores de paso continuo y acumulativo y el agua caliente, desde estos hasta las diferentes aplicaciones sanitarias. (INEN, 1998)

Irradiancia: Relación entre la energía removida por un fluido de transferencia (NTE INEN 2 507, 2009) durante un período de medición dado, y la radiación solar total (en MJ/m²) que incide sobre el área bruta del colector solar, durante dicho período de medición.

Sistema de circulación forzada: Sistema que utiliza una bomba para hacer circular el fluido de transferencia entre el absorbedor y los colectores. (NTE INEN 2 507, 2009)

Sistema termosifón: Sistema que utiliza solo los cambios de densidad del fluido de transferencia, para lograr la circulación entre el colector y el dispositivo de almacenamiento. (NTE INEN 2 507, 2009)

Sistema directo: Sistema de calentamiento solar en que el agua calentada para consumo final o circulado al usuario, pasa directamente a través del colector.

Sistema indirecto: Sistema de calentamiento solar en que un fluido de transferencia de calor, diferente del agua para consumo, pasa directamente a través del colector. (INEN, 1998)

RESUMEN

La presente investigación establece una propuesta de diseño de un sistema mixto de calentamiento de agua por medio de energía solar y GLP. Los dos sistemas se incluyeron por la necesidad de contar un sistema de respaldo cuando el principal deje de funcionar por alguna razón. El documento se le ha organizado en cinco capítulos:

En el Capítulo I, se procede primeramente a identificar el problema, describiendo las posibles causas y consecuencias del problema.

En el Capítulo II, una vez revisada la bibliografía se definió los términos a utilizarse en la investigación los cuales fueron plasmados en el marco referencial y teórico.

En el Capítulo III, se establece los métodos de investigación, las técnicas e instrumentos para recolectar y para el procesamiento de los datos.

El Capítulo IV se desarrolla la estructura del sistema ACS existente y se define la propuesta de diseño del sistema mixto de calentamiento de agua por medio de energía solar y GLP en una vivienda unifamiliar.

El Capítulo V se determina el presupuesto referencial del diseño.

Finalmente en el Capítulo VI, se realiza las conclusiones y recomendaciones del funcionamiento de la propuesta del diseño planteada en la investigación.

ABSTRACT

This research provides a design proposal for a mixed system of water heating by solar energy and LPG. The two systems were included by the need for a backup system when the main system stop working for some reason. The document is organized into five chapters:

In Chapter I describes facts to identify the problem, describing the possible causes and consequences of the problem.

In Chapter II, having reviewed the literature I wrote the terms used in the investigation which were detailed in the reference framework.

In Chapter III describes the research methods, techniques and tools for collecting and processing the data set.

In Chapter IV describes the existing structure, ACS system and develops the proposed design of the mixed water heating system with solar energy and LPG for a house.

In Chapter V design the reference budget is determined.

Finally in Chapter VI, conclusions and recommendations of the proposed operation posed in the research design are performed.

INTRODUCCIÓN

Quito posee una posición geográfica privilegiada, al estar en latitud cero los rayos del sol caen perpendicularmente todo el año. A medida que una ciudad está ubicada más hacia el sur o más hacia el norte los rayos caen con una inclinación.

La posición geográfica tiene ventajas con el resto de ciudades del Ecuador por el nivel de captación de energía térmica solar el cual puede ser usado para el calentamiento de agua para una infraestructura de uso sanitario.

El uso de energías renovables para el calentamiento de agua es una alternativa a la electricidad y el gas que se utiliza mediante combustibles fósiles los cuales contaminan y degradan el medio ambiente.

La presente investigación en la ciudad de Quito muestra el análisis sobre el diseño de un sistema de calentamiento de agua que utiliza la energía solar como sistema principal de uso, y un sistema de calentamiento de agua que utiliza GLP como sistema secundario de uso, los dos sistemas se integran en uno solo, de tal manera que pueda servir de respaldo de operación cuando el sistema principal deje de funcionar por algún motivo como días oscuros por falta de luz solar.

Capítulo 1

1. El Problema

Propuesta de diseño de un sistema mixto de calentamiento de agua por medio de energía solar y GLP (gas licuado de petróleo) en una vivienda unifamiliar.

1.1 El objeto de investigación

La presente disertación centra su investigación en el diseño de un sistema de calentamiento de agua compuesto por un calefón a GLP y un módulo de colectores solares para el consumo de ACS (agua caliente sanitaria) en una vivienda promedio de cuatro personas.

1.2 Planteamiento del problema

Según datos del Ministerio de Electricidad se estima que 400 mil hogares en el país utilizan calefones a gas para el calentamiento de agua de uso doméstico. Estos en su gran mayoría en la sierra, especialmente en las grandes ciudades como Quito han tenido gran aceptación por su alto desempeño.

La mayoría de hogares utilizan duchas eléctricas esto representa un mayor consumo de luz eléctrica y aumento en el valor de la planilla eléctrica. Los tanques de agua eléctricos, son los que menos se utilizan generalmente son instalados en edificios y el agua caliente comparten entre varias familias.

El país está en pleno proceso de cambio de la matriz productiva por lo que es inminente la eliminación del subsidio del gas licuado de petróleo (GLP), esto hace pensar que el precio a futuro del combustible se elevaría, y afectaría al bolsillo del consumidor.

El bajo costo hoy en día del GLP ha llevado a ser el preferido en sistemas de calentamiento de uso doméstico consumiendo importantes

cantidades de este combustible. Sin pensar en posibles desabastecimientos del producto y en la duración que tiene de vida útil un calefón. El precio oficial la energía en el país está en 9,33 centavos el kWh para los consumidores residenciales. (Araujo, 2015)

Por lo que se hace evidente la reutilización del mismo en viviendas existentes para que sirvan de apoyo a sistemas renovables de menor impacto ecológico como los calentadores solares que son sistemas que aprovechan la energía solar siendo esta inagotable, pero en condiciones climáticas desfavorables son inestables por la variabilidad de la radiación solar.

Sistemas que han sido muy poco utilizados por su alto costo inicial y el desconocimiento de su correcto uso.

Por todo lo anterior se hace necesario el diseño de un sistema mixto de calentamiento de agua en una vivienda unifamiliar promedio de cuatro personas el cual cuenta con un sistema hidrosanitario de agua caliente por medio de un calefón a GLP.

1.3 Formulación del problema

A este tipo de vivienda es importante dotarle de un servicio básico, con un sistema que esté al alcance del bolsillo del usuario y que su inversión se vea reflejado en poco tiempo; por esto se propone el presente proyecto de tesis titulada: "Propuesta de diseño de un sistema mixto de calentamiento de agua por medio de energía solar y GLP en una vivienda unifamiliar".

1.4 Sistematización

El problema a estudiarse es llevado a cabo con la recolección de la información de usos y demanda de agua caliente, determinada por el consumo diario por persona, estipuladas en normas y códigos internacionales. Así como de datos de temperatura del agua, de temperatura ambiente y de la radiación media mensual, para la ciudad

de Quito, publicados en anuarios meteorológicos del INAMHI y del atlas solar del CONELEC. Los cuales establecen el valor de la demanda energética como la de la energía solar anual disponible. Establecido estos parámetros se diseña el área de captación solar y el volumen del tanque acumulador.

1.5 Objetivos: General y Específico

1.5.1 Objetivo General

Diseñar el sistema mixto de calentamiento de agua por medio de energía solar y GLP en una vivienda unifamiliar.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Estudiar las energías que se aplicará en el diseño.
- Describir el sistema de agua caliente utilizado en el lugar.
- Diseñar el sistema mixto de calentamiento de agua.
- Realizar el presupuesto referencial del costo general del sistema.

1.6 Justificación

1.6.1 Justificación Teórica

Los calentadores solares que hoy en día se están utilizando son dependientes de la energía solar que se tenga en el transcurso del día siendo aquella limitada, intermitente y difusa por eso se busca alternativas con sistemas auxiliares que sean instantáneos, estables y eficientes.

Por lo que el presente trabajo de investigación junta un sistema de panel solar con un calefón a gas para disminuir aquellos gastos de combustible necesario para el calentamiento de agua de uso doméstico.

1.6.2 Justificación Práctica

Aportará información de cálculo a constructores, profesionales y técnicos en el dimensionamiento de los componentes del sistema, para que sirvan como referencia en la elaboración de diseños hidrosanitarios e implementación en construcciones existentes, nuevas y en edificaciones con mayor número de ocupantes.

1.6.3 Justificación Relevancia Social

Hay que ser claro que se propone un sistema de calentamiento de agua el cual no se pretenda reemplazar los métodos tradicionales sino integrarse a ellos para lograr un ahorro de la energía, empleando las fuentes de energías renovables, generando un beneficio ecológico y económico tanto para el estado como para el usuario.

Por otra parte mejora la calidad de vida, brindando funcionalidad, seguridad y comodidad a las personas que habitan la vivienda.

1.7 Formulación de la idea a defender

A través de la propuesta del diseño del sistema mixto se pretende verificar la disposición óptima del funcionamiento de los dos sistemas en conjunto, el comportamiento térmico del sistema de calentamiento solar de agua y el sistema de calentamiento de agua GLP en una vivienda unifamiliar.

Un sistema que esté al alcance del bolsillo del usuario y que su inversión se vea reflejado en poco tiempo.

1.7.1 Variables dependientes e independientes

Variable Dependiente

La variable dependiente es la medida de la eficiencia en el uso de los dispositivos como el termosifón dentro del sistema mixto de calentamiento de agua por medio de energía solar y GLP en una vivienda unifamiliar.

Variable Independiente

Para este estudio se consideraron la siguiente variable independiente: calentamiento del agua.

Capítulo 2

2. Marco Teórico

2.1 Dotación y uso de agua en domicilios

La dotación de agua para viviendas estará de acuerdo con el número de habitantes a razón de 150 litros por habitante por día, como dotaciones diarias mínimas de agua para uso doméstico como descarga del excusado, aseo corporal, cocina, bebida, lavado de ropa, riego de jardines y patios, limpieza en general, lavado de automóviles, aire acondicionado (Norma técnica IS-010)

2.2 Tipos de Energía

2.2.1 Energía Eólica

Ilustración 2.1 Central eólica Villonaco Loja



Fuente: (Celec Ep Gensur, 2008)

Es un tipo de energía renovable que es producida o impulsada por el viento. (DRAE, 2015)

Con una velocidad de viento promedio anual de 12m/s garantiza una generación de energía de 59.57 GW/h/año. (Celec Ep Gensur, 2008)

2.2.2 Energía Geotérmica

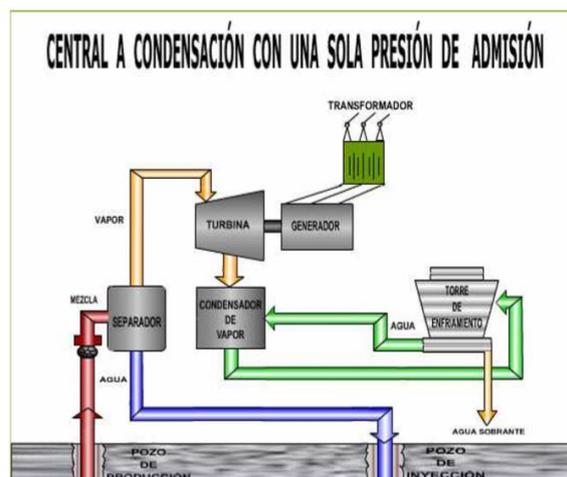
Ilustración 2.2 Planta geotérmica



Fuente: (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía)

Fuente de energía renovable que se obtiene aprovechando el calor del interior que se encuentran en las capas de la Tierra. (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía)

Ilustración 2.3 Generación de energía eléctrica por geotermia



Fuente: (Nuñez, Diaz, & Velasquez Espinoza, 2008)

Según el reporte del ENEL el 2015, la geotermia abastece 8900 MW en veinte y cuatro países de mundo, generando electricidad para una población de sesenta millones de habitantes. (Nuñez, Diaz, & Velasquez Espinoza, 2008)

2.2.3 Energía Solar

La energía solar es la energía producida por el sol. Es una fuente de energía prácticamente inagotable. Además de ser segura, libre de contaminación y gratuita.

A pesar de desperdiciarla casi en su totalidad. El sol cada año produce sobre la tierra cuatro mil veces más energía de la que se necesita. Se la mide como en las demás energías en Joule. (Valtueña, 2001, pág. 285)

2.2.3.1 El Sol

El sol es una estrella que emite luz y calor. Que se formó hace unos 4650 millones de años y que desaparecerá en unos 5000 millones de años. El sol es una esfera incandescente con un radio de unos 695.000 kilómetros. Es una estrella que tiene una masa 332.830 veces mayor que la de la tierra y 1.300.000 veces más grande que la tierra.

A una temperatura en el centro del sol de unos 15 millones de grados centígrados, lo que en la tierra en su centro es de 5000 °C. (Levenspiel, 2004, pág. 200)

2.2.3.2 Radiación solar

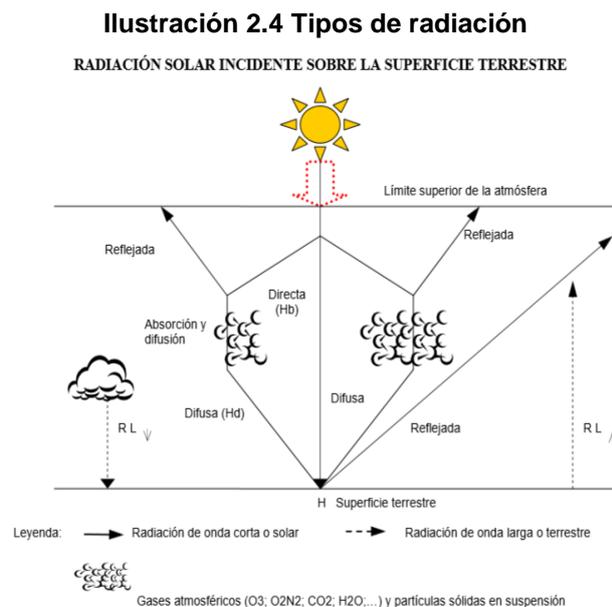
La radiación solar es la emisión de energía por ondas electromagnéticas que se desplazan en el espacio en todas direcciones. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono.

La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la **irradiancia**, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, llega a la Tierra. Su unidad es el W/m^2 (vatio por metro cuadrado). Y su valor es de $1370 W/m^2$ aprox. (Kopp & Lean, 2011)

Es importante tener claro el conocimiento de la radiación solar para la instalación correcta de un colector solar, dirigirle hacia el sol y darle una inclinación óptima, de manera que capte la mayor irradiancia posible.

2.2.4 Tipos de radiación

La radiación solar puede manifestarse de tres modos diferentes dependiendo de cómo se recepta en los objetos.



Fuente: (Bernandelli, 2010)

2.2.4.1 Radiación directa

Es la radiación que llega directamente del sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Proyecta una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan. (Payns , 2013)

2.2.4.2 Radiación difusa

Es la radiación producida por las nubes, más débil que la directa. No proyecta sombra con respecto a los objetos opacos interceptados. (Aragón, 2014)

2.2.4.3 Radiación reflejada

Es la radiación formada por la dos anteriores que es reflejada cuando cae en la superficie terrestre.

2.2.4.4 Radiación global

Está constituida por la radiación directa, difusa y reflejada. (Aragón, 2014)

2.3 Energía solar térmica

La energía solar térmica es la captación de la energía del sol para producir calor que será utilizado en procesos industriales, mecánicos, domésticos, etc. La obtención de calor se realiza por medio de unos elementos específicamente diseñados denominados colectores solares. (Romero, 2009)

2.4 Sistemas de calentamiento de agua

2.4.1 Sistema de colector solar por termosifón

Es un sistema compuesto por tubos de vidrio con diámetros de entre 47 y 65 mm y longitudes de tubos que varían de 1.50 a 210 m. Las capacidades para su almacenamiento están entre los 100 y 300 litros.

La operación de un sistema termosifón consiste que el agua fría que se encuentra en el tanque de acumulación desciende a los tubos

que pueden ser de vidrio o cobre en donde se calienta, y conforme baja su densidad asciende al tanque de almacenamiento durante las horas de radiación solar. (GEF, 2013)

Ilustración 2.5 Sistema termosifónico



Fuente: (Magen eco- Energy, 2011)

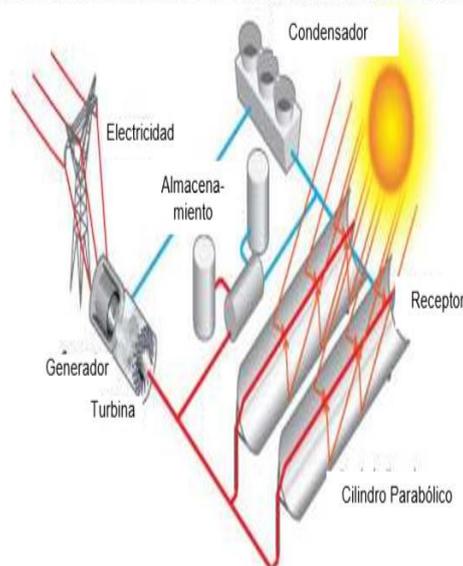
2.4.1.1 Colector solar

El colector solar es un dispositivo capaz de absorber la energía proveniente del sol, utilizándola para el calentamiento de un fluido a una cierta temperatura. Por lo que los colectores pueden ser de: (Barbero, 2012)

- Alta temperatura
- Media temperatura
- Baja temperatura

2.4.1.2 Colectores de Alta Temperatura

Ilustración 2.6 Colector de alta temperatura
ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA SOLAR LINEAR
CON COLECTORES PARABÓLICOS Y CAPACIDAD DE ALMACENAJE TÉRMICO



Fuente: (Bernandelli, 2010)

Son aquellos colectores destinados a elevar temperaturas de agua superiores a los 250°. Como por ejemplo generación de vapor, para producción de electricidad a gran escala. (Suawa, 2014)

2.4.1.3 Colectores de Media Temperatura

Colectores para aplicaciones que requieren temperaturas de agua entre 80°C y 250°C. Pueden ser utilizados en procesos industriales, como la desalinización de agua de mar.

2.4.1.4 Colectores de baja Temperatura

Son colectores que calientan el agua a una temperatura menor a los (90°C) noventa grados centígrados. Según sus materiales y aplicaciones tenemos colectores de polipropileno, de placa plana y de tubos de vacío.

2.4.2 Colectores de polipropileno

Ilustración 2.7 Colectores de polipropileno



Fuente: autoría propia Héctor León

Estos colectores están conformados por una gran cantidad de pequeños tubos de dicho material por los que circula el agua que se calentara a una temperatura máxima de 35°C. Ideales para utilizar en la climatización de piscinas. Por su composición son muy resistentes al alto porcentaje de cloro que contienen estas aguas. (Fondevila & Scarpellini, 2013)

Ilustración 2.8 colectores para calentamiento de piscina



Fuente: autoría propia Héctor León

2.4.2.1 Colectores de placa plana

Ilustración 2.9 Colectores de placa de vidrio templado



Fuente: autoría propia Héctor León

Son colectores cuya cubierta es de vidrio. De forma rectangular por lo general metálico (hierro, cobre o aluminio). Propicio para la generación en su interior el efecto invernadero Su temperatura de trabajo está en un rango de 50-70°C. Indicados para el calentamiento de agua caliente sanitaria. (Meinel & Mainel, 1989)

2.4.3 Colectores de tubos de vacío

Ilustración 2.10 Colector de tubos de vacío



Fuente: autoría propia Héctor León

También llamados evacuados son colectores tubulares conformados por dos tubos de vidrio de barosilicato de los cuales se extrae el aire contenido en el espacio anular formado entre ellos.

Estos poseen un mayor rendimiento y proporcionan temperaturas superiores a las de placa plana, pudiendo alcanzar temperaturas de trabajo de 70°C. (Reig, 2007)

En función del material que estén fabricados estos pueden ser de tipo vidrio - vidrio y los de vidrio – metal.

Según Pilatoswky, 2009 su funcionamiento está basado en el principio de los termos, que utilizamos para mantener la temperatura de líquidos por mayor tiempo posible.

2.4.4 Colector de tipo vidrio – vidrio

Ilustración 2.11 Colector de tubos de vidrio y en su interior vacío

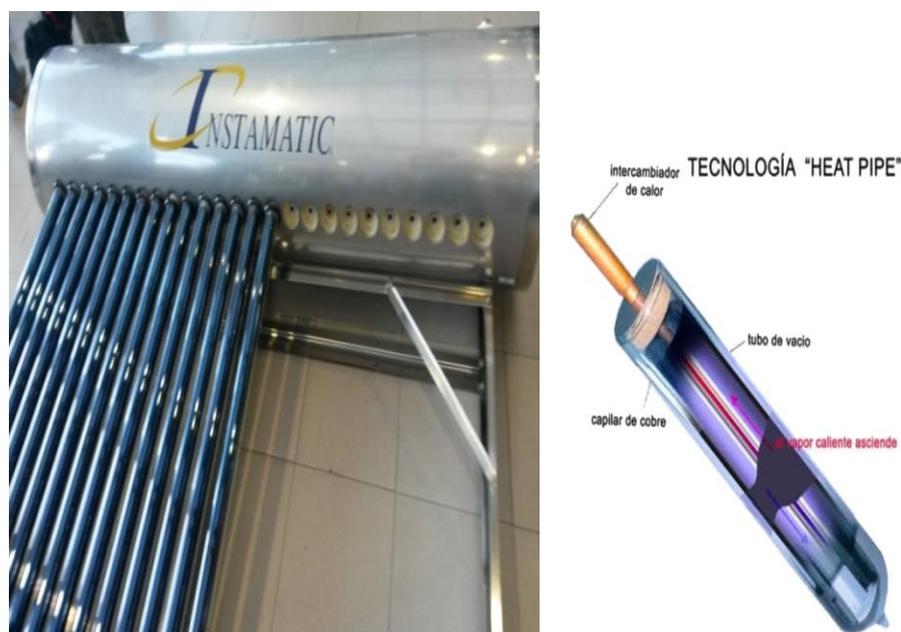


Fuente: autoría propia Héctor León

Consisten en dos tubos de vidrio unidos entre si generalmente hechos de barosilicato y que durante su fabricación al espacio que lo separan el uno del otro se le extrae la mayor parte del aire, hasta alcanzar una muy baja presión, lo cual actúa como un aislante térmico. En la parte exterior del tubo interior se coloca un recubrimiento selectivo y el agua circula y se calienta dentro de este tubo. (Inenco, 2007)

2.4.5 Colector de tubo vidrio – metal

Ilustración 2.12 Colector de tubo de vidrio y en su interior tubo de cobre



Fuente: autoría propia Héctor León

Al igual que el anterior constan de dos tubos de vidrio, en su interior está la diferencia. En su interior tiene una lámina conductora de calor de aluminio o de cobre, cuya forma curva está unida a un tubo de cobre en forma de U, en cuyo interior circula el agua.

La clave de los colectores de tubos de vidrio es que el vacío reduce las pérdidas de calor e incrementa el rendimiento térmico del colector, en consecuencia de necesita menor área de captación solar y funciona a temperaturas que pueden alcanzar los 100°C. (Inenco, 2007)

2.5 Componentes de un colector solar

Los colectores que se emplearán en esta tesis son los de tubos de vacío, por ser ideales para el calentamiento de agua para uso doméstico. Los componentes principales son: (Alonso, 2014)

2.5.1 Captador

Ilustración 2.13 Área de captación



Fuente: autoría propia Héctor León

Está conformado por 20 o 30 tubos de vidrio, son los encargados de circular y calentar el agua. Pueden ser de circulación natural y de circulación forzada. (Meinel & Mainel, 1989)

2.5.1.1 De circulación natural

La circulación de agua al interior de los tubos se puede efectuar utilizando las diferencias de densidades debidas a las gradientes de temperaturas entre la zona fría y la zona caliente del sistema. Este fenómeno se lo conoce como termosifón.

2.5.1.2 De circulación forzada

Es necesario para la circulación forzada una bomba que hace circular el agua fría de la parte inferior del tanque de almacenamiento hacia los tubos de vidrio que calentaran y volverán a la parte superior del tanque.

2.5.2 Almacenamiento

Ilustración 2.14 Tanque de almacenamiento



Fuente: autoría propia Héctor León

Está compuesto por un recipiente normalmente cilíndrico llamado tanque acumulador. Colocado en forma horizontalmente por encima del captador. Almacena el agua caliente para su uso en horas donde ya no exista incidencia de radiación solar. Están fabricados en su interior de acero, seguidos de un aislamiento térmico y protegidos en la parte exterior por un recubrimiento metálico. (Meinel & Mainel, 1989)

2.5.3 Circulación y distribución

Ilustración 2.15 Instalación de colector, tubería y válvulas



Fuente: autoría propia Héctor León

Está constituido por tuberías, accesorios, válvulas de corte, válvulas de alivio, etc. Son estos los encargados de conducir y mantener en movimiento el sistema.

2.5.4 Control

Es el sistema encargado de regular y controlar los dispositivos sensoriales, que sirvan para dar funcionamiento, equilibrio y seguridad al sistema. Entre ellas tenemos:

2.5.4.1 Tablero de control

Ilustración 2.16 Tablero de control digital



Fuente: autoría propia Héctor León

Su función es controlar y regular el funcionamiento, mide una serie de parámetros, los interpreta y en función de los valores que obtiene, acciona o detiene automáticamente la marcha de algunos de los componentes del sistema, y además da una lectura directa de las temperaturas de algunas partes de la instalación. (Olivares, 2011)

2.5.4.2 Sensor de nivel

Ilustración 2.17 Sensor de nivel



Fuente: autoría propia Héctor León

Elemento cuya función es medir la cantidad de agua en el tanque de acumulación previamente medida en el panel de control y este último lo que hace es dar la orden a que se habrá o se cierre válvulas electromecánicas.

2.5.4.3 Electroválvula

Ilustración 2.18 Electroválvula



Fuente: autoría propia Héctor León

Es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como es una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina de solenoide.

2.6 Sistema a Gas

El sistema tiene una cámara de combustión de gas y el quemador, un termostato que evita el sobrecalentamiento con temperaturas mayores a los 95 C. (Fleck, 2014)

2.6.1 Calefones

Los calefones son artefactos de obtención de agua caliente instantánea que se utilizan con frecuencia para calentar agua en viviendas y sitios recreativos como calentamiento de agua de piscinas. Estos aparatos utilizan los siguientes combustibles: gas natural y gas propano (GLP). Aunque también se puede usar la electricidad.

2.6.1.1 Calefón de GLP

Está constituido esencialmente por un serpentín de cobre de diámetro menor a media pulgada, por el cual circula el agua que se calienta mediante los mecheros de gas situados en la parte inferior. (Bosch, 2010)

Ilustración 2.19 Calefón a gas



Fuente: autoría propia Héctor León

2.7 Tipos de calefones

2.7.1 Calefones instantáneos

Son unidades de diferente tamaño, dependen del caudal que son capaces de calentar. Es así que son ideales para duplicar la temperatura de ingreso. Comúnmente se los conoce por ese caudal, expresado en litros por minuto. Estos pueden ser:

2.7.1.1 Pequeños

Destinados para abastecer un solo punto a una distancia no mayor a los seis metros. Prácticos para el calentamiento de una ducha. De potencia igual o menor a 125kcal/min o 8.72kw, entregando un caudal máximo de 5 l/min a 40° C.

2.7.1.2 Medianos

Son aquellos que abastecen hasta dos puntos, como una ducha y una cocina o una ducha y un lavamanos a una distancia menor a doce metros. Pero incapaces de calentar agua para dos duchas. Su potencia es igual a 334kcal/min o 23kw, a un caudal máximo de 13l/min a 40° C.

2.7.1.3 Grandes

Ideales para el calentamiento de agua de una vivienda que consta de dos cuartos de baños y una cocina. Suministrando un caudal de 18l/min a 40° C, a una potencia superior a los 450kcal/min o 31.4kw. Sirven para utilizar dos duchas simultáneas.

2.7.2 Calefones de acuerdo a la evacuación de gases

2.7.2.1 De tiro forzado

Los gases son evacuados por un ventilador o extractor de aire.
(Bosch, 2010)

2.7.2.2 De tiro natural

Los gases son evacuados de forma natural por la diferencia de densidades de aire y de gases por efecto de la combustión, por efecto del calor.

2.7.3 Calefones según el tipo de alimentación del aire

2.7.3.1 De cámara abierta

Se utiliza el aire del lugar para la combustión, y estará conectado a un ducto de evacuación de gases. Estos serán expulsados hacia afuera del lugar de ubicación del calefón.

2.7.3.2 De cámara estanca

Se utiliza el aire del exterior del lugar para la combustión, y por medio de un ducto concéntrico exclusivo se evacuarán los gases hacia afuera del lugar de ubicación del artefacto.

2.7.4 Estructura y partes de un calefón

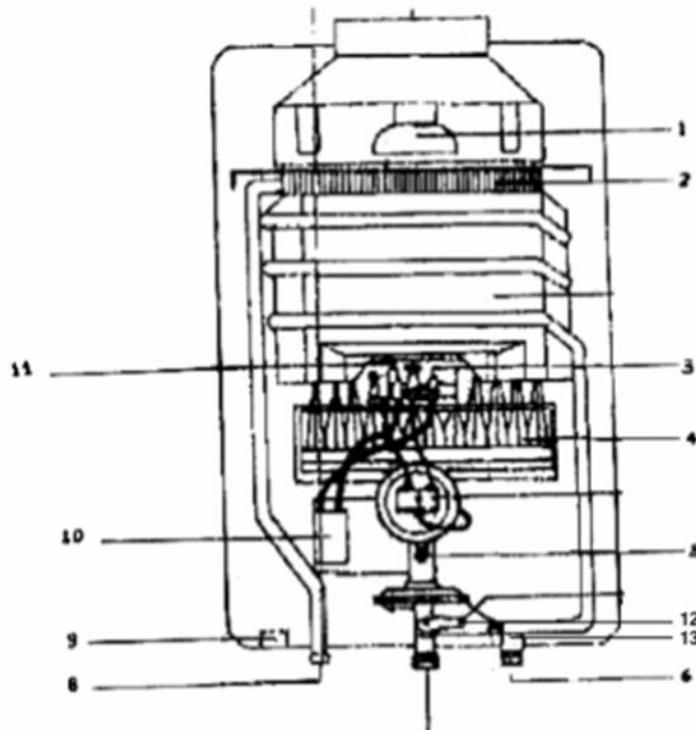


Figura 2.1 Esquema de un calentador de paso instantáneo (control electrónico)

Fuente: NTE INEN 2124

1. Chimenea
2. Hojas de absorción
3. Sensor de llama
4. Quemadores
5. Regulador y control de gas
6. Entrada de agua
7. Entrada de gas
8. Salida de agua caliente
9. Caja de Pila
10. Modulo electrónico
11. Bujía
12. Válvula de agua
13. Regulador de caudal de agua

2.8 Calentador de agua por electricidad

Son aparatos que utilizan la energía eléctrica para calentar el agua o para obtener vapor de agua. Los calentadores eléctricos se dividen en calentadores con depósito y sin depósito.

2.8.1 Calentadores eléctricos sin depósito

Las duchas eléctricas son calentadores eléctricos sin depósito. El sistema tiene ventajas como el bajo costo y la facilidad en la instalación. La instalación se lo realiza directamente en el cuarto de baño. Los grifos utilizan el mismo sistema para el calentamiento de agua, la instalación se hace por debajo o por encima del fregadero. Son que tienen menos eficiencia que los que poseen depósito y por lo general se instalan directamente en el punto de uso.

2.8.2 Calentadores eléctricos con depósito

Las calderas son aparatos que tienen un cilindro de almacenamiento que acumula el agua caliente en el interior del cilindro, gracias a resistencias eléctricas y permanece caliente. Las ventajas de este sistema son su eficacia en la producción de agua caliente, ya que el agua llega rápidamente al punto de consumo y la oportunidad de abastecer muchas salidas.

Ilustración 2.20 Calefón eléctrico



Fuente: autoría propia Héctor León

El alto consumo de energía eléctrica es el resultado de que continuamente debe mantenerse el agua caliente por el sistema, por lo que no es una alternativa eficiente para todos los casos. El uso de un temporizador permita programar el sistema para activar el sistema en horario programado, apagado (off) cuando no se vaya utilizar o en on para activar el sistema.

2.8.3 Calentadores de acumulación

Ilustración 2.21 Tanque de Acumulación



Fuente: autoría propia Héctor León

Consta de un tanque en el cual se acumula agua, contiene un termostato para regular la temperatura. Se puede seleccionar de acuerdo al tamaño del tanque, cantidad de agua caliente, temperatura de entrada del agua, el espacio utilizable, el tipo y calidad de aislamiento térmico que posee. El suministro de agua caliente se mantiene a una temperatura constante, inclusive si varios grifos se abren a la vez.

2.9 Fundamentación Legal

Sobre el uso de Energías Limpias

Ley de Gestión Ambiental

En el Art. 1 se establece los principios y directrices de política ambiental, determinando las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores privados en la gestión ambiental, señalando los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia. (Registro Oficial Suplemento 418, 2004)

Para lo cual las actividades deben sujetarse a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

El Desarrollo Sustentable que implique la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las futuras generaciones. A través del mejoramiento de la calidad de la vida humana dentro de la capacidad de carga de los ecosistemas.

El uso de tecnologías alternativas que suponen la utilización de fuentes de energía permanente, ambientalmente limpias y con posibilidad de uso generalizado en lugar de las tecnologías convencionales.

Después de que en el año 2011 se prohibió la importación de nuevos calefones a gas. (Diario El Comercio, 2011) El gobierno para evitar el mal uso del gas con los sistemas calentadores de agua a gas, se definió el uso de energías limpias como una política de modificación dentro de la matriz energética. (Petroecuador, 2011)

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 124:98

La norma indica la forma de instalación y de uso de calentadores a gas (GLP) para la producción instantánea y acumulativa de agua caliente para uso sanitario. (INEN, 1998)

El documento se especifica como los calentadores de paso continuo y acumulativos instalados al interior de las viviendas o edificios deben ser conectados a ductos para la evacuación de los productos de combustión del gas, los cuales deben tener un sistema de renovación de aire permanente. (INEN, 1998, pág. 1)

Estableciendo que los calentadores de paso continuo y acumulativos que no se conectan a ductos de evacuación de los productos de combustión solo pueden instalarse en el exterior de las viviendas o edificios, protegiéndolos de la acción del viento y de la lluvia

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 507:2009

Rendimiento térmico de colectores solares en sistemas de calentamiento de agua para uso sanitario

La norma establece los requisitos para el rendimiento térmico de colectores solares en sistemas de calentamiento de agua para uso sanitario a temperatura menor a 100°C y su etiqueta informativa. La aplicación de la norma es para colectores solares de placa plana y colectores solares de vacío. (NTE INEN 2 507, 2009, pág. 1)

Capítulo 3

3. Metodología

La presente investigación está comprendida en la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha. El análisis se enfoca en las viviendas ubicadas en la zona sur de la ciudad de Quito, parroquia Chillogallo, Barrio Buenaventura lugar escogido por tener en su mayoría viviendas ocupadas por una sola familia. En la zona se encuentran viviendas generalmente con una construcción de hormigón armado, con una planta baja conformado por la sala, baño social, cocina y comedor. En el primer piso tres dormitorios, baño completo y con acceso a una terraza donde disponen de un cuarto de máquinas para lavandería cubierta con planchas onduladas de fibrocemento.

Cuenta con instalación hidrosanitaria de agua fría y agua caliente empotrada en la mampostería de bloque. Dispone de un calefón de 26 litros que utiliza GLP, el mismo que suministra agua caliente para el consumo en dos duchas, dos lavabos, un lavaplatos y una lavadora.

3.1 Diseño o tipo de investigación

En el estudio se seleccionó el tipo de investigación exploratoria descriptiva. Es **exploratoria** porque se propone complementar dos sistemas, el de calentamiento solar y el a gas (glp) a través de un tablero de control y un sensor de temperatura que permite alternar los dos sistemas para dotar ininterrumpidamente de agua caliente al sistema.

La investigación es **descriptiva** porque se describe el funcionamiento y características de cada uno de los sistemas de calentamiento de agua así como también especificar el nivel de eficiencia del colector para calentar el agua en una vivienda unifamiliar.

3.2 Métodos de investigación

A través del método **deductivo** se analizaron las aplicaciones del sistema de calentamiento de agua en otros casos particulares con similares características de la presente investigación. Se extrajeron conclusiones de carácter general a partir de observaciones sistemáticas de la realidad.

Mediante el método **inductivo** se obtuvieron conclusiones desde el estudio de un caso particular, revisando la teoría y los datos de la implementación de los sistemas de calentamiento de agua por energía solar. Posteriormente enfocándose en la aplicación de casos específicos menores como la implementación en una vivienda unifamiliar.

3.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información utilizada

Se recabó información de fuentes documentales, bibliográficas, por cuanto se obtuvo datos de textos, manuales, normas, revistas y medios virtuales.

Se obtuvo valiosa información los trabajos de campo, visitas a viviendas, oficinas, empresas donde se encuentra instalados similares sistemas mixtos de calentamiento de agua por medio de energía solar y GLP.

Para la investigación se utilizó fuentes personales, entrevistas semi estructuradas que permitieron extender la comprensión del tema realizando preguntas abiertas a ingenieros especialistas en el tema y a técnicos de empresas instaladoras en plenos procesos de ejecución cercanas al sitio de estudio.

Las técnicas cualitativas como entrevistas abiertas, técnicas de observación permitieron recolectar datos (anexo 3) desde los discursos

completos de los entrevistados, técnicos especialistas relacionados con el tema de la presente investigación. Luego con los datos se procedió a realizar interpretaciones, analizando las especificaciones y características necesarias para que cada dispositivo funcione eficientemente dentro del sistema de calentamiento de agua.

A través de la encuesta se recopiló los datos por medio de preguntas dirigidas a la muestra representativa con el propósito de conocer los hábitos y aceptación del sistema propuesto en la investigación.

Los datos del número de la población fueron obtenidos de la base de datos del INEC. La encuesta se realizó a viviendas unifamiliares de Chillogallo. De la información obtenida se procedió a segmentar a las familias que utilizan un sistema mixto para el calentamiento de agua, con el propósito de recopilar información del funcionamiento del sistema a través de entrevistas posteriores.

Población

La población adulta del barrio Buenaventura de la Parroquia Chillogallo según el (INEC , 2010) es 122 habitantes.

Muestra

Como se conoce el total de la población se utiliza la fórmula de poblaciones finitas:

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

$N =$ total de la población

$Z_{\alpha} = 1.96$ al cuadrado (95%)

$p =$ proporción esperada (5% = 0.05)

$q = 1 - p$ (1 - 0.05 = 0.95)

$d =$ precisión (5%).

Muestra a ser tomada para la investigación es $n = 93$

Análisis de los resultados

Pregunta 1: ¿Cuántas personas viven en su hogar?

Tabla 3.1 Pregunta 1

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
2	11	12%
3	22	24%
4	27	29%
5	18	19%
Más de 5	15	16%
Total	93	100%

Elaborado por: Héctor León
Fuente: Investigación Directa

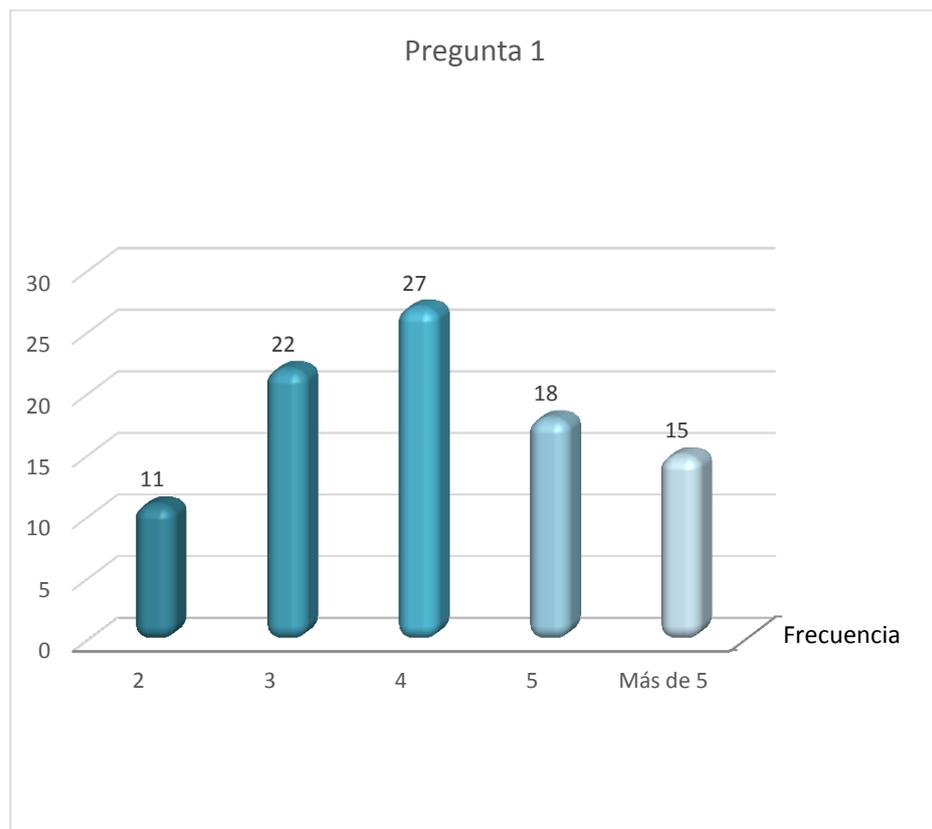


Figura 3.1 Pregunta 1
Elaborado por: Héctor León
Fuente: Investigación Directa

Pregunta 2: ¿Qué tipo de sistema utiliza para calentar el agua cuando usted se ducha?

Tabla 3.2 Pregunta 2

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Ducha eléctrica	71	76%
Calefón a gas	22	24%
Total	93	100%

Elaborado por: Héctor León
Fuente: Investigación Directa

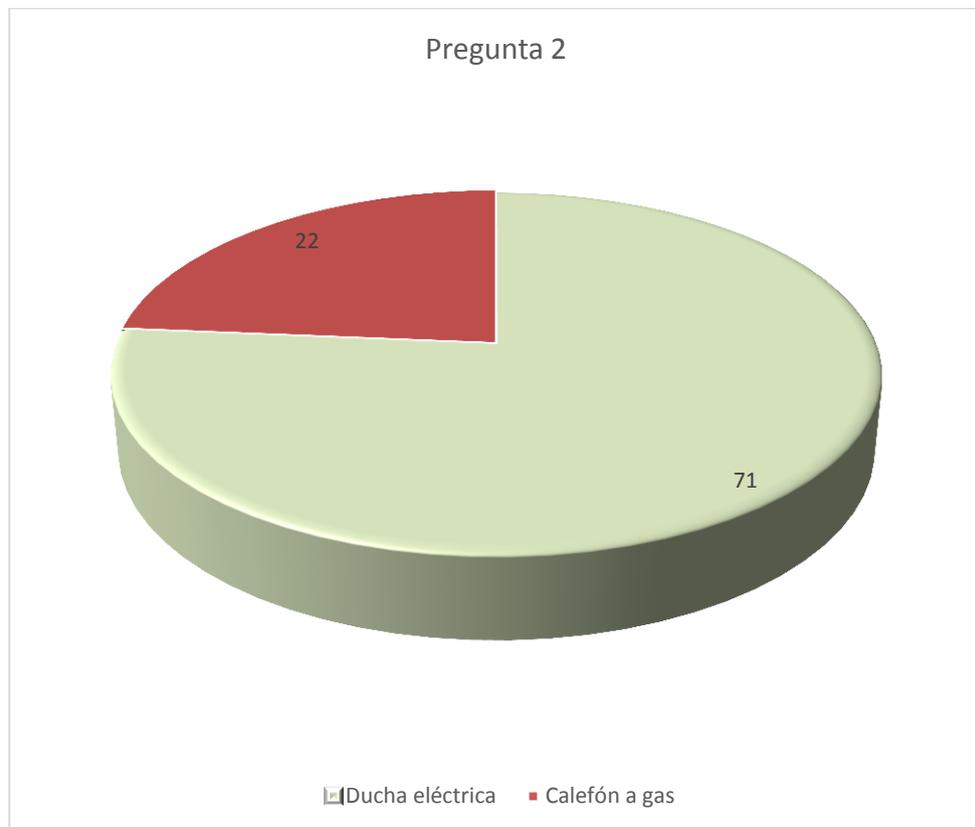


Figura 3.2 Pregunta 2
Elaborado por: Héctor León
Fuente: Investigación Directa

Pregunta 3: ¿Si contesto calefón cuantos cilindros consume al mes?

Tabla 3.3 Pregunta 3

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
1	15	68%
2	6	27%
Más de 2	1	5%
Total	22	100%

Elaborado por: Héctor León
Fuente: Investigación Directa

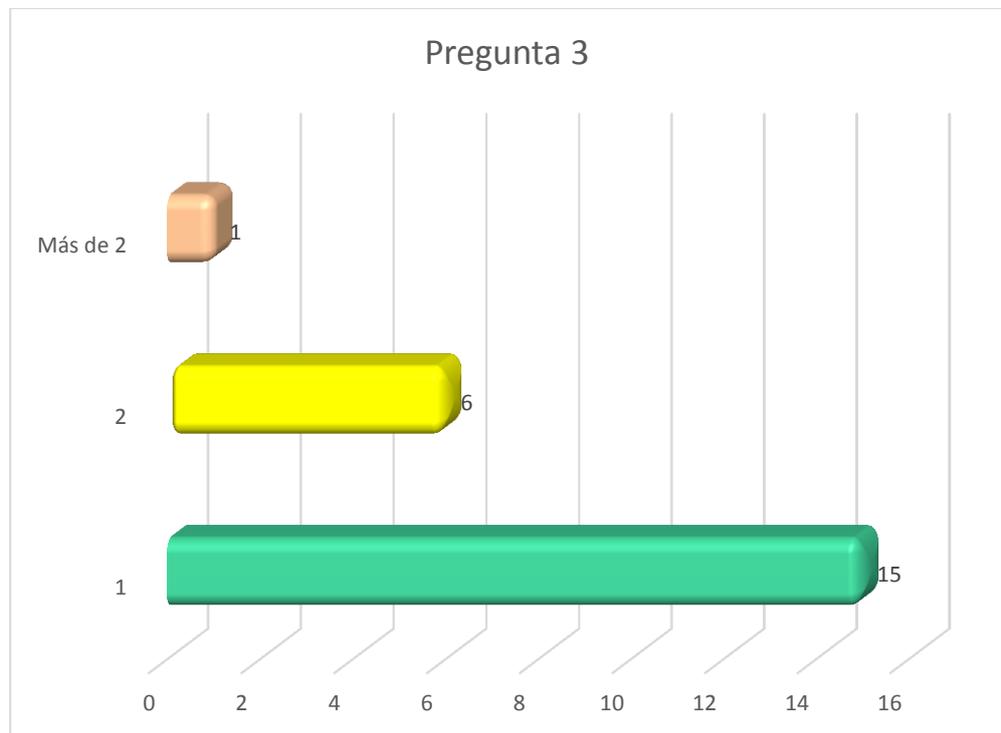


Figura 3.3 Pregunta 3
Elaborado por: Héctor León
Fuente: Investigación Directa

Pregunta 4: ¿Cuántos minutos le toma de tiempo cuando usted se ducha?

Tabla 3.4 Pregunta 4

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
5	13	14%
10	39	42%
15	29	31%
Más de 15	12	13%
Total	93	100%

Elaborado por: Héctor León
Fuente: Investigación Directa

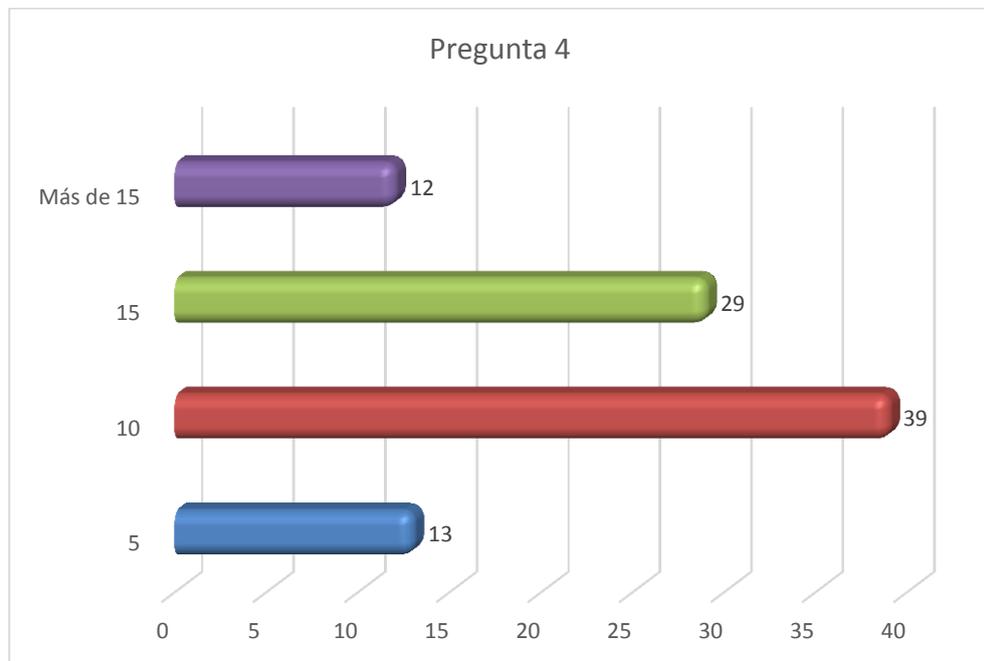


Figura 3.4 Pregunta 4
Elaborado por: Héctor León
Fuente: Investigación Directa

Pregunta 5: ¿Usted estaría dispuesto a adquirir un sistema de calentamiento de agua con energía solar para consumir menos energía eléctrica?

Tabla 3.5 Pregunta 5

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Si	78	84%
No	15	16%
Total	93	100%

Elaborado por: Héctor León

Fuente: Investigación Directa

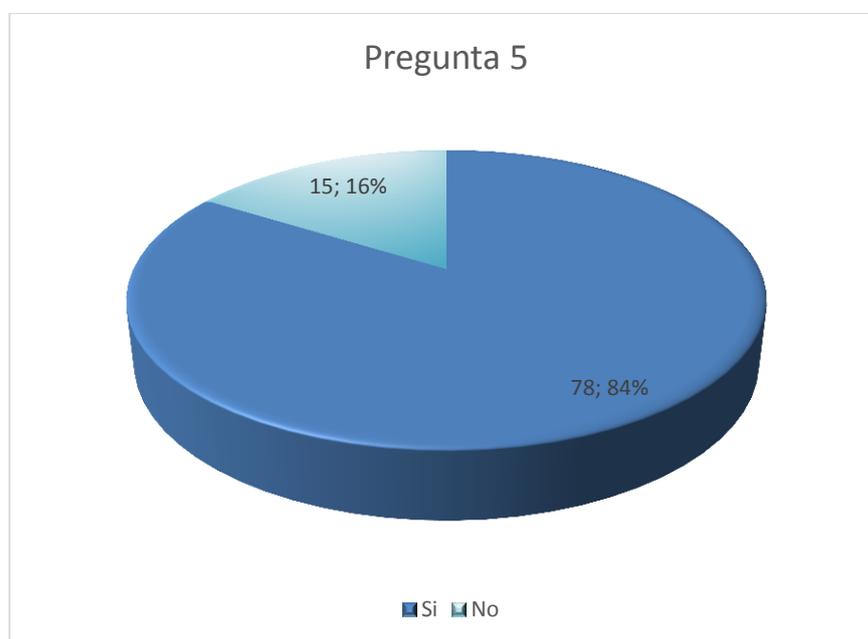


Figura 3.5 Pregunta 5

Elaborado por: Héctor León

Fuente: Investigación Directa

De las respuestas a las preguntas se puede observar que más del 70% de los encuestados utilizan ducha eléctrica. Las personas que usan calefón el 68% consumen un cilindro al mes. Más del 80% de los encuestados estarían dispuestos de adquirir un sistema de calentamiento de agua con energía solar para consumir menos energía eléctrica.

3.4 Técnicas para el procesamiento de datos y análisis de los resultados obtenidos

En la presente investigación los datos de las encuestas y entrevistas fueron recolectados y clasificados con la intención de ordenarla de acuerdo al tema de la investigación planteado. Posteriormente los datos fueron analizados con el propósito de encontrar el nivel óptimo de funcionamiento de los dispositivos sistema mixto de calentamiento de agua por medio de energía solar y GLP en una vivienda unifamiliar. Finalmente con los datos obtenidos de la investigación, se sintetizó la información elaborando cuadros en Excel, para una mejor visualización de como ocurren con frecuencia las determinadas características de funcionamiento. Al igual los costos de implementación del sistema, que se obtuvieron a través de un análisis de precios unitarios, de materiales y mano de obra.

Capítulo 4

4. Descripción del sistema de ACS existente y propuesta de diseño del sistema mixto de calentamiento de agua

El sistema está conformado un calefón a gas marca Instamatic de 26 litros (capacidad comercial). Que equivale a 18 litros reales. Alimentado por una tanque de gas de 15 kg.

4.1 Características del calefón

- Fabricante: Shenq Tay Co. Ltda.
- Modelo: GO 179 Instamatic
- Tipo: Instantáneo a GLP
- Potencia: 24.3 kW
- Gasto nominal: 22,4 kW
- Presión mínima de agua: 7l/min
- Presión máxima de agua: 26.3l/min

4.2 Abastecimiento de agua caliente

El sistema abastece a una familia de cuatro personas, que habitan en una sola planta. Esta consta de los siguientes puntos de descarga para agua caliente:

- 2 duchas
- 2 lavamanos
- 1 lavaplatos
- 1 lavadora

4.3 Red de distribución de agua caliente

El tipo de instalación que conforma la red de agua caliente, está realizada por tubería de cobre de media pulgada de diámetro, empotrada en la mampostería de la vivienda. De esta manera se distribuye hacia los diferentes grifos de forma simple es decir sin recirculación.

4.4 Seguridad e instalación del calefón

El calefón está ubicado en la parte exterior de la vivienda, lugar con suficiente ventilación y espacio para su respectivo mantenimiento. Según el NTE INEN 2187 (2011) Calentadores de agua a gas de paso tipo instantáneo para uso doméstico. Requisitos e inspección.

4.5 Tanque de gas

El tanque de gas que se utiliza en esta vivienda, es el comúnmente llamado cilindro de gas de 15 kg de uso doméstico. Mismo que puede abastecer calefones de varias capacidades, para nuestro caso está dotado de un regulador o válvula Vinigas de 3kg/h, el cual cumple con el requerimiento del calefón. (NTE INEN 2187, 2011)

4.6 Análisis del sistema de ACS existente

4.6.1 Demanda de agua caliente

Por medio de un medidor de caudal, instalado a la salida de agua caliente del calefón, se determina la cantidad de agua caliente por minuto, que se ocupa en los diferentes aparatos de consumo.

Se necesitara alimentar dos puntos simultáneos, como un caso extremo en el consumo diario de dos duchas, una ducha y un lavamanos o una ducha y un lavaplatos.

- Ducha= 7 L/min
- Lavamanos = 5 L/min
- Lavaplatos = 5 L/min
- Lavadora = 5 L/min

Entonces se necesitara un consumo simultáneo máximo de 14 L/min para cualquiera de los casos antes mencionados.

4.6.2 Potencia calorífica del calefón

Adicionalmente a la determinación del caudal que se requiere calentar, se necesita conocer a que temperatura se desea incrementar. Dato que se obtuvo por la medición de la temperatura capaz de tolerar al tacto humano.

$$\begin{aligned} \text{Potencia} &= (T_f - T_i) \times L/\text{hora} \\ \text{Potencia} &= (45^\circ - 15^\circ) \times 840L/\text{hora} \\ \text{Potencia} &= 25200 \frac{\text{kcal}}{\text{hora}} \end{aligned}$$

Para transformar a kW/hora se multiplica por 0,001163, por lo que será necesario un calefón que proporcione unos 29kw, por lo que el calefón de 18 litros cumple con esta labor.

4.6.3 Funcionamiento del calefón.

El calefón viene equipado por una válvula de agua que permite la regulación del caudal, el momento que esta detecta el paso del agua se activa un sensor de flujo de agua y envía la señal de activado al cerebro o encendido electrónico. El cerebro es el encargado de procesar todas las señales de los sensores y de enviar una respuesta adecuada. Por medio del sensor de flujo de agua al momento de elevarse por acción mecánica, se activará una válvula de gas encargada de suministrar gas hacia los quemadores y hacia el piloto.

Una vez activado el piloto y prendido los quemadores se calentarán el cuerpo o serpentín, que por medio de tubos circula el agua elevando la temperatura hasta salir a la red de agua caliente.

4.7 Propuesta de diseño del sistema mixto de calentamiento de agua

Se propone diseñar un sistema de abastecimiento de agua caliente proveniente de un colector solar, para una vivienda compuesta por una sola familia. La cual dispone de un calefón a gas. Se quiere adaptar un sistema que genere agua caliente, sin ningún tipo de costo, al sistema más eficiente, confortable y de gran aceptación, pero a la vez de mayor consumo de GLP.

El sistema de colector solar opera bajo el efecto termosifón, de circulación normal, y será introducido a la red hidrosanitaria de agua caliente. Mientras tanto el calefón continúa trabajando de manera normal como lo ha venido haciendo.

Su acoplamiento es por medio de un tablero de control, el cual es el encargado de automatizar el sistema por medio de un sensor de nivel y temperatura, mismo que se ubica en el tanque de acumulación. La variación de temperatura es el dato principal que reciba el tablero y será el encargado de emitir una señal electrónica hacia válvulas de corte de flujo llamadas electroválvulas.

4.8 Diseño de un sistema mixto de calentamiento de agua por medio de energía solar y GLP en una vivienda unifamiliar

4.8.1 Información del lugar de estudio

Se ha escogido una vivienda, de uso familiar habitadas por cuatro personas, que utilizan gas para la obtención de agua caliente. Utilizando la misma para el consumo diario, para el aseo personal en

las duchas, el lavado de la vajilla en la cocina, el lavado de manos en los lavabos y desde luego la limpieza de los baños.

4.8.2 Objetivos de la propuesta

- Obtener un diseño compuesto por elementos básicos, de poca inversión y de fácil implementación.
- Incentivar el uso de energía solar como fuente principal, a un sistema ya adquirido y disponible en casa, para la obtención de agua caliente.

4.8.3 Justificación de la propuesta

Se justifica el diseño de un sistema mixto, por ser un sistema que genera ahorro de combustible y agua. Debido a que se puede utilizar el calefón únicamente en situaciones críticas: como los de un alto consumo y donde se pueda terminar el agua del tanque, en los que no haya sol, el baño en las primeras horas del día y se puede recurrir al sistema del calentador solar en horarios donde no se requiere altas demandas de ACS, por lo general en la tarde donde se aprovechó de la mayor intensidad del sol en la mañana, del posible desabastecimiento del gas y el probable daño del calefón. En fin todo esto conlleva a un ahorro económico desde todo punto de vista.

4.9 Dimensionamiento del sistema de calentamiento de agua por medio de energía solar

4.9.1 Introducción

Para la obtención de agua caliente sanitaria, por medio de energía solar, es primordial dimensionar correctamente el colector, así como del tanque acumulador, para cubrir el consumo diario de cuatro personas.

4.9.2 Demanda de agua caliente

Para determinar la demanda de agua caliente, en una vivienda de cuatro habitantes, caracterizada por el volumen diario y temperatura ideal, es importante tener conocimiento previo, a estándares de consumo, en función del tipo de vivienda. Se lo hace en base a información de normas establecidas.

Tabla 4.1 Consumo de ACS según el tipo de vivienda

CRITERIO DE CONSUMO	FUENTE: CODIGO TECNICO DE EDIFICACION. MINISTERIO DE FOMENTO, ESPAÑA, 2005	FUENTE: NORMA ESPAÑOLA UNE 94002 JUNIO, 2005	
	LITROS ACS / DIA A 60º C	LITROS ACS / DIA A 45º C	
VIVIENDAS UNIFAMILIARES	30	40	POR PERSONA
VIVIENDAS MULTIFAMILIARES	22	40	POR PERSONA
HOSPITALES Y CLINICAS	55	80	POR CAMA
HOTELES ****	70	80	POR CAMA
HOTELES ***	55	60	POR CAMA
HOTELES Y HOSTALES	40	50	POR CAMA
RESIDENCIAS: (ANCIANOS, ESTUDIANTES, ETC)	55	60	POR CAMA

Fuente: (Norma Española UNE 94002, 2005)

Tabla 4.2 Consumo de ACS según su uso

USOS		FUENTE: CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION. ESPAÑA, 2009
		CONSUMO Litros/dia/persona a 50 ºC
DOMESTICO	Baños	35
	Cocinas	5
	Lavabos	5
ALBERGES	Por camas	30
HOTELES	Por camas	40
HOSPITALES	Por camas	45

Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2009, pág. 44)

En el país existen datos proporcionados por la Norma Ecuatoriana de la Construcción, del año 2009, del capítulo 16. Indica

los tipos de edificación, temperaturas y consumos de agua en un determinado tiempo, para diferentes aparatos sanitarios.

Tabla 4.3 Temperaturas y consumos en aparatos sanitarios

TIPO DE EDIFICACIÓN	APARATO	FUENTE: NEC NHE AGUA, ECUADOR, 2009		
		TEMPERATURA (°C)	CONSUMO POR LLENADO Litros	TIEMPO DE CONSUMO Minutos
VIVIENDA	Bañera	38	150	15
	Bidet	35	5	2
	Ducha	40	45	6
	Lavamanos	35	2	2
CASAS DE SALUD Y HOSPITALES	Bañera	38	250	4
	Baño de Asiento	38	60	2
	Baño medicinal	36	200	3
	Ducha	38	100	5
	Hidromasaje	36	600	5
	Lava brazos	40	30	25
	Lava pies	40	35	20
	Para esterilizar	85 - 90
HOTELES Y RESTAURANTES	Bañera	38	200	15
	Ducha	38	60	6
	Lavamanos	50	6	1

Fuente: (NEC-11, 2011)

En vista de que en el país no tiene estudios acerca del consumo diario de ACS de una persona, se tomará referencia de las siguientes fuentes.

Tabla 4.4 Sugerencias de Consumo de ACS según algunas fuentes

FUENTE	CONSUMO DIARIO ACS	TEMPERATURA
	Litros/persona/día	°C
CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACIÓN ESPAÑA 2005	30	60
NORMA ESPAÑOLA UNE 2005	40	45
CTE ESPAÑA 2009	35	50

Fuente: (Código Técnico de la Edificación, 2005-2009)

Cabe recalcar que se entregará agua caliente en dos duchas, en los grifos localizados en los baños y la cocina. De la experiencia y el

buen criterio se considerará que el dato de consumo que más se aproxima a la realidad es el valor de 50 litros/persona/día a una temperatura de 45°C.

4.9.3 Determinación del consumo total diario de ACS

Para abastecer la demanda total de agua caliente sanitaria, se multiplica el consumo diario, por la cantidad de habitantes que tiene la vivienda.

$$C_{TACS} = C_{dACS} * N^{\circ} \text{ personas} * \text{día}$$

$$C_{TACS} = 50 \text{ litros} * 1 \text{ persona} * 1 \text{ día} * 4 \text{ personas}$$

$$C_{TACS} = 200 \text{ litros} * \text{persona} * \text{día}$$

Ya determinado el consumo total, es necesario saber la temperatura media del agua de la red para la ciudad de Quito.

Tabla 4.5 Temperatura (°C) diaria media mensual de la ciudad de Quito

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
14.9	15	15	15	15	14	14	14	14	14	15	15

Fuente: (INEC, 2010)

4.9.4 Cálculo de la demanda energética del ACS

La demanda energética de agua caliente está en función del consumo de agua caliente, la temperatura de agua de la red, la temperatura de agua de operación. La temperatura de operación T_{op} para el cálculo, será, un valor constante, de 45°C para todo el año. Sin embargo, la temperatura del agua de la red si sufre una pequeña variación debido a la temperatura exterior.

$$D_{ACS} = C_{TACS} \rho_{agua} C_p (T_{op} - T_{red})$$

Dónde:

D_{ACS} : Demanda de ACS (MJ)

C_{TACS} : Consumo de ACS (m³/día)

ρ_{agua} : Densidad del agua (kg/m³)

C_p : Calor específico del agua (J/kg°C)

T_{op} : Temperatura de operación (°C)

T_{red} : Temperatura de la red (°C)

Tabla 4.6 Demanda Energética del ACS

Meses	Días	Consumo ACS m ³	Temperatura de la red °C	Temperatura de operación °C	Salto Térmico °C	DACS MJ
Ene	31	6,20	14,9	45	30,10	781,38
Feb	28	5,60	15	45	30,00	703,42
Mar	31	6,20	15	45	30,00	778,78
Abr	30	6,00	15	45	30,00	753,66
May	31	6,20	15	45	30,00	778,78
Jun	30	6,00	14	45	31,00	778,78
Jul	31	6,20	14	45	31,00	804,74
Ago	30	6,00	14	45	31,00	778,78
Sep	31	6,20	14	45	31,00	804,74
Oct	30	6,00	14	45	31,00	778,78
Nov	30	6,00	15	45	30,00	753,66
Dic	31	6,20	15	45	30,00	778,78
Total año	364	72,80				9274,29

Fuente: (Hidroten, 2006, pág. 73)

4.9.5 Cálculo de la superficie colectora, volumen de acumulación de ACS y aporte solar

Para el dimensionamiento básico de una instalación solar, el CTE de España, exige que el método seleccionado permita especificar sobre una base mensual, los valores medios diarios de la demanda energética y de la aportación solar. Aunque no cita ninguna metodología de cálculo, la más utilizada y que cumple con estos requisitos es el método f-Chart.

El método f-Chart, metodología basada en técnicas empíricas desarrollada por los profesores Klein, Duffie y Beckman en los años 1976 y 1977. Consiste en obtener, a partir de una serie de

correlaciones experimentales, el porcentaje de demanda energética que se puede llegar a cubrir con aportación solar.

Para el caso en estudio este porcentaje se obtendrá a partir del cálculo previo de la superficie colectora y del volumen de acumulación. A partir de los datos anteriores se realizara el dimensionado y tipo de captador solar.

4.9.6 Dimensionado del captador solar.

El área del captador de que necesitamos determinar está definida por la relación entre la demanda energética anual y la energía neta anual disponible.

Ecuación 4.1 Fórmula para calcular el área del captador solar

$$A_{cap} = \frac{D_{ACS \text{ año}}}{E_{neta \text{ anual}}}$$

La energía anual neta disponible viene dada por la sumatoria del producto entre la irradiación mensual sobre la superficie inclinada, el rendimiento térmico del captador y un factor de pérdidas en el acumulador.

$$E_{neta \text{ anual}} = \sum G_{dm\beta} \cdot N_{días} \cdot \eta \cdot \kappa$$

Dónde:

$G_{dm\beta}$: Irradiación diaria media mensual sobre superficie inclinada

$N_{días}$: Número de días del mes evaluado

η : Rendimiento térmico del captador solar, se obtiene de una ecuación característica del equipo térmico solar

κ : Factor de pérdidas producidas en el acumulador, se asume un valor de 0,85

4.9.7 Irradiación media mensual sobre superficie inclinada

Si bien el cálculo de la radiación sobre superficie inclinada puede ser complicado, y teniendo en cuenta que el colector estará recibiendo el calor solar con una inclinación de 15°, se recomienda usar las tablas que nos proporciona la NEC-10 parte 14-1 Energía renovable, para la siguiente ecuación.

Ecuación 4.2 Fórmula para calcular la irradiación media mensual sobre superficie inclinada

$$G_{dm\beta} = K * \overline{G_{dm\beta}}$$

Dónde:

$\overline{G_{dm\beta}}$: Media mensual de radiación sobre superficie horizontal

K: Valor de tabla, para una latitud de 0° e inclinación de 15°C.

Debido a que el proceso de calentamiento de ACS por medio de captadores solares se llevara a cabo en el la ciudad de Quito, se tomaran como referencia, información del Atlas Solar del Ecuador, elaborados por el Concejo Nacional de Electricidad (CONELEC). En el mismo se presentan los valores de radiación global para todos los meses del año y provincias del país.

Tabla 4.7 Radiación media diario mensual de la ciudad de Quito

MES	FUENTE:CONELEC:Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica, 2008											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
RADIACION GLOBAL MJ	17,82	17,82	17,82	17,28	17,28	17,28	18,36	19,44	19,44	18,36	18,9	18,36

Fuente: (Atlas Solar , 2008)

Del Anuario Meteorológico del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2011. Estación La Tola, correspondiente a la información publicado, el año 2014. Se obtiene datos climatológicos necesarios para la determinación de la energía neta, captada por metro cuadrado de colector.

Tabla 4.8 Datos meteorológicos

Meses	FUENTE: INAMHI ESTACIÓN LA TOLA	
	Temperatura media ambiente °C	Nº medio de horas diarias de sol útiles
Enero	15,00	5,7
Febrero	15,20	4,1
Marzo	14,80	4,2
Abril	15,00	3,6
Mayo	16,00	4,5
Junio	15,40	4,5
Julio	15,10	5,8
Agosto	15,20	7,6
Septiembre	15,50	5,8
Octubre	14,90	5,1
Noviembre	15,20	5,8
Diciembre	15,20	4,6
Media Anual	15,21	5,11

Fuente: (INAMHI, 2008)

Para determinar la eficiencia del colector solar se emplea la siguiente ecuación, y los valores de a_1 y a_2 son valores propios del colector pre seleccionado.

Ecuación 4.3 Fórmula para determinar la eficiencia del colector solar

$$\eta = b - a_1 X + a_2 \frac{\overline{G_{dm\beta}}}{H_{sol}} X^2$$

Y;

$$X = \frac{(T_{ref} - T_{amb})}{\frac{\overline{G_{dm\beta}}}{H_{sol}}}$$

Dónde:

b : Es una constante igual a 0,717

a_1 : Coeficiente de pérdidas primarias

a_2 : Coeficiente de pérdidas secundarias

H_{SOL} : Horas de sol diarias útiles en el lugar.

Para el presente caso se tomara datos de un colector de tubos de vacío, proporcionados por un distribuidor local. Con coeficientes de perdidas $a_1= 2,04$ y $a_2= 0,013$.

Tabla 4.9 Variables que intervienen en el rendimiento térmico diario mensual

Meses	Días	T_{ref} °C	T_{ambY} °C	$\overline{G_{dm\beta}}$ Wh/m2	K	$G_{dm\beta}$ Wh/m2	H_{sol} h	$\frac{\overline{G_{dm\beta}}}{H_{sol}}$ W/m2	X	η
Ene	31	45,0	15,00	4950	1,04	5148,0	5,70	903,16	0,033	0,66
Feb	28	45,0	15,20	4950	1,01	4999,5	4,10	1219,39	0,024	0,68
Mar	31	45,0	14,80	4950	0,97	4801,5	4,20	1143,21	0,026	0,67
Abr	30	45,0	15,00	4800	0,96	4608,0	3,00	1536,00	0,020	0,68
May	31	45,0	16,00	4800	0,88	4224,0	4,50	938,67	0,031	0,67
Jun	30	45,0	15,40	4800	0,87	4176,0	5,80	720,00	0,041	0,65
Jul	31	45,0	15,10	5100	0,88	4488,0	7,60	590,53	0,051	0,63
Ago	30	45,0	15,20	5400	0,92	4968,0	5,80	856,55	0,035	0,66
Sep	31	45,0	15,50	5400	0,97	5238,0	7,60	689,21	0,043	0,65
Oct	30	45,0	14,90	5100	1,02	5202,0	5,80	896,90	0,034	0,66
Nov	30	45,0	15,20	5250	1,05	5512,5	4,60	1198,37	0,025	0,68
Dic	31	45,0	15,20	5100	1,05	5355,0	5,11	1047,95	0,028	0,67

Fuente: (Obaco, 2010)

Elaborado por: Héctor León

Tabla 4.10 Determinación del área de captación solar necesaria para el suministro de agua caliente

Mes	$N_{días}$	$D_{ACS\ mes}$ MJ	$G_{dm\beta}$ MJ	$G_{dm\beta} \cdot N_{días}$ MJ/m ²	η	κ	$E_{neta\ mes}$ MJ/m ²
Ene	31	781,38	18,53	574,52	0,66	0,85	323,24
Feb	28	703,42	18,00	503,95	0,68	0,85	289,75
Mar	31	778,78	17,29	535,85	0,67	0,85	306,65
Abr	30	753,66	16,59	497,66	0,68	0,85	289,60
May	31	778,78	15,21	471,40	0,67	0,85	266,61
Jun	30	778,78	15,03	451,01	0,65	0,85	248,65
Jul	31	804,74	16,16	500,86	0,63	0,85	269,48
Ago	30	778,78	17,88	536,54	0,66	0,85	300,65
Sep	31	804,74	18,86	584,56	0,65	0,85	320,86
Oct	30	778,78	18,73	561,82	0,66	0,85	315,85
Nov	30	753,66	19,85	595,35	0,68	0,85	341,94
Dic	31	778,78	19,28	597,62	0,67	0,85	340,23
Total año		9274,29					3613,52

Fuente: (Obaco, 2010)

Elaborado por: Héctor León

Por lo tanto el Área de captadores es:

$$A_{cap} = \frac{9274,29 \text{ MJ}}{3613,52 \text{ MJ} \cdot \text{m}^2}$$
$$A_{cap} = 2,57 \text{ m}^2$$

4.10 Selección del tipo de colector disponible en el mercado

En la ciudad de Quito, existen varias empresas comercializadoras de colectores solares, con una gran variedad de marcas, lo que hace fácil la elección, y la obtención del mismo.

Es por eso que teniendo los valores del consumo diario medio para cuatro personas, se requiere un colector de un área de 2,57 m² con un tanque de almacenamiento de 200 litros de capacidad.

Por presentar mayor eficiencia que los colectores de placa plana, se ha decidido seleccionar un colector de tubos de vacío sencillos, de circulación natural o termosifón, con tanque incorporado, con las siguientes características:

- Marca: Instamatic
- Tipo: Techo
- Modelo: WBN-470/1800-60/20
- Dimensiones: 186 x 178 cm
- Inclinación mínima y máxima: 5 – 35°C (para techo)
- Área de captación: 2,60m²
- Área total: 3,42m²
- Numero de tubos: 20
- Coeficiente a1: 2,04
- Coeficiente a2: 0,013
- Máxima temperatura: 290°C
- Rendimiento óptimo: 0,85

Al ser casi iguales, los valores requeridos de cálculo y los del fabricante, se concluye que se ha seleccionado con éxito el tipo de colector solar.

La inclinación que se le dará al colector, para facilidad de montaje y concordando con el de cálculo será con una pendiente de 15°.

4.11 Modelo operativo del sistema de calentamiento de agua por medio de energía solar y GLP

Para obtener un sistema óptimo de calentamiento de agua, que cubra con las necesidades de los usuarios, se debe realizar correctamente el dimensionamiento de las partes que lo conforman, para aquello se resumen los equipos que se va a utilizar:

4.11.1 Partes del sistema mixto colector solar – GLP

- Colector solar de 20 tubos de vacío termosifón con tanque acumulador de 200l de capacidad.
- Calefón a gas instantáneo de 26 litros.
- Tablero de medición de nivel y temperatura del agua en el tanque y electroválvulas.

4.11.2 Operación del sistema

El agua de la red pública ingresa al tanque de 200 l de capacidad a una temperatura promedio de 15°C, donde una vez almacenada el agua fría y bajo el efecto termosifón el agua circula hacia el captador solar incrementando su temperatura, y así retornando al tanque donde ocupara la parte superior por ser más liviana. Este proceso repetirá hasta alcanzar una temperatura ideal de operación. Cada equipo de calentamiento estará listo para operar y tendrán la tarea de suministrar agua caliente al sistema hidrosanitario, siempre y cuando la temperatura del agua en el tanque acumulador, aumente o

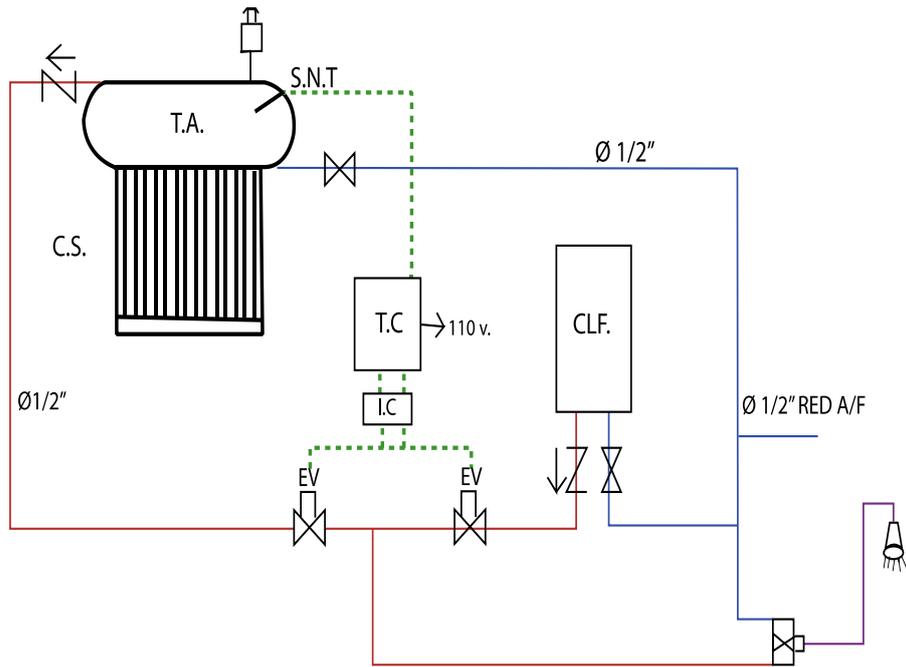
disminuya por factores externos como días nublados, excesivos consumo, etc.

Los sistemas funcionan de manera independiente, nunca en conjunto. Para que pueda actuar el sistema a gas es necesario que la temperatura del agua en el tanque acumulador baje de 45° C y así emita una señal de cierre de la electroválvula destinada en la salida de agua caliente, al mismo tiempo abriéndose otra electroválvula en la salida del calefón.

En cambio cuando el colector solar haya recuperado la temperatura del agua a 45°C en el tanque acumulador, se cerrará la electroválvula a la salida de agua caliente del calefón, abriéndose a la vez la otra en la salida del calentador solar.

Todo esto con la ayuda de un medidor electrónico de temperatura instalado en el interior del tanque. Por lo tanto cada sistema podría convertirse en auxiliar del otro.

4.11.3 Plano de diseño



SIMBOLOGÍA	
	VÁLVULA DE ALIVIO
	S.N.T
	VÁLVULA DE CORTE
	VÁLVULA CHECK
T-A	TANQUE ACUMULADOR
C.S	COLECTOR SOLAR
T.C	TABLERO DE CONTROL
CLF	CALEFÓN
I.C	INVERSOR DE CORRIENTE
	VÁLVULA MEZCLADORA
	EV
	DUCHA
	TUBERÍA AGUA FRÍA
	TUBERÍA AGUA CALIENTE
	LÍNEA ELÉCTRICA

Figura 4.1 Esquema de diseño del sistema

Elaborado por: autoría propia Héctor León

4.12 Evaluación de impacto social

Con la información obtenida de la investigación se podrá estar preparado para impartir charlas, cursos y seminarios a los ingenieros, arquitectos, técnicos, alumnos de carrera y a la población en general, los cuales enriquecerán sus conocimientos a fin de dotar efectivas instalaciones de sistemas de calentamiento de agua, aprovechando una energía limpia que no contamina y abundante por tener todos los días de forma permanente.

Por otra parte se aportará a tener altos índices de salubridad en familias que por motivos ajenos economiza el consumo de GLP para el aseo personal. Por lo que con estos sistemas de obtención de agua caliente con energía gratuita mejora la calidad de vida de la gente.

4.13 Evaluación de impacto económico

El impacto económico que genera este tipo de estudio para ser ejecutado es el costo que causa el sistema para su implementación, lo cual implica un gasto adicional pero accesible para una familia de clase media de cuatro personas, que puede encontrar los medios de financiamiento realizando pagos mensuales.

En un supuesto caso de que el gobierno termine con el subsidio del GLP. Será más atractivo invertir en este tipo de sistemas, ya que su inversión se podrá recuperar en un periodo máximo de tres años. Teniendo en cuenta que el tiempo de vida útil de los colectores solares según los fabricantes son de 20 a 25 años.

4.14 Evaluación de Impacto ambiental

Este tipo de sistema genera un impacto positivo para el medio ambiente, pues evita depender únicamente del uso de gas licuado de petróleo para el calentamiento de agua. Reduciendo la cantidad de

emisiones de CO₂. Además es un sistema no contiene elementos perjudiciales para la salud.

Capítulo 5

5. Presupuesto referencial del sistema mixto de calentamiento de agua

El sistema mixto de calentamiento de agua para su operación y posterior conducción. Requiere de materiales para empatare a la red de distribución de agua caliente existente. Tubería y accesorios de agua fría, agua caliente, cables eléctricos e implementos de sujeción, son detallados a continuación.

Tabla 5.1 Presupuesto referencial del sistema

CANTIDAD	DESCRIPCION	P/UNITARIO	V/TOTAL
1	COLECTOR SOLAR 200 LITROS INCLUYE TABLERO DE CONTROL - SENSOR DE NIVEL Y ELECTROVALVULA	374,67	374,67
6	TIRAFONDO 3"	0,03	0,18
2	TUBO 20MM X 6M POLIPROPILENO (PP-R) A/CAL	6,77	13,54
6	CODO 20MM X 90 PP-R	0,53	3,18
3	CODO 20MM X 45 PP-R	0,80	2,40
1	UNIVERSAL 20MM PP-R	3,47	3,47
2	TEE 20MM PP-R	0,61	1,22
2	VALVULA CHECK 1/2 ITALY	3,56	7,12
4	ADAPTADOR 20MM X 1/2 MACHO PP-R	2,43	9,72
2	ADAPTADOR 20MM X 1/2 HEMBRA PP-R	2,39	4,78
1	TAPON 1/2 MACHO POLIETILENO PE	0,27	0,27
2	VALVULA ESFERICA ITALY 1/2	3,29	6,58
2	TUBO 1/2 X 6M CPVC CED 40 A/FRIA	2,67	5,34
4	CODO 1/2 X 90 CPVC	0,28	1,12
3	CODO 1/2 X 45 CPVC	0,29	0,87
2	TEE 1/2 CPVC	0,24	0,48
1	PEGA WELDON 118ML	2,90	2,90
1	GUAUPE	0,13	0,13
1	POLILIMPIA 125CC	2,08	2,08
3	TEFLON	0,14	0,42
1	TAPON 1/2 PE HEMBRA	0,27	0,27
4	ADAPTADOR 1/2 MACHO CPVC	0,20	0,80
2	UNIVERSAL 1/2 CPVC	0,88	1,76
1	ELECTROVALVULA DE 1/2 12V	30,00	30,00
2	INVERSORES DE CORRIENTE 110- 12V	15,00	30,00
20	METROS DE CABLE Nº 14	0,29	5,80
2	TOMACORRIENTES DOBLE	1,25	2,50
6	TACOS Y TORNILLOS 1 X 8	0,04	0,24
1	MANO DE OBRA (2 DIAS) JORNADA LABORAL	50,00	50,00
	SUBTOTAL		561,84
	IVA		67,42
	TOTAL		629,26

Elaborado por: autoría propia Héctor León

5.1 Análisis de precios unitarios

APU ver anexo 4

5.2 Análisis económico financiero

5.2.1 Consumo de glp para el calentamiento de agua por medio de calefón

El calentamiento de agua exclusivamente por medio del calefón implica un consumo de GLP por lo que se requiere saber cuál es el gasto para un periodo mensual promedio de 30 días.

Se determinó que es necesario un cilindro de 15 kg al mes para el calentamiento de agua en una vivienda de la muestra en estudio que promedia un consumo de 200 litros/día. Por lo tanto, si el costo del cilindro importado según el Ministerio de Industrias sin subsidio, será de 20 dólares, (Valor referencial con precios internacionales) implica un costo total de 240 dólares por año. (Ver anexo 6)

5.2.2 Costo de energía eléctrica con ducha eléctrica

Energía Eléctrica Ducha (EED)

$EED_{\text{año}} = 730 \text{ kW}$

Costo anual = 73,00 USD

Cálculo detallado (ver Anexo 7).

5.2.3 Costo de energía por tanque termostato

Energía Eléctrica Tanque Eléctrico (EET)

$EET_{\text{año}} = 2737.50 \text{ kW}$

Costo anual = 273,75 USD (ver Anexo 7)

5.2.4 Costo de Energía Eléctrica con calefón eléctrico

Energía Eléctrica Calefón Eléctrico (EECE)

$EECE_{\text{año}} = 3022.20 \text{ kW}$

Costo anual = 302.22 USD (Ver Anexo 7)

5.2.5 Recuperación de la Inversión

Tabla 5.2 Comparación de costos entre sistemas de calentamiento de agua

Sistema	$EET_{\text{año}}$	Costo anual
Ducha eléctrica	730,00 kW	73,00 USD
Tanque termostato	2737,50 kW	273,75 USD
Calefón eléctrico	3022,20 kW	302,22 USD

Elaborado por: autoría propia Héctor León

Análisis de la recuperación comparado con la ducha eléctrica

Tabla 5.3 Análisis de la recuperación comparado con la ducha eléctrica

Sistema		Ducha eléctrica
Costo Anual		73 USD
Periodo de análisis		10 años
Tasa de descuento anual		12%
Costo de la propuesta del proyecto		743,38
Año	Valor proyectado por año	Valor en tiempo presente
0	-743,38	-743,38
1	73	65,18 USD
2	73	58,20 USD
3	73	51,96 USD
4	73	46,39 USD
5	73	41,42 USD
6	73	36,98 USD
7	73	33,02 USD
8	73	29,48 USD
9	73	26,32 USD
10	73	23,50 USD
VAN		(330.91)
TIR		0%
Utilidad		(\$412,47)
B/C		-1.24

Elaborado por: autoría propia Héctor León

De los datos obtenidos se observa que la inversión no se recupera, pero se ve compensado por el ahorro en las planillas de luz, por el reemplazo con la ducha eléctrica.

Análisis de la recuperación comparado con el tanque termostato

Tabla 5.4 Análisis de la recuperación comparado con el tanque termostato

Sistema		Tanque termostato
Costo Anual		273,75 USD
Periodo de análisis		10 años
Tasa de descuento anual		12%
Costo de la propuesta del proyecto		743,38
Año	Valor proyectado por año	Valor en tiempo presente
0	-743,38	-743,38
1	273,75	202,78 USD
2	273,75	218,23 USD
3	273,75	194,85 USD
4	273,75	173,97 USD
5	273,75	155,33 USD
6	273,75	138,69 USD
7	273,75	123,83 USD
8	273,75	110,56 USD
9	273,75	98,72 USD
10	273,75	88,14 USD
VAN		761.73
TIR		35%
Utilidad		\$1505,11
B/C		1.97

Elaborado por: autoría propia Héctor León

De los datos obtenidos se observa que al segundo año y nueve meses la inversión se recupera.

Análisis de la recuperación comparado con el calefón eléctrico

Tabla 5.5 Análisis de la recuperación comparado con el calefón eléctrico

Sistema		Calefón eléctrico
Costo Anual		302,22 USD
Periodo de análisis		10 años
Tasa de descuento anual		12%
Costo de la propuesta del proyecto		743,38
Año	Valor proyectado por año	Valor en tiempo presente
0	-743,38	-743,38
1	302,22	269,84 USD
2	302,22	240,93 USD
3	302,22	215,11 USD
4	302,22	192,07 USD
5	302,22	171,49 USD
6	302,22	153,11 USD
7	302,22	136,71 USD
8	302,22	122,06 USD
9	302,22	108,98 USD
10	302,22	97,31 USD
VAN		964.23
TIR		39%
Utilidad		\$1707.61
B/C		1.77

Elaborado por: autoría propia Héctor León

De los datos obtenidos se observa que al segundo año y seis meses la inversión se recupera. Cálculo detallado ver Anexo 5.

Capítulo 6

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

- De acuerdo a las energías investigadas la energía solar térmica es muy funcional y fácil de recibir en nuestro país por la ubicación geográfica en que nos encontramos. Ideal para convertirse en el sistema principal de calentamiento de agua junto al glp en viviendas de una sola familia.
- El sistema existente de calentamiento de agua por GLP en las viviendas de la muestra pasara a ser de sistema principal a ser un sistema esporádico de muy poco uso en ocasiones de mediano gasto e indispensable para grandes consumos.
- Se verificó que la conformación del sistema por energía solar y el de GLP en el diseño propuesto harían la complementación ideal para la obtención de agua caliente por convertirse el uno en sistema auxiliar del otro. Con un mayor rendimiento y de rápida respuesta.
- Se determinó que es necesario un cilindro de 15 kg al mes para el calentamiento de agua en una vivienda de la muestra en estudio que promedia un consumo de 200 litros/día. El costo anual por consumo de combustible con la posible terminación del subsidio es de 240,00 USD
- El dimensionado del volumen de acumulación y el área del captador solar es de 200 litros y 2,57m² respectivamente.
- Los sistemas funcionan de manera independiente, nunca en conjunto.
- El sistema propuesto para el calentamiento de agua tiene un precio total de 743,38 USD. Costo accesible para familias de clase media baja que partan gastos y ganen como mínimo un sueldo básico remunerado.

- Se comparó el valor a pagar del sistema propuesto con sistemas que consumen energía eléctrica y se determina que no se recupera la inversión con la ducha eléctrica. Pero con tanque y calefón eléctrico la inversión se recupera en un máximo de tres años sin tomar en cuenta el valor de estos equipos oscila entre los 400,00 y 1000,00 USD.
- Se concluye que el costo beneficio B/C del sistema propuesto, comparado con los sistema de calefón y tanque eléctrico es de 1.97 y 1.77. Lo que quiere decir que por cada dólar de inversión se recupera 0,97 y 0,77 ctvs. Teniendo en cuenta que la vida útil del colector solar es de 20 a 25 años.

6.2 Recomendaciones

- Incrementar la eficiencia del sistema con revestimiento térmico a la tubería que conduce agua caliente hacia los puntos de descarga.
- Ubicar el colector solar en la parte más alta de la vivienda.
- Desarrollar el análisis de los hábitos de consumo diario de agua caliente para determinados tiempos y usos de agua considerando aquello, en periodos de vacaciones, feriados, sábados y domingos. Los cuales demandan mayor volumen y energía suficiente para abastecer estas exigencias.
- Sobredimensionar el volumen y área de captación para un eventual incremento de personas en la familia.
- Implementar el diseño en viviendas de las características de la muestra investigada por cuanto su diseño es práctico, económico y amigable con el medio ambiente.
- Elaborar futuros estudios puesto en marcha el sistema en viviendas unifamiliares para obtener resultados concretos con el consumo y ahorro de glp.
- Realizar mantenimiento preventivo al sistema en un periodo de dos años.

Referencias bibliográficas

- Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía . (s.f.). *Energía Geotérmica*.
- Alonso, R. (2014). *Colectores solares*. Montevideo: Laboratorio de Energía Solar.
- Aragón, D. (2014). *Retrofit de un Sistema fotovoltaico*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Araujo, A. (2015, septiembre,10). Alza de tarifas eléctricas busca bajar el subsidio. *Diario El Comercio*. Consulta:20 de octubre 2015.
- Atlas Solar . (2008). Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica. *Atlas Solar* .
- Barbero, A. (2012). *Colector Solar*. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Bernandelli, F. (2010). *Energía Solar Termodinámica en América Latina*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Bosch. (2010). *Manual de Calefones Bosch*. Shangai: Bosch.
- Celec Ep Gensur. (2008). *Central Eólica Villonaco*.
- Código Técnico de la Edificación. (2005-2009). *Sugerencias de Consumo de ACS según algunas fuentes*. Madrid, España: CTE, pàg.44
- Código Técnico de la Edificación. (2009). *Consumo ACS según su uso*. Madrid, España: CTE,pàg.45
- Diario El Comercio. (6 de marzo de 2011). La economía del agua fría. *Opinión*. Consulta:21 de octubre 2015.
- DRAE. (2015). *Diccionario de la Lengua Española*.
- Fleck. (2014). *Funcionamiento equipos*.
- Fondevila, M., & Scarpellini, S. (2013). *Guía de mercados energéticos*. Zaragoza: Une.
- GEF. (2013). *Sistema solar térmico termosifón para viviendas unifamiliares*. Santiago de Chile: Programa Solar.
- Hidroten. (2006). Instalación de la energía solar estará apoyada en la producción de ACS por la caldera de calefacción. *Arte y Cemento*.

- INAMHI. (2008). *Datos Estación La Tola*. Quito: INAMHI.
- INEC . (2010). Censo Poblacional.
- INEC. (2010). *Temperatura (°C) diaria media mensual de agua fría para la Ciudad de Quito*. Quito: INEC.
- INEN. (1998). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 124:98*.
- Inenco. (2007). *Colectores solares para agua caliente*. Salta: Conicet.
- International Energy Agency. (2011). *Solar Energy Perspectives: Executive*.
- Kopp , G., & Lean, J. (2011). *Un nuevo valor inferior de la irradiancia solar total: La evidencia y el clima importancia*. Wiley.
- Levenspiel, O. (2004). *Flujo de fluidos e intercambio de calor*. Corvallis, Oregon: Reverte.
- Magen eco- Energy. (2011). *Manual de Instalación de Eco FLare*. Israel.
- Meinel, A., & Mainel, M. (1989). *Aplicaciones de la energía solar*. Buenos Aires: Reverte.
- NEC-11. (2011). *Norma hidrosanitaria NHE agua*. Quito: Comité Ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción.pàg.14
- Norma Española UNE 94002. (2005). *Consumo ACS según el tipo de vivienda*. Madrid: UNE.pàg.10
- Norma técnica IS-010 . (s.f.). *instalaciones sanitarias para edificaciones* pàg.6
- NTE INEN 2 507. (2009). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 507:2009*.pàg.2
- Núñez, P., Díaz, D., & Velasquez Espinoza, P. (2008). *Geotermia*.
- Obaco, F. (2010). *Sistemas solar-térmicos: algoritmo operativo para aplicar el método F- Chart en la evaluación de colectores solares*. Loja: UTPL.
- Olivares, J. (2011). *Manual del instalador de sistemas de arranque de energía solar de baja temperatura*. Paraninfo.
- Payns , M. (2013). *Radiación Solar*.

Petroecuador. (julio de 2011). Ecuador cambia de matriz energética.
EKOS Negocios(207) Consulta:22 de octubre 2015..

Registro Oficial Suplemento 418. (10 de septiembre de 2004). Ley de
Gestión Ambiental .

Reig, J. (2007). *Estudio técnico-económico de un sistema de tubos de
vacío*. Alicante: Icai-Icade.

Romero, M. (2009). *Energía Solar Térmica*. Barcelona, España.: Ceac.

Suawa. (2014). *Sistema Solar para calentamiento de agua*. Mxico:
Suawa.

Valtueña, J. A. (2001). *Enciclopedia de la ecología y la salud*. Madrid,
España: Safeliz.

ANEXOS

- Anexo 1 : Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 507:2009
- Anexo 2 : Guía de práctica uso de medidas preferidas para la construcción unidades sanitarias
- Anexo 3 : Datos de temperaturas de una instalación real con sistema mixto de calentamiento de agua, por medio de energía solar y GLP, en una vivienda unifamiliar
- Anexo 4 : Análisis de precios unitarios
- Anexo 5 : Fórmulas VAN, TIR
- Anexo 6 : Gasto de GLP para el calentamiento de 200 litros de agua diarios con calefón
- Anexo 7 : Costo de energía eléctrica con ducha eléctrica, tanque termostato y calefón eléctrico
- Anexo 8 : Preguntas realizadas en la encuesta
- Anexo 9 : Plano esquemático del sistema

Anexo 1 : Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 507:2009

Sistemas de energía solar térmica – términos, definiciones y símbolos (NTE INEN 2 507:2009-11)

Glosario de términos, definiciones y símbolos para la energía solar térmica.

Aislamiento térmico

Aquellos materiales de bajo coeficiente de conductividad térmica, cuyo empleo en los sistemas solares tiene por objeto reducir las pérdidas de calor.

Sistema auxiliar de apoyo

Se recurrirá a un sistema de apoyo siempre que haga falta complementar el suministro del sistema de calentamiento solar, otorgando siempre prioridad al sol. El dimensionamiento del sistema de apoyo es hecho de la misma forma que los sistemas convencionales de calentamiento de agua, teniendo en cuenta el volumen de agua necesaria y su distribución a lo largo del día, así como las temperaturas del agua de la red y la del agua de uso.

Anexo 2 : Guía de práctica uso de medidas preferidas para la construcción unidades sanitarias

Materiales y seguridad

La instalación de un calentador de agua, por medio de gas, en la unidad sanitaria, puede permitirse únicamente cuando existan:

- a) una salida para los gases de combustibles, construida especialmente para este calentador de gas;
- b) una entrada permanente de aire fresco, directamente del exterior o de un espacio interior, o una combinación de espacios que tenga un volumen mayor de 100 m³.

Anexo 3 : Datos de temperaturas de una instalación real con sistema mixto de calentamiento de agua, por medio de energía solar y GLP, en una vivienda unifamiliar

Los siguientes datos son tomados de una instalación real en el sur de Quito desde el primer día de funcionamiento el cual empieza con una temperatura del agua de 15° C cerrando la bajada de agua hacia el departamento. Alcanzo una Tmax de 90°C, en las horas q ya no hay sol disminuye la temperatura a pesar que es un tanque con aislamiento térmico que está instalado en la parte alta al aire libre.

Temperaturas del calentador solar primer día de calentamiento sin abrir ninguna llave

HORARIO	°C
7:00 a 8:00	15
8:00 a 9:00	15
9:00 a 10:00	16
10:00 a 11:00	17
11:00 a 12:00	20
12:00 a 13:00	23
13:00 a 14:00	27
14:00-15:00	31
15:00 a 16:00	33
16:00 a 17:00	35
17:00 a 18:00	37
18:00 a 19:00	39
19:00 a 20:00	41
20:00 a 21:00	43
21:00 a 22:00	45

Temperaturas del calentador solar segundo día de calentamiento sin abrir ninguna llave

HORARIO	°C
7:00 a 8:00	41
8:00 a 9:00	41
9:00 a 10:00	43
10:00 a 11:00	47
11:00 a 12:00	56
12:00 a 13:00	60
13:00 a 14:00	69
14:00-15:00	78
15:00 a 16:00	91
16:00 a 17:00	75
17:00 a 18:00	79
18:00 a 19:00	77
19:00 a 20:00	78
20:00 a 21:00	79
21:00 a 22:00	80

Anexo 4 : Análisis de precios unitarios

Equipo de Seguridad	
Guantes de Pupo	\$ 2.30
Chaleco Reflectivo	\$ 3.00
Faja Protectora	\$ 4.80
Gafas	\$ 2.50

Análisis del precio Unitario APU

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Costo Unitario de Material	Rendimiento material x Unidad		Costo de Material
Colector Solar 200 litros, tablero control, sensor de nivel y electroválvula		374,67	1	1,0000	374,67
Tirafondo 3"		0,03	1	6,0000	0,18
Tubo 20 MM y 6M Polipropileno		6,77	1	2,0000	13,54
Codo 20 MM x 90 PP-R		0,53	1	6,0000	3,18
Codo 20 MM x 45 PP-R		0,8	1	3,0000	2,40
Universal 20 MM PP-R		3,47	1	1,0000	3,47
TEE 20 MM PP-R		0,61	1	2,0000	1,22
VALVULA CHECK 1/2		3,56	1	2,0000	7,12
ADAPTADOR 20 MM X 1/2 MACHO PP-R		2,43	1	4,0000	9,72
ADAPTADOR 20 MM X 1/2 HEMBRA PP-R		2,39	1	2,0000	4,78
TAPÓN 1/2 MACHO POLIETILENO PE		0,27	1	1,0000	0,27
VÁLVULA ESFÉRICA ITALY 1/2		3,29	1	2,0000	6,58
TUBO 1/2 X 6M CPV CED 40 A/FRIA		2,67	1	2,0000	5,34
CODO 1/2 X 90 CPVC		0,28	1	4,0000	1,12
CODO 1/2 X 45 CPVC		0,29	1	3,0000	0,87
TEE 1/2 CPVC		0,24	1	2,0000	0,48
PEGA PVC 118 ML		2,9	1	1,0000	2,90
GUAUPE		0,13	1	1,0000	0,13
POLILIMPIA 125CC		2,08	1	1,0000	2,08
TEFLÓN		0,14	1	3,0000	0,42
TAPÓN 1/2 PE HEMBRA		0,27	1	1,0000	0,27
ADAPTADOR 1/2 MACHO CPVC		0,2	1	4,0000	0,80
UNIVERSAL 1/2 CPVC		0,88	1	2,0000	1,76
ELECTROVÁLVULA DE 1/2 12 V		30	1	1,0000	30,00
INVERSORES DE CORRIENTE 110-12V		15	1	2,0000	30,00
METROS DE CABLE N°14		0,29	1	20,0000	5,80
TOMACORRIENTES DOBLE		1,25	1	2,0000	2,50
TACOS Y TORNILLOS 1X8		0,04	1	6,0000	0,24
SUBTOTAL MATERIAL					511,84

MANO DE OBRA							
Categoría*	Unidad	Salario Real	Cantidad x Cuadrilla	Salario Real de Cuadrilla	Rendimiento laboral x Jornada		Costo de Mano de Obra
Operario	JOR	350	1	50	1	1,0000	50,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA							50,00

MAQUINARIA Y EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN				
Descripción	Unidad	Costo Horario Directo	Rendimiento Horario	Costo de Maq. y Eqpo. Constr.
Herramientas manuales	HORA	0,3	16	4,80
SUBTOTAL MAQ. Y EQPO. CONSTR.				4,80

HERRAMIENTA Y EQUIPO DE SEGURIDAD			
Herramienta de Mano	% x tipo de trabajo y herramienta	Costo de Mano de Obra	Costo x Herramienta de Mano
	0,1	25,00	2,50
Herramienta de Seguridad	% x tipo de trabajo y herramienta	Costo de Mano de Obra	Costo x Equipo de Seguridad
	0,1	12,60	1,26
SUBTOTAL HERR. Y EQPO. SEGUR.			3,76

RESUMEN						
COSTO DIRECTO (CD)	Σ	SUBTOTAL MATERIAL	SUBTOTAL MANO DE OBRA	SUBTOTAL MAQ. Y EQPO. CONSTR.	SUBTOTAL HERR. Y EQPO. SEGUR.	570,40
COSTOS Y CARGOS UNITARIOS					PORCENTAJE	IMPORTE
COSTO INDIRECTO (CI)	=	Indirecto x C. Directo	=I (CD)		15%	85,56
COSTO POR FINANCIAMIENTO (CF)	=	Financiamiento x (C. Indirecto + C. Directo)	=F (CD + CI)			
COSTO POR UTILIDAD (CU)	=	Utilidad x (C. Indirecto + C. Directo + C. Financ.)	=U (CD + CI + CF)			
COSTO ADICIONALES (CA)	=	Adicionales x (C. Ind. + C. Dir. + C. Financ. + C. Util.)	=A (CD + CI + CF + CU)			20

PRECIO UNITARIO		
(P.U.) = PRECIO UNITARIO (CD + CI + CF + CU + CA)	TOTAL	675,96
	IVA 12%	67,42
	TOTAL	743,38

Elaborado por: autoría propia Héctor León

Anexo 5 : Fórmulas VAN, TIR

VAN (Valor Actual Neto)

Una vez calculados los valores actuales se procede aplicar la fórmula:

$$VAN = I_{nv.} + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j}$$

F_j: Flujo neto en el periodo j

I_{nv} = Inversión en el periodo 0

i= Tasa de Descuento del Inversionista (TMAR)

n = Horizonte de Evaluación

Se ha escogido el cálculo del VAN TIR y B/C para el sistema con calefón eléctrico, siendo el mismo para los dos anteriores.

$$\begin{aligned} VAN &= -743,38 + \frac{302,22}{(1+0,12)^1} + \frac{302,22}{(1+0,12)^2} + \frac{302,22}{(1+0,12)^3} + \frac{302,22}{(1+0,12)^4} \\ &\quad + \frac{302,22}{(1+0,12)^5} + \frac{302,22}{(1+0,12)^6} + \frac{302,22}{(1+0,12)^7} + \frac{302,22}{(1+0,12)^8} \\ &\quad + \frac{302,22}{(1+0,12)^9} + \frac{302,22}{(1+0,12)^{10}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VAN &= -743,38 + 269,84 + 240,93 + 215,11 + 192,07 + 171,49 \\ &\quad + 153,12 + 136,71 + 122,06 + 108,98 + 97,31 \end{aligned}$$

$$VAN = -743,38 + 1707,61$$

$$VAN = 964,23$$

TIR (Tasa interna de retorno)

Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, en el cual se puede analizar el TIR entre varias alternativas y escoge la mayor, la que permita obtener mayor rentabilidad.

$$\sum_{t=1}^n [FCt/(1+i)^t] - I_0 = 0$$

I_0 = Inversión inicial

FC = Flujo de caja del proyecto

i = Tasa de Descuento o costo de oportunidad del capital

n = vida útil del proyecto

Se analiza el saldo año por año del proyecto/inversión.

Si la TIR es mayor a la tasa de descuento se decide aceptar ya que la inversión crea valor.

Si la TIR es igual a la tasa de descuento se decide aceptar ya que la inversión rinde lo esperado.

Si la TIR es menor a la tasa de descuento se decide rechazar ya que la inversión no genera valor para recuperar la inversión.

Remplazando los valores tenemos:

$$\frac{302,22}{(1+i)^1} + \frac{302,22}{(1+i)^2} + \frac{302,22}{(1+i)^3} + \frac{302,22}{(1+i)^4} + \frac{302,22}{(1+i)^5} + \frac{302,22}{(1+i)^6} + \frac{302,22}{(1+i)^7} \\ + \frac{302,22}{(1+i)^8} + \frac{302,22}{(1+i)^9} + \frac{302,22}{(1+i)^{10}} - 743,38 = 0$$

Por medio de iteraciones se da un valor a (i), hasta que sea igual a cero.

para $i = 30\%$

$$\begin{aligned} & \frac{302,22}{(1+0,30)^1} + \frac{302,22}{(1+0,30)^2} + \frac{302,22}{(1+0,30)^3} + \frac{302,22}{(1+0,30)^4} + \frac{302,22}{(1+0,30)^5} \\ & + \frac{302,22}{(1+0,30)^6} + \frac{302,22}{(1+0,30)^7} + \frac{302,22}{(1+0,30)^8} + \frac{302,22}{(1+0,30)^9} \\ & + \frac{302,22}{(1+0,30)^{10}} - 743,38 = 0 \\ & 934,33 - 743,38 = 0 \\ & 190,95 = 0 \text{ no cumple} \end{aligned}$$

para $i = 40\%$

$$\begin{aligned} & \frac{302,22}{(1+0,40)^1} + \frac{302,22}{(1+0,40)^2} + \frac{302,22}{(1+0,40)^3} + \frac{302,22}{(1+0,40)^4} + \frac{302,22}{(1+0,40)^5} \\ & + \frac{302,22}{(1+0,40)^6} + \frac{302,22}{(1+0,40)^7} + \frac{302,22}{(1+0,40)^8} + \frac{302,22}{(1+0,40)^9} \\ & + \frac{302,22}{(1+0,40)^{10}} - 743,38 = 0 \\ & 729,43 - 743,38 = 0 \\ & -13,95 = 0 \text{ no cumple} \end{aligned}$$

para $i = 39,16\%$

$$\begin{aligned} & \frac{302,22}{(1+0,3916)^1} + \frac{302,22}{(1+0,3916)^2} + \frac{302,22}{(1+0,3916)^3} + \frac{302,22}{(1+0,3916)^4} \\ & + \frac{302,22}{(1+0,3916)^5} + \frac{302,22}{(1+0,3916)^6} + \frac{302,22}{(1+0,3916)^7} \\ & + \frac{302,22}{(1+0,3916)^8} + \frac{302,22}{(1+0,3916)^9} + \frac{302,22}{(1+0,3916)^{10}} \\ & - 743,38 = 0 \\ & 743,40 - 743,38 = 0 \\ & 0 = 0 \text{ cumple} \end{aligned}$$

Por lo tanto el TIR es igual a 39,16%

El costo beneficio B/C es la división entre el beneficio o utilidad neta y el valor actual neto.

$$B/C = \frac{1707,61}{964,23}$$

$$B/C = 1,77$$

Como la relación es mayor a la unidad el sistema es rentable.

Anexo 6 : Gasto de GLP para el calentamiento de 200 litros de agua diarios con calefón

Datos:

Consumo diario: 200 litros

Densidad del agua: 1000kg/m³

Temperatura inicial: 15°C

Temperatura final: 45°C

Considerando la densidad del agua se calcula la masa de agua necesaria para un día, con la siguiente expresión

$$m = \rho_{agua} * V$$

Dónde:

m : Masa del agua (kg)

ρ_{agua} : Densidad del agua (kg/m³)

V : Volumen de agua (m³)

$$m = 1000 \frac{kg}{m^3} * 0.20m^3$$
$$m = 200 kg$$

La cantidad de calor que se requiere para elevar la temperatura se calcula a partir de la expresión

$$Q = m * ce * \Delta T$$

Dónde:

Q : Cantidad de calor (Kcal)

ce : Calor específico del agua (kcal/kg*°C)

ΔT : Variación de temperatura del agua (°C)

$$Q = 200kg * 1000 \frac{cal}{kg * ^\circ C} * 30^\circ C$$
$$Q = 9 \times 10^6 cal$$

$$Q = 6000 \text{ kcal}$$

Conociendo la cantidad de calor, se determina la masa de GLP necesaria, para producir esa cantidad de calor, utilizando la expresión.

$$m_{glp} = \frac{Q}{P}$$

Dónde:

m_{glp} : Flujo másico de GLP (kg)

Q : Cantidad de calor (Kcal)

P : Poder calorífico del GLP (kcal/Kg)

Se considera P un valor constante de 11884 kcal/kg

$$m_{glp} = \frac{6000 \text{ kcal}}{11884 \text{ kcal/kg}}$$

$$m_{glp} = 0,50 \text{ kg}$$

Entonces se necesita 0,51 kg de GLP para calentar 200 litros de agua diarios. Por lo tanto se calcula cuantos días o cuantas veces se puede calentar este volumen con un cilindro promedio de 15 kg

$$N^{\circ} \text{ días} = \frac{\text{carga del tanque}}{m_{glp} * \text{día}}$$

$$N^{\circ} \text{ días} = \frac{15 \text{ kg}}{0,50 \text{ kg} * \text{día}}$$

$$N^{\circ} \text{ días} = 30 \text{ días}$$

Aproximadamente en una vivienda unifamiliar se consume un cilindro de 15 kg. Lo que quiere decir que para 30 días se necesita 1 cilindro para calentar un volumen total de 6000 l a una temperatura de 45 °C.

Anexo 7 : Costo de energía eléctrica con ducha eléctrica, tanque termostato y calefón eléctrico

Potencia de ducha promedio 3000 W

Tiempo estimado de baño $t = 10min$ por cada persona

Como son 4 personas será 40 minutos por día.

$$t = \frac{40 \text{ min}}{\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}} = 0.667 \text{ h}$$

Energía eléctrica ducha (EED)

$$EED = P \times t$$

$$1 \text{ kw} = 1000 \text{ W}$$

$$EED = 3000 \text{ W} \times 0.667 \text{ h}$$

$$EED = 2 \frac{\text{kw.h}}{\text{día}}$$

Energía total al año = $EET_{\text{año}}$

$$EET_{\text{año}} = EED \times 365 \text{ días}$$

$$EET_{\text{año}} = \frac{2 \text{ kw.h}}{\text{día}} \times 365 \text{ días}$$

$$EET_{\text{año}} = 730 \text{ kw.h}$$

Costo de kilowatio hora según planilla de EEQ mes noviembre 2015

Total a pagar 18.22 USD

Consumo por el mes 173 kw.h

$$\text{Costo kw.h} = \frac{18.22 \text{ USD}}{173 \text{ kw.h}} = \$0.0105 \text{ kwh} = 10 \text{ ctvs. de dólar}$$

Costo anual

$$EET_{\text{año}} \times 0.10 \text{ USD/ kw.h}$$

$$\text{Costo anual} = 730 \text{ kw.h} \times 0.10 \frac{\text{USD}}{\text{kw.h}}$$

$$\text{Costo anual} = 73 \text{ USD}$$

Costo de energía por tanque termostato

Volumen tanque de 80 litros

$$P = 1500 \text{ W}$$

$$\text{EET} = P \times t$$

$$1 \text{ kw.h} = 1000 \text{ W}$$

Tiempo de calentamiento = 2 h

Calienta 2.5 veces al día

$$\text{EET} = 1500 \text{ W} \times 2 \text{ h}$$

$$\text{EET} = 3 \text{ KWh}$$

EET x 2.5 veces al día

3 KW.h x 2.5 veces al día

$$\text{EET} = 7.5 \frac{\text{kw.h}}{\text{día}}$$

Energía total al año = EED x 365 días

$$\text{EET}_{\text{año}} = \frac{7.5 \text{ KW.h}}{\text{día}} \times 365 \text{ días}$$

$$\text{EET}_{\text{año}} = 2737.50 \text{ KW}$$

Costo anual = 2737,50 KW x 0.10USD/KW

Costo anual = 273,75 USD

Costo de Energía Eléctrica con calefón eléctrico

Con Potencia=9000 W

t= 10 min de baño en ducha c/persona

4 personas = 40 minutos

t = 55 min por día

$$t = \frac{55 \text{ min}}{60 \text{ m}} = 0.92 \text{ h}$$

Eléctrica Calefón (EECE) = $P \times t$

EECE = $P \times t$

EECE = $9000 \text{ W} \times 0.92 \text{ h}$

EECE = 8.28 KW h/día

$EET_{\text{año}} = 8.28 \times 365$

$EET_{\text{año}} = 3022.20 \text{ KW.h}$

Costo 0.10 USD Según planilla EEQ

Costo anual = $3022,20\text{KWh} \times 0.10 \text{ USD/KWh}$

Costo anual = 302.22 USD

Anexo 8 : Preguntas realizadas en la encuesta

Encuesta N°.....

Nombre del entrevistador:

Fecha:

Pregunta 1: ¿Cuántas personas viven en su hogar?

2	
3	
4	
5	
más de 5	

Pregunta 2: ¿Qué tipo de sistema utiliza para calentar el agua cuando usted se ducha?

ducha eléctrica	
calefón a gas	

Pregunta 3: ¿Si contesto calefón cuantos cilindros consume al mes?

1	
2	
más de 2	

Pregunta 4: ¿Cuántas minutos le toma de tiempo cuando usted se ducha?

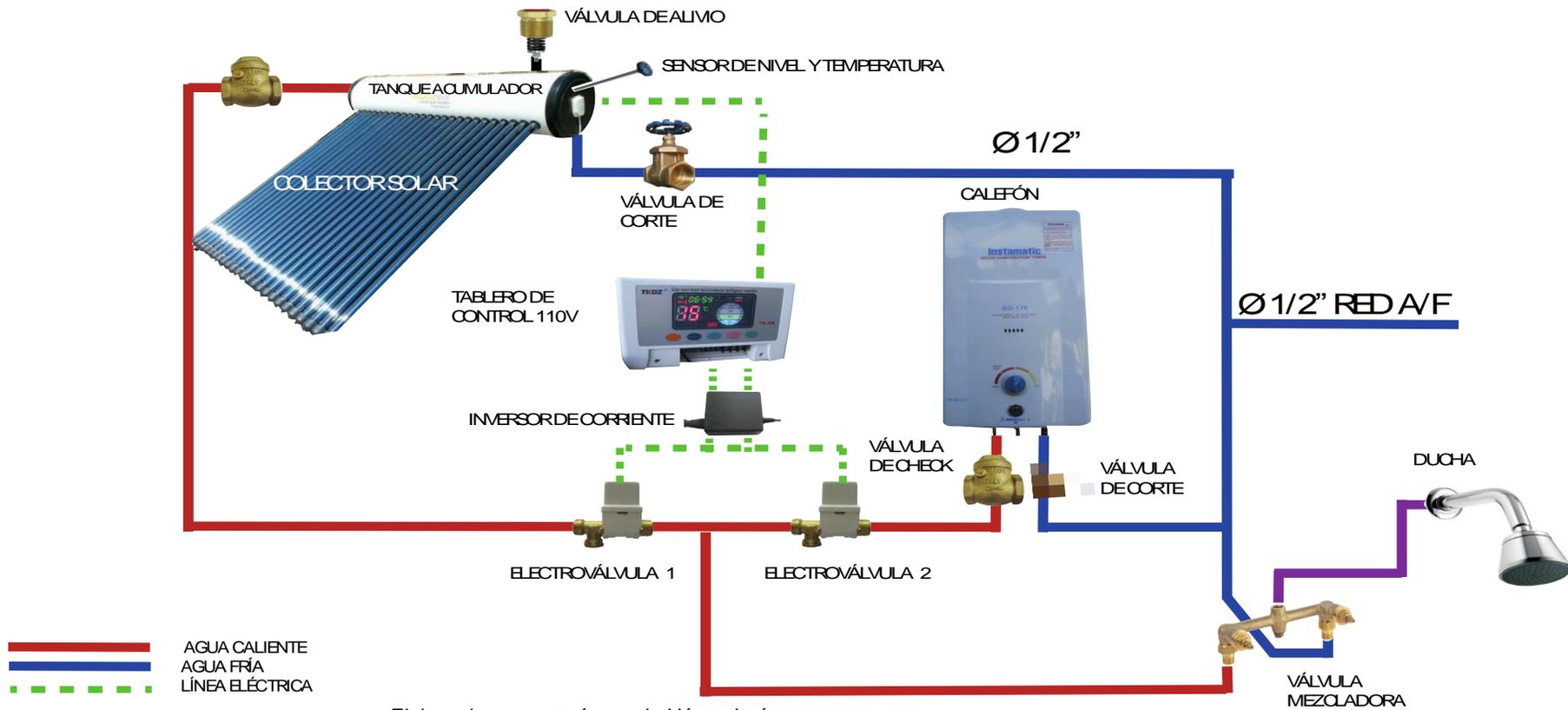
5	
10	
15	
más de 15	

Pregunta 5: ¿Usted estaría dispuesto a adquirir un sistema de calentamiento de agua con energía solar para consumir menos energía eléctrica?

SI	
NO	

Anexo 9 : Plano esquemático del sistema

SISTEMA DE CALENTAMIENTO PROPUESTO



Elaborado por: autoría propia Héctor León