

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



CENTRO DE POSGRADOS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES COHORTE 2021

Tema: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA TERMO SOLAR HÍBRIDO DE CONCENTRADOR PARABÓLICO COMPUESTO PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA EN VIVIENDAS DE ZONAS RURALES

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magister en Energías Renovables

Modalidad del Trabajo de Titulación: Componente de Investigación Aplicada

Autor: Ingeniero Juan Sebastián Romero Proaño

Directora: Ingeniera Mayra Paucar Samaniego, Magister.

Ambato – Ecuador

2023

A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por: Ingeniero Héctor Fernando Gómez Alvarado, PhD, e integrado por los señores: *Ingeniero Carlos Diego Gordón Gallegos, PhD* e *Ingeniero Darío Roberto Bolaños Guerrón, PhD*, designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “*Análisis de factibilidad de un sistema termo solar híbrido de concentrador parabólico compuesto para el calentamiento de agua sanitaria en viviendas de zonas rurales*” elaborado y presentado por el *señor Ingeniero Juan Sebastián Romero Proaño*, para optar por el Título de cuarto nivel de Magíster en Energías Renovables; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Héctor Fernando Gómez Alvarado, PhD.
Presidente y Miembro del Tribunal

Ing. Carlos Diego Gordón Gallegos, PhD.
Miembro del Tribunal

Ing. Darío Roberto Bolaños Guerrón, PhD
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “Análisis de factibilidad de un sistema termo solar híbrido de concentrador parabólico compuesto para el calentamiento de agua sanitaria en viviendas de zonas rurales”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Juan Sebastián Romero Proaño, Autor bajo la Dirección de la Ingeniera Mayra Paucar Samaniego Magister Directora del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ingeniero Juan Sebastián Romero Proaño
c.c.:1002549937
AUTOR

Ingeniera Mayra Paucar Samaniego, Magister
c.c.: 0604098194
DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ingeniero Juan Sebastián Romero Proaño
c.c.:1002549937

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada	i
A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
AGRADECIMIENTO	xii
DEDICATORIA	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
DESCRIPTORES:	xv
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Introducción	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos	5
1.3.1 General.....	5
1.3.2 Específicos	6
CAPÍTULO II	7
2 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	7
2.1 Antecedentes	7
2.2 Fundamentación teórica	9
2.3 Radiación solar.....	9
2.3.1 Tipos de radiación solar.....	9
2.4 Atlas solar mundial NASA.....	10
2.4.1 Radiación solar en Ecuador	11
2.4.1.1 Radiación solar en la provincia de Imbabura	11

2.5 Concentración solar.....	12
2.6 Concentradores solares.....	13
2.6.1 Colector solar parabólico.....	14
2.7 Colector parabólico compuesto.....	15
2.7.1 Componentes principales de un CPC	16
2.7.1.1 Reflector cilíndrico parabólico.....	17
2.7.1.2 Tubo de absorción o receptor.....	17
2.7.1.3 Sistema de seguimiento solar	17
2.7.2 Factor de concentración.....	17
2.7.3 Razón de concentración geométrica y ángulo de aceptación	18
2.7.4 Cálculo del ángulo de abertura y de distancia	19
2.7.5 Cálculo del diámetro del tubo receptor.....	19
2.8 Pérdidas ópticas y geométricas en un CPC.....	20
2.8.1 Pérdidas ópticas	20
2.8.2 Pérdidas geométricas	21
2.8.3 Pérdidas térmicas	22
CAPÍTULO III.....	23
3 MARCO METODOLÓGICO.....	23
3.1 Tipos de investigación.....	23
3.1.1 Explicativo.....	23
3.1.2 Analítico	23
3.2 Población o muestra	23
3.2.1 Población	24
3.2.2 Muestra	24
3.3 Hipótesis - pregunta científica – idea a defender	24
3.4 Recolección de la información.....	24
3.5 Procesamiento de la información y análisis estadístico	25
3.6 Equipos y materiales	25
3.7 Ubicación	26
3.7.1 Análisis de la información obtenida	26
3.7.2 Resumen de los resultados obtenidos de la encuesta.....	33
3.8 Variables respuesta o resultados esperados.....	34

3.8.1 Variable independiente: energía solar	34
3.8.1.1 Radiación solar en la parroquia rural Angochagua	34
3.8.1.2 Base de datos de irradiación solar	35
3.8.1.3 Ecuaciones para determinar la energía solar	36
3.8.2 Variable dependiente: demanda de agua caliente	38
3.8.3 Parámetros de diseño	40
3.8.4 Diseño estructural del concentrador cilíndrico parabólico	44
3.8.5 Mecanismo de seguimiento solar.....	45
3.8.6 Costo beneficio de implementar el colector solar.....	46
3.9 Viabilidad económica.....	46
3.10 Modelado del colector parabólico compuesto híbrido	48
3.11 Sistema de calentamiento	51
3.11.1 Alimentación eléctrica del sistema.....	52
3.12 Reducción de emisiones de CO ₂	53
3.12.1 Sistema híbrido (eléctrico)	55
3.13 Comparación de colectores solares para calentamiento de agua	55
3.13.1 Colector solar plano	55
3.13.2 Panel de tubos de vacío	56
3.13.3 Colector solar parabólico	56
3.13.4 Comparación de los calentadores solares	57
CAPÍTULO IV.....	59
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
4.1 Análisis de viabilidad económica de la implementación del proyecto	59
4.1.1 Relación costo beneficio.....	59
4.1.2 Demanda en función del ingreso	59
4.1.3 Inversión inicial fija y capital de trabajo	59
4.2 Estrategia de financiamiento	61
4.2.1 Inversión inicial	61
4.2.2 Cronograma de inversión.....	62
4.3 Distribución colectores para cubrir la demanda de ACS.	64
4.3.1 Flujo de caja económico del proyecto	65
4.3.2 Periodo de recuperación de la inversión (PRI)	66

4.3.3 Verificación de la hipótesis	67
5 CAPÍTULO V	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
5.1 Conclusiones	69
5.2 Recomendaciones.....	70
6 BIBLIOGRAFÍA	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Preguntas relacionada con el uso de las energías renovables	30
Tabla 3.2: Preguntas relacionada con el consumo de agua y energía solar	32
Tabla 3.3: Cantidad de agua necesaria	38
Tabla 3.4: Focos máximos de la parábola.....	41
Tabla 3.5: Especificaciones del seguidor solar	46
Tabla 3.6: Materiales para la implementación del sistema	47
Tabla 3.7 Comparación de calentadores de agua sanitaria	57
Tabla 4.1 Inversión inicial fija tangible	60
Tabla 4.2 Inversión fija intangible	60
Tabla 4.3 Capital de trabajo	60
Tabla 4.4 Cronograma de inversión	63
Tabla 4.5: Cálculo del VAN y TIR	67
Tabla 4.6: Promedio de irradiación solar	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1:Tipos de radiación solar terrestre	10
Figura 2.2: Atlas solar global NASA	11
Figura 2.3: Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica	12
Figura 2.4: Sistemas de concentradores, lineales, receptores y canales parabólicos .	14
Figura 2.5: Esquema de un concentrador de energía solar parabólico.....	15
Figura 2.6: Colector solar parabólico compuesto	15
Figura 2.7: Geometría del concentrado parabólico compuesto.....	16
Figura 2-8: Representación de una parábola.....	18
Figura 2.9: Curva de una parábola	18
Figura 2.10: Curva de una parábola	19
Figura 2.11: Pérdidas ópticas de un CPC.....	21
Figura 3.1: Comunidad Rinconada perteneciente a la provincia de Imbabura	26
Figura 3.2: Cuál es el número de personas que viven en su hogar	27
Figura 3.3: Tipo de vivienda de la comunidad Rinconada.....	28
Figura 3.4: Sistema para calentar agua sanitaria.....	28
Figura 3.5: Tiempo que tarda en la ducha.....	29
Figura 3.6: Número de días que se ducha la población	30
Figura 3.7: Costo mensual por consumo de energía eléctrica de un hogar.....	30
Figura 3.8: Resultado encuesta sección 2	32
Figura 3.9: Resultados encuesta sección 3.....	33
Figura 3.10: Irradiación solar obtenida mediante software Censolar	35
Figura 3.11: Declinación solar	37
Figura 3.12: Grafica declinación solar a través del año	37
Figura 3.13: Medición cantidad de litros de agua por minuto	38
Figura 3.13: Perfil parábola del concentrado solar en metros.....	42
Figura 3.14: Relación y distancias dentro del perfil CCP.....	42
Figura 3.15: Valores de irradiación mensual en Imbabura	44
Figura 3.15: Estructura para el concentrador solar	45
Figura 3.16: Mecanismo de seguimiento solar.	45
Figura 3.18: Modelado del perfil del colector solar parabólico.....	49
Figura 3.19: Colector solar parabólico.....	49

Figura 3.21: Estructura soporte Colector solar parabólico.....	49
Figura 3.22: Estructura base para soporte Colector solar parabólico.....	50
Figura 3.23: Curva de Hottel-Willier-Bliss para configuración del colector CPC. ...	51
Figura 3.24: Sistema de calentamiento de recirculación.....	52
Figura 3.25: Esquema de alimentación eléctrica del sistema de calentamiento.....	53
Figura 3.26: Estructura colector solar plano	56
Figura 3.27: Estructura panel de tubos de vacío	56
Figura 3.28: Estructura colector solar parabólico	57
Figura 4.1: Distribución colectores solares	64
Figura 4.1: Comparación de gastos por consumo eléctrico	66

AGRADECIMIENTO

A Dios, por todas sus bendiciones y ser mi apoyo espiritual, gracias por brindarme la fuerza y capacidad de terminar esta nueva etapa de mi vida profesional.

A mi familia, a mi esposa Karen por ser ese apoyo en todo momento, y a mis hijos Camila, Caleb y Emma por ser el motor que me impulsa a ser cada día mejor.

A mis padres, por su confianza y consejos, por su esfuerzo que me ha permitido alcanzar muchas metas.

A mi directora de Trabajo de Titulación y a la Universidad Técnica de Ambato, que en conjunto han sido las bases de mi crecimiento educativo y profesional en esta etapa.

A mis compañeros y amigos, por su ayuda y por hacer de esta etapa de nuestra vida más amena.

Juan Sebastián

DEDICATORIA

*A Dios, por encaminarme a ser una
mejor persona cada día.*

*A mi esposa y compañera de vida
Karen.*

A mis hijos Camila, Caleb y Emma.

A mis padres, María y Bayardo.

A mis hermanos y sobrinos.

Juan Sebastián

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES
COHORTE 2021

TEMA:

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA TERMO SOLAR HÍBRIDO DE CONCENTRADOR PARABÓLICO COMPUESTO PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA EN VIVIENDAS DE ZONAS RURALES

MODALIDAD DE TITULACIÓN: *Componente de Investigación Aplicada.*

AUTOR: *Ingeniero Juan Sebastián Romero Proaño*

DIRECTOR: *Ingeniera Mayra Paucar Samaniego, Magister.*

FECHA: *Doce de Abril de dos mil veintitrés*

RESUMEN EJECUTIVO

En la presente investigación se realizó el estudio de factibilidad de un sistema termo solar híbrido de concentrador parabólico compuesto para calentamiento de agua sanitaria en viviendas de zonas rurales, el estudio se ejecutó en la comunidad La Rinconada perteneciente a la parroquia Angochagua de la ciudad de Ibarra. De acuerdo a los datos analizados, en esta zona de la provincia de Imbabura se tiene una radiación solar con valores promedio de 4,374 kWh/m², además entre los meses de abril y agosto a partir de las 11h00 a.m hasta las 15h00 p.m, la radiación solar es más alta, lo que permite incrementar la captación de energía solar en el sistema propuesto.

El diseño y dimensionamiento del sistema termo solar se desarrolló en función de la demanda de agua caliente sanitaria de 113 familias que residen en la comunidad, en donde se determinó que cada una requiere un caudal máximo de 156 litros al día, a una temperatura de 35 °C, alcanzando un valor de aprovechamiento de energía solar de

3,1920 kWh/día, con un rendimiento del sistema de captación solar del 73 % y llegando al 90 % con el sistema híbrido.

Para la optimización de su uso, se contempla la instalación de siete colectores solares instalados de manera sectorizada en diferentes zonas a lo largo de la comunidad, con lo que se podrá satisfacer la demanda de agua caliente sanitaria en todas las viviendas de La Rincocanda.

Se efectuó el análisis de factibilidad financiera para este proyecto, obteniéndose como resultado un VAN mayor a cero y una tasa de rentabilidad del 80 %, finalmente, con los datos obtenidos se concluye que con la implementación del proyecto se reduce el uso de consumo eléctrico y GLP, lo que generaría ahorro en el pago de planillas eléctricas y disminución de emisiones de CO₂.

DESCRIPTORES:

CONSUMO DE ENERGÍA, DESARROLLO SOSTENIBLE, ECUADOR, ENERGÍA SOLAR, ENERGÍA TÉRMICA, EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL, FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE, FUENTE DE ENERGÍA NO RENOVABLE, RADIACION SOLAR, RECURSOS DE GAS, RECURSOS ENERGÉTICOS, RECURSOS NATURALES

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal, analizar la factibilidad de un sistema termo solar híbrido de concentrador parabólico compuesto para el calentamiento de agua sanitaria en viviendas de zonas rurales, para implementar este estudio, en primer lugar se realizó una descripción de las consideraciones del sector donde se propone ejecutar el análisis para la captación de la energía solar, para esto se revisa el mapa solar del Ecuador donde evaluamos en que época, del año es mayor la radiación solar.

Posteriormente, se realiza una búsqueda bibliográfica de los concentradores parabólicos compuestos, específicamente en detalles como su diseño, fabricación e instalación, para un mejor entendimiento se realiza cálculos sobre las necesidades y capacidad térmica para el calentamiento de agua sanitaria. Finalmente, entre las limitaciones del estudio se detectó, la desconfianza de la población en implementar estas energías renovables, por desconocimiento y costumbre en el uso de energías tradicionales, otra limitante es que al ser comunidades que viven en la pobreza se les dificulta comprar o instalar este sistema solar, en base a estos parámetros es necesario realizar el análisis de costo beneficio y explicar las ventajas sobre el cambio a nuevas energías renovables.

El desarrollo económico, social y tecnológico de la humanidad tiene relación directa con su situación energética, la sociedad requiere servicios energéticos confiables y de calidad para satisfacer sus necesidades básicas, para limpieza, iluminación, transporte, climatización, procesos industriales entre otros.

Actualmente en nuestro planeta para la producción de energía, predomina el uso de fuentes provenientes de combustibles fósiles, principalmente el gas natural, el carbón y el petróleo, por lo que las emisiones de CO₂ han aumentado drásticamente lo que ha ocasionado en gran medida el calentamiento global por los gases de efecto

invernadero; esto junto al constante incremento en el costo de los combustibles. Por tal motivo, surge la necesidad de utilizar fuentes de energías renovables que permitan revertir los efectos climáticos en nuestro planeta, además, de brindar seguridad, confiabilidad y energía limpia a los usuarios.

A nivel mundial las tecnologías solares se destacan dentro de las energías renovables, por ser una fuente de energía prácticamente ilimitada, limpia y gratuita, su aplicación es extensa, desde grandes emplazamientos para la producción de energía eléctrica, hasta pequeños calentadores solares de uso doméstico; a pesar de esto, muchas personas tienen cierta resistencia a su aplicación por el desconocimiento de su complejidad, instalación y funcionamiento, así como del gasto que conlleva su adquisición.

En el Ecuador para el calentamiento de agua sanitaria se utiliza principalmente energía eléctrica y calefones que funcionan con gas licuado de petróleo (GLP), se estima que aproximadamente 300 mil hogares cuentan con sistemas de agua caliente que usan GLP, de los cuales la gran mayoría se ubican en la región sierra en familias de buen ingreso económico [1].

El GLP se encuentra subsidiado por el estado ecuatoriano, principalmente para ser utilizado en la cocción de alimentos. Los sistemas que utilizan energía solar térmica para la obtención de Agua Caliente sanitaria (ACS) son una excelente opción que permitiría generar ahorro a los usuarios y al estado ecuatoriano, además contribuiría con reducción de impactos negativos por la producción y el uso de combustibles derivados de petróleo [2].

Las ventajas que genera la energía solar han sido diversas y de gran ayuda para reducir los problemas por contaminación ambiental en el mundo. Una de las ventajas principales es la reducción de costos comparado con el uso de energías provenientes del petróleo, gas y electricidad, etc.

Esta investigación tiene el interés de comprobar teóricamente las ventajas en el empleo de un sistema termo solar híbrido de concentrador parabólico compuesto para el

calentamiento de agua, de acuerdo, con las características de radiación solar del Ecuador, en la provincia de Imbabura, específicamente en la comunidad de Rinconada. Finalmente, con este trabajo se busca fomentar el interés por realizar investigaciones sobre el uso de las energías renovables, enfocadas en el aprovechamiento de la energía termo solar, de tal manera, que su aplicación se industrial y a gran escala para reducir los problemas de contaminación que sufre actualmente el planeta.

1.2 Justificación

Ante el inminente cambio climático, el costo elevado de los combustibles fósiles es importante realizar el análisis de factibilidad de un sistema termo solar híbrido mediante el uso de energía solar porque el país cuenta con una radiación solar alta en especial en regiones de la sierra con un valor promedio de 4200 Wh/m²/día, según el atlas solar del Ecuador.

Además, el mundo se encuentra en constante cambio y reflexión sobre las fuentes de energía convencionales porque son contaminantes y limitadas, es por ello que se justifica el cambio a energías limpias renovables y sostenibles como los concentradores de energía solar compuestos. También, al utilizar calentadores solares de agua se tiene una gran ventaja porque es un sistema seguro y confiable sin riesgos de explosión, fugas o filtraciones de gases.

El impacto que genera esta investigación es positivo, porque se explica las ventajas de aprovechar la energía solar, convirtiéndola en conversión térmica, y el ahorro económico en comparación con el consumo de energía convencional, también, se reduce el impacto ambiental generado por las emisiones contaminantes.

El cambio climático afecta nivel mundial y la búsqueda de utilizar energías alternativas cada vez es más frecuente en país desarrollados. Entre las energías renovables esta la solar, por lo que se aprovecha los rayos del sol buscando reducir el uso de combustibles fósiles, reducir emisiones de gases de efecto invernadero buscando la autosuficiencia energética del planeta. En Madrid-España se ha diseñado paneles de energía solar térmica para calentar agua eliminando el consumo de gasoil, gas natural, etc., de esta

han reducido los costos por compra de estos combustibles, emisiones contaminantes como el dióxido de carbono que sale a la atmosfera y los mantenimientos de los equipos. El agua caliente se aprovecha para piscinas, sistemas de calefacción, servicios de refrigeración, sin embargo, hasta la actualidad la energía solar térmica en el mundo se utiliza para calentar agua sanitaria [3].

En América latina no existen adecuados incentivos o mecanismos financieros que fomenten el uso de energía solar térmica, porque la inversión de los sistemas solares térmicos es relativamente alto, comparado con los sistemas de calentamiento de agua convencional como la ducha eléctrica o el calefón de gas. Otro problema es la falta de investigación e innovación sobre el uso de paneles o concentradores solares para el calentamiento de agua sanitaria.

Existe pocos programas de fortalecimiento, normas de calidad y estandarización de procesos lo que limita el desarrollo del mercado sostenible de la energía solar. Brasil es un país líder en programas de utilización de equipos de energía solar teniendo como objetivo establecer estándares de calidad para la aplicación de energía solar. Se plantearon como objetivo la iniciativa de “ciudades solares”. Uruguay aprobó una ley para exigir sistemas de energía solar térmica para centros de salud, hoteles, clubes, piscinas y organismos públicos [4].

En Colombia se aplicó incentivos para la instalación de paneles solares para calentamiento de agua en hogares populares. Estos sistemas fueron financiados con préstamos a 15 años con una tasa de interés de 15%, de esta manera se busca incentivar el uso de las energías renovables específicamente la energía solar térmica [4].

En el Ecuador lamentablemente el uso de la energía solar térmica para calentamiento de agua no es aprovechado, a pesar de tener excelente radiación solar en todo el territorio, esto se debe a que la población utiliza la fuente de energía convencional como el calefón a gas y la ducha eléctrica que se encuentran subsidiadas por el estado, además, el costo de implementación de paneles o colectores solares no pueden competir con los costos de los combustibles fósiles. Otro problema que presenta el país para calentar agua es el ineficiente subsidio del gas para el uso de calefones, finalmente

la poca difusión e investigación sobre el uso de energías renovables, no permite un desarrollo y aplicación adecuada de estos sistemas [5].

Bajo este contexto, la investigación se justifica para proponer un estudio de factibilidad a los pobladores de la comunidad, Rinconada de la provincia de Imbabura, los beneficios económicos y sustentables de las energías renovables van creando relevancia y es importante aprovechar el potencial energético proveniente de la energía del sol. La energía de radiación solar es una gran oportunidad para contribuir en la seguridad energética del país, además, se suma al esfuerzo mundial de minimizar el impacto ambiental por lo que el beneficio en general es para toda la población en especial para Ecuador que busca cambiar la matriz productiva y no depender solo de energías tradicionales.

El crecimiento de las energías renovables a nivel mundial es imparable, el uso de las energías alternativas en especial la energía producida por el sol es novedosa para la población porque es abundante, gratuita, no produce gases de efecto invernadero, emisiones contaminantes y los costos son bajos, es por esto que se debe socializar y concientizar a la población, líderes políticos y sociales sobre estas energías limpias para así, disminuir la contaminación ambiental.

Esta investigación es original, porque se basa en referentes teóricos, modelos de concentradores solares compuestos y cálculos de acuerdo a las necesidades de la comunidad donde se realizó el estudio la factibilidad de instalar el sistema propuesto en esta investigación.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Analizar la factibilidad de implementación un sistema termo solar híbrido de concentrador parabólico compuesto para el calentamiento de agua sanitaria en viviendas de zonas rurales.

1.3.2 Específicos

- Determinar la demanda de agua sanitaria en las viviendas de la comunidad la Rinconada de la provincia de Imbabura.
- Analizar los datos de radiación y la caracterización del recurso solar en la parroquia rural Angochagua.
- Diseñar un sistema de calentamiento de Colector Parabólico Compuesto híbrido.
- Establecer una comparativa técnica entre tres diferentes colectores solares comerciales de tubos al vacío y el sistema CPC híbrido.
- Analizar la viabilidad económica de la implementación del proyecto en viviendas de zonas rurales.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Desde hace varios años, en el mundo, se han desarrollado varios estudios sobre el aprovechamiento de las energías renovables en especial la energía térmica y el mejoramiento de los sistemas de calentamiento de agua para distintas aplicaciones en zonas urbanas y rurales. Por lo tanto, se ha realizado la búsqueda bibliográfica que aporta en el desarrollo del proyecto de investigación planteado.

2.1 Antecedentes

La ingeniera Pozo Herrera Adela [6], realizó la tesis de maestría en Ingeniera Industrial titulado: “ESTADO DEL ARTE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS HÍBRIDOS”, donde planteó como objetivo principal estudiar la transformación de energía de combustibles fósiles a energías renovables, posteriormente, presenta la tecnología fotovoltaica híbrida y propone la clasificación de los colectores térmicos/fotovoltaicos (PTV) tradicionalmente, clasificados en sistemas de tipo de agua y aire. Luego de realizar la investigación de los referentes teóricos y concluye que, la principal aplicación de estos sistemas está en la producción de energía eléctrica, también se utiliza en el secado, calentamiento de agua, calefacción y refrigeración de espacios y desalación. Además, demuestra que el rendimiento de los sistemas híbridos es mejor que los sistemas térmicos.

Los investigadores Masood, F. Bin, N. Nallagownden, P. Elamvazuthi, I. Saidur, R., Mohammad, A. Mohamed, Y. Mehmood, M. Ali, M. [7], realizaron el artículo científico denominado: “REVISIÓN DE DESARROLLOS Y APLICACIONES RECIENTES DE COLECTORES SOLARES FOTOVOLTAICAS/TÉRMICOS HÍBRIDOS BASADOS EN CONCENTRADORES PARABÓLICOS COMPUESTOS”. El objetivo principal de este artículo fue realizar una revisión detallada sobre los sistemas CPC-PVT, considerando las investigaciones recientes en las aplicaciones de los CPC en los campos relevantes de la energía solar. La revisión de los sistemas híbridos en CPC, incluye configuraciones de intercambiadores de calor así, como métodos de extracción de calor por medio de transferencia de calor, como

aire y agua. Luego de identificar los sistemas CPC PVT demostraron que estos sirven para numerosas aplicaciones en sistemas integrados de tejados y edificios para producir simultáneamente calor y electricidad. Posteriormente hace recomendaciones sobre cómo utilizar esta información para futuras investigaciones.

El ingeniero Gordon Chasipanta, Jefferson Fabian [8], desarrollo el tema de tesis titulado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CONCENTRADOR SOLAR DE TIPO CANAL CILÍNDRICO PARABÓLICO PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS”, donde planteó el diseño y construcción del concentrador utilizando como fuente de calor la energía diaria del sol, como primer paso determinó los ángulos de radiación, tipos de cocinas solares, colectores y las ecuaciones necesarias para el dimensionamiento del colector. Finalmente, como resultado se realizó pruebas de funcionamiento con varios alimentos como, canguil, corvina, huevos y calentamiento de agua en las horas donde existe más radiación solar que está comprendido entre las 10:00 am hasta las 14:00 pm, también, en este proyecto de investigación se realizó el análisis económico del calentador solar y los beneficios que se tiene al utilizar energías alternativas como la solar para la cocción de alimentos.

EL autor Terrón Hernández Miguel [9], en su proyecto de doctorado en ciencias en energía renovable realizó el: “ESTUDIO TEÓRICO EXPERIMENTAL DE UN RECEPTOR DE CALOR CON ALETAS ACOPLADO A UN CONCENTRADOR PARABÓLICO COMPUESTO”, donde, determinó la necesidad de utilizar tecnología termosolar para calentadores de aguas residuales como una alternativa eficiente y de bajo costo económico. Por lo tanto, mediante el desarrollo de prototipos midió el desempeño de las aletas y las pérdidas de calor para mejorar los diseños y aprovechar al máximo la energía sin variar las dimensiones establecidas en el prototipo. Para el sistema del CPC, concluye que existe dos opciones de trabajo con ajustes estacionarios y variaciones de ángulos para tres posiciones para las cuatro estaciones del año.

Los investigadores Soria, S. Ambrosio, J. Toledo, I. y Sabás, J. [10], desarrollaron el artículo científico bajo el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR SOLAR DE TIPO CONCENTRADOR PARABÓLICO COMPUESTO (CPC) PARA PRUEBAS DE CALENTAMIENTO DE AIRE”. En este trabajo presentaron una

propuesta teórico experimental del colector solar tipo parabólico compuesto con absorbedor tubular. Este colector consiste en cuatro concentradores formados de lámina galvanizada que reflejan la luz hacia los tubos absorbedores con una concentración de 2,5 y Semiángulo de $23,5^\circ$ de aceptación esto para eliminar el sistema de seguimiento solar. El absorbedor es de cobre y el colector tiene una eficiencia teórica de 25 % lo que evidencia una ganancia de un tercio en comparación con los CPC comerciales. El sistema técnicamente es factible para procesos de baja temperatura con promedio de 60°C de esta forma se obtiene ahorros energéticos significativos que favorecen a la población.

2.2 Fundamentación teórica

2.3 Radiación solar

La radiación solar se define como la cantidad de radiación electromagnética que cae sobre la Tierra desde el sol; la cantidad de radiación incidente en un punto de la Tierra se ve afectada por dos fenómenos, el primero de los cuales está relacionado con las interacciones sistema astronómico Sol-Tierra. La Tierra gira alrededor del Sol en una órbita elíptica, completando un ciclo de 365 días llamado movimiento de traslación, por otro lado, gira sobre su propio eje en aproximadamente 24 horas, lo que se denomina movimiento de rotación [11].

El movimiento de traslación, combinado con la inclinación de la Tierra, crea las estaciones y la alternancia entre el día y la noche. Estos dos movimientos dependen de cuanta energía solar reciba una determinada zona de la tierra durante el año, de manera que los rayos del sol caen verticalmente sobre el trópico de Capricornio durante el solsticio de invierno y hacia el trópico de cáncer durante el solsticio de verano. Desde los trópicos hasta los polos, los rayos del sol nunca caen verticalmente sobre la superficie de la tierra, por lo que estas áreas reciben menos radiación solar [11].

2.3.1 Tipos de radiación solar

- Radiación directa: Se recibe directamente del sol en línea recta sin desviación en el paso por la atmósfera terrestre.
- Radiación difusa: Llega a la superficie de la tierra, pero cambia la dirección cuando pasa por la atmósfera, esta desviación ocurre cuando los rayos solares chocan directamente con moléculas o partículas suspendidas en el aire. Esta radiación difusa ocurre cuando pasa por las nubes o la que proviene del cielo azul. Si no existiera radiación difusa el cielo se observaría negro [12].
- Radiación reflejada o albedo: Proviene de objetos de la tierra como por ejemplo la luz que refleja una pared blanca, un charco o un lago, etc.
- Radiación total: Esta radiación suma todas las radiaciones y aparece cuando se trabaja cerca al mar o en superficies reflectantes como nevado, es importante medir la radiación total sobre una superficie horizontal viendo hacia arriba. Para un mejor entendimiento de la radiación total se presenta el siguiente esquema [12].

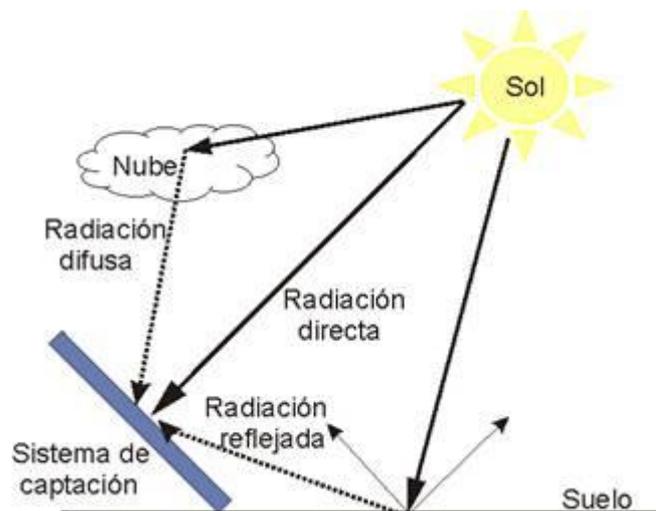


Figura 2.1:Tipos de radiación solar terrestre [13]

2.4 Atlas solar mundial NASA

La NASA, por medio de su proyecto POWER ofrece una serie de mapas interactivos y aplicaciones de servicios de datos que describen las condiciones meteorológicas de la radiación solar. Esta información es actualizada a diario y los registros históricos se

toman a más de 35 años. Estos datos permiten aprovechar la información para la utilización de las energías renovables de tal manera, que permite tomar decisiones para comparar y priorizar las oportunidades en múltiples lugares [14].

Se realizó la investigación en el atlas solar de la NASA, específicamente en la provincia de Imbabura la ciudad de Ibarra obteniendo los datos de radiación solar mostrados en la figura 2.2.

Datos del mapa		Por día ▼	
Salida de potencia fotovoltaica específica	PVOUT específico	4.374	kWh/kWp por día ▼
Irradiación normal directa	DÍAS	4.080	kWh/m ² por día ▼
Irradiación horizontal global	ESCRIBE EL	5.285	kWh/m ² por día ▼
Irradiación horizontal difusa	DIF	2.275	kWh/m ² por día ▼
Irradiación inclinada global en ángulo óptimo	GTI opta	5.288	kWh/m ² por día ▼
Inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos	OPTA	2/ 180	°
Temperatura del aire	TEMPERATURA	17.3	°C ▼
Elevación del terreno	ÉL	1928	metro ▼

Figura 2.2: Atlas solar global NASA [15]

2.4.1 Radiación solar en Ecuador

La radiación solar global estimada en Ecuador es de 4,200 kWh/año, muy superior a los 1,400 kWh/año m² de España, las diversas condiciones atmosféricas y topográficas de Ecuador, desde las Islas Galápagos hasta la Amazonía, crean una enorme diversidad de radiación y permiten cálculos. tamaño de instalación para determinadas necesidades energéticas en la provincia de Imbabura [16].

2.4.1.1 Radiación solar en la provincia de Imbabura

La radiación solar promedio mensual con mayor potencial se ha detectado en las provincias de Imbabura, Pichincha, Santo Domingo y Loja con un valor de 4575 Wh/m²/ día, estos valores deberán ser ajustados para datos experimentales en la zona

donde se realiza el estudio para la implementación del colector parabólico compuesto [16].

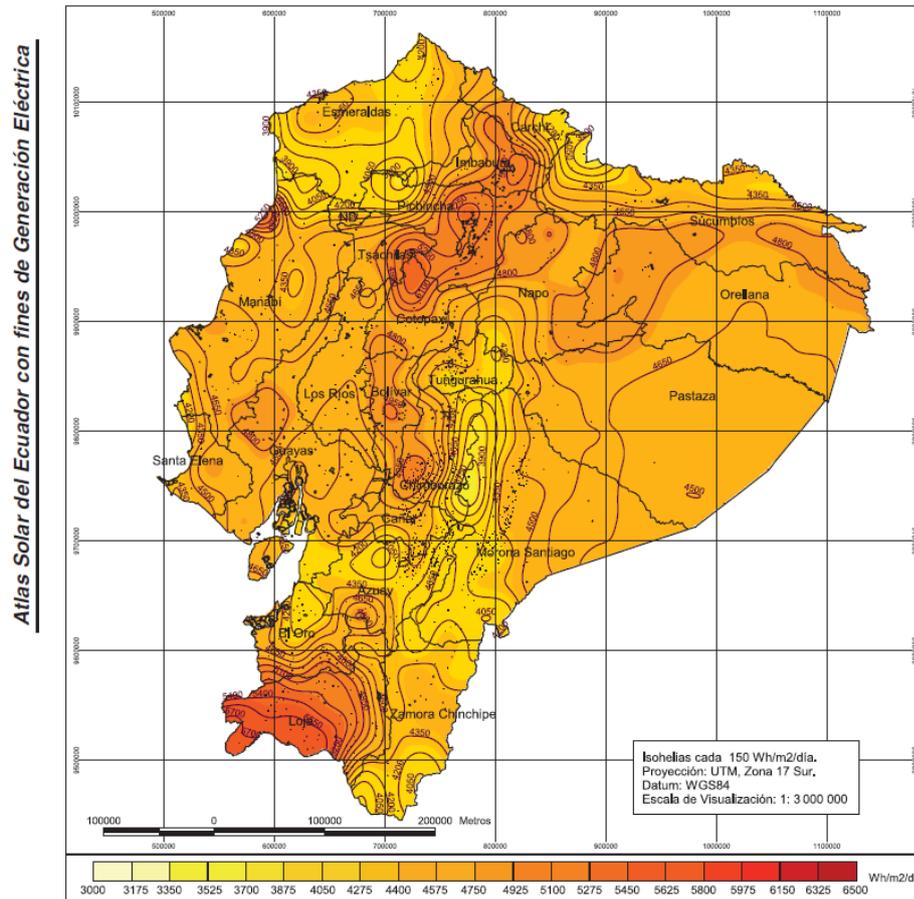


Figura 2.3: Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica [16]

2.5 Concentración solar

El uso de la energía solar en la tierra generalmente da como resultado dos tipos de tecnologías, a saber, la tecnología de conversión fotovoltaica y la tecnología de conversión fototérmica. Un colector fototérmico es un tipo de intercambiador de calor que convierte la energía solar en energía térmica [17].

Transfieren energía desde una fuente de energía radiante distante (el sol) al líquido. Sin concentración óptica, el flujo de radiación solar incidente no supera los 1100 W/m^2 . Con estos flujos de radiación, los colectores solares de panel plano se pueden diseñar para aplicaciones que utilizan temperaturas de fluido de hasta $100 \text{ }^\circ\text{C}$ por encima de la temperatura ambiente. Sin embargo, hay muchas otras aplicaciones que

requieren temperaturas más altas que las que normalmente se alcanzan con los colectores de panel plano [17].

Estas temperaturas más altas se pueden lograr colocando un dispositivo óptico entre el sol y la superficie absorbente de energía para aumentar la densidad del flujo de radiación que incide sobre el absorbente. Estas unidades (sistema óptico y absorbedor) se denominan concentradores solares [17].

Dependiendo del rango de temperatura de funcionamiento, las principales aplicaciones de un sistema termosolar son las siguientes:

- Calentamiento de agua, ($T < 100\text{ °C}$). Agua sanitaria y piscina climatizada. Sistemas pasivos y activos [17].
- Calefacción de edificios. ($T < 100\text{ °C}$). Sistemas activos, pasivos e híbridos. Proceso de evaporación. ($T < 100\text{ °C}$). Destilería, secadores.
- Enfriamiento ($T < 150\text{ °C}$). Aire acondicionado y refrigeración. Calor de proceso industrial ($T < 150\text{ °C}$).
- Calentamiento industrial de líquidos (agua, aire, aceite). Sistema abierto y cerrado.
- Generar potencia mecánica y electricidad. ($200 < T < 2000\text{ °C}$).
- Hornos solares ($T < 5000\text{ °C}$) tratamiento de materiales y combustibles solares.
- Estos ejemplos son suficientes para observar las diversas aplicaciones que requieren colectores solares concentrados[17].

2.6 Concentradores solares

Un concentrador solar es un dispositivo que recoge una gran cantidad de radiación concentrada en un absorbedor, suficiente para alcanzar temperaturas desde 200 °C hasta más de 3800 °C . Alcanzar altas concentraciones por encima de los 200 °C requiere de mecanismos muy precisos para seguir el movimiento virtual del sol [18].

Los concentradores fijos tienen concentraciones mayores a 1 y menores a 10, no requieren seguimiento solar muy preciso, solo ajustar a veces durante el año. Por otro lado, los concentradores con factores de concentración entre 10 y 3000 requieren una geometría y mecanismos de seguimiento muy precisos [18].

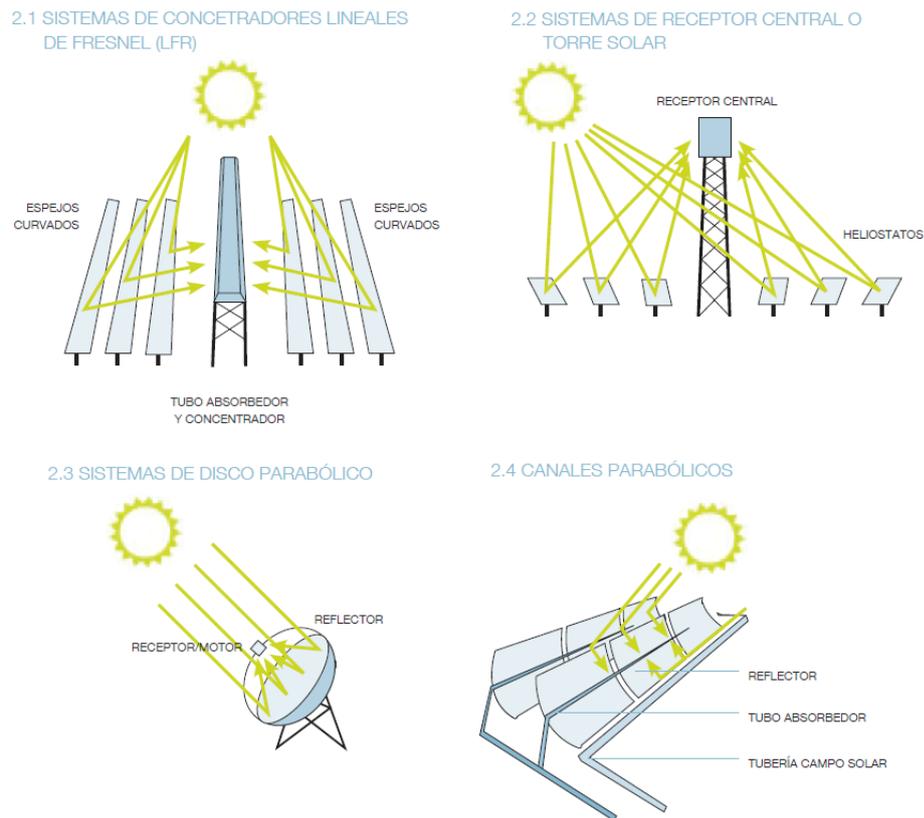


Figura 2.4: Sistemas de concentradores, lineales, receptores y canales parabólicos [19, p. 18]

2.6.1 Colector solar parabólico

La energía solar incidente aparece en la Tierra como radiación directa (directamente del sol) e indirecta que consiste en la radiación difusa, que se percibe como la fracción de la radiación solar dispersada en la atmósfera, y la radiación reflejada desde la superficie terrestre, juntos componen la radiación solar global.

Los colectores de calor pueden tener temperaturas bajas, medias y altas. Los dos primeros suelen consistir en placas planas calentar agua o aire para uso residencial o comercial. Los colectores de alta temperatura usan espejos o lentes para enfocar la luz solar y, a menudo, se usan para generar electricidad. algunos sistemas solares térmica de concentración son mucho más eficientes que la energía solar fotovoltaica, utilizada en la generación de electricidad.

Los concentradores solares recogen la luz solar de un área grande y la enfocan en un área pequeña donde el calor es absorbido en un receptor. La conversión de calor solar

podría reemplazar la calefacción con combustibles fósiles o una reacción de fisión nuclear utilizada para generar el vapor necesario para impulsar turbinas eléctricas.

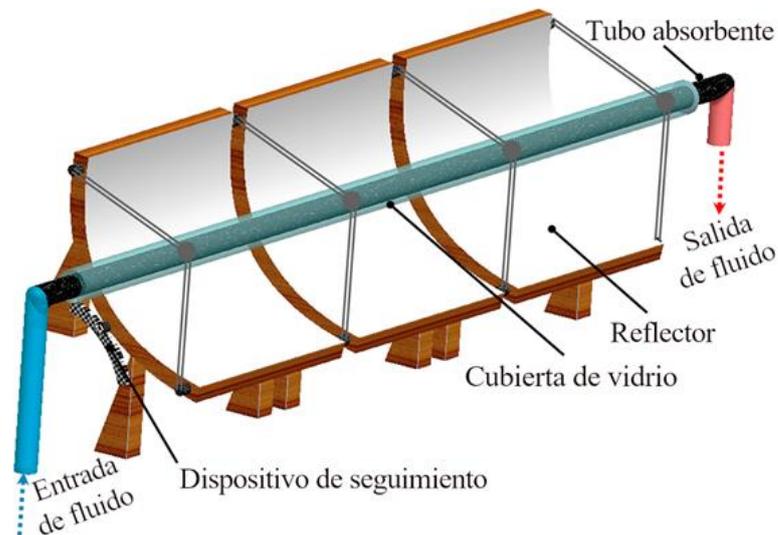


Figura 2.5: Esquema de un concentrador de energía solar parabólico [19]

2.7 Colector parabólico compuesto

Un CPC consta de dos paraboloides cubiertos con un material reflectante que comparten un centro común. En el centro de estas parábolas se encuentra el tubo absorbedor, con el que se consigue captar la radiación solar incidente que entra en la zona abierta del captador dentro del ángulo de aceptación.

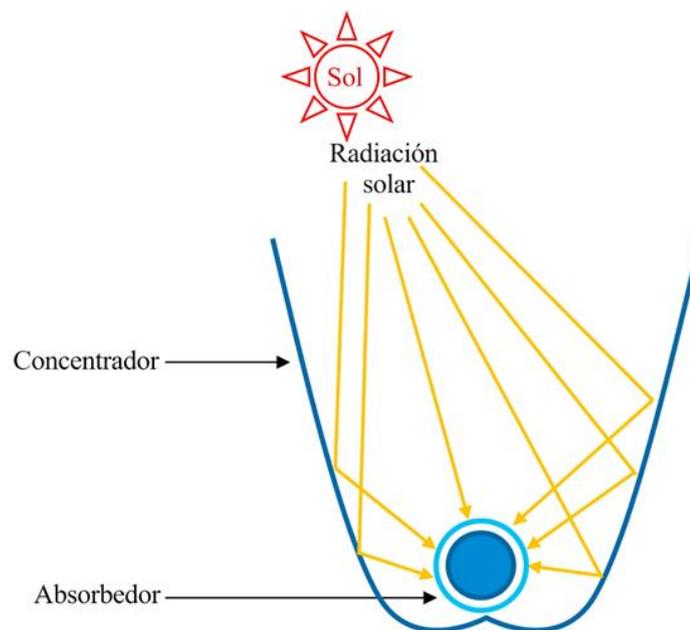


Figura 2.6: Colector solar parabólico compuesto [19]

El diseño estructural de estos dispositivos permite una mejor utilización de la radiación solar difusa y reduce la necesidad de ajustes continuos de monitoreo. Existen varios modelos para lograr mayores eficiencias, un ejemplo muy práctico es acoplar un CPC a un tubo de vacío. En aplicaciones industriales, el CPC alcanza temperaturas < 150 °C. La figura 2.6, muestra un diagrama esquemático del colector, donde se observan dos paraboloides concentrando la radiación solar en el tubo absorbedor [20].

El concentrado parabólico compuesto tiene un diseño bajo el principio de Edge-ray para lograr la mayor concentración de radiación en un target reducido permitiendo que los rayos reflejados del borde del concentrador incidan en el borde del target. Está compuesto por dos reflectores tipo parábola ubicados frente a frente con un ángulo de aceptación ($2\theta_c$) la mitad del ángulo de aceptación es θ_c que está formado con el eje del CPC y con la línea del foco de la parábola y el borde [20]. Cuando un concentrador es perfecto la radiación incide con ángulos entre $\pm\theta_c$, que son reflejados al receptor que está ubicado en el fondo del concentrador. El receptor puede ser de diferentes tipos planos o tubulares dependiendo de la necesidad y de su aplicación lo que se busca en varios diseños es suprimir el sistema de seguimiento [20].

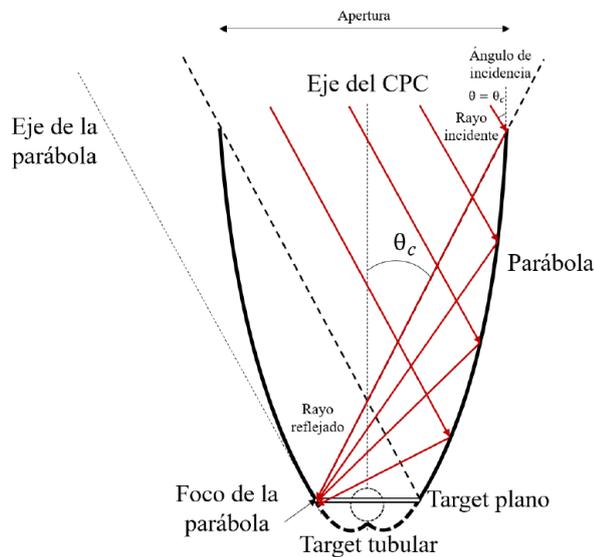


Figura 2.7: Geometría del concentrado parabólico compuesto [11]

2.7.1 Componentes principales de un CPC

Los elementos principales que conforman el conjunto del colector parabólico se detallan y definen a continuación:

2.7.1.1 Reflector cilíndrico parabólico

Se utiliza para reflejar y concentrar sobre el receptor la radiación solar sobre la superficie, en muchos casos es un espejo curvo que forma una parábola y concentra toda su línea focal en la radiación que refleja. El plástico es el material más utilizado para recubrimientos con películas de plata o aluminio, chapas metálicas o lo que más se utiliza es el vidrio con una fina capa de plata con protección de cobre como base y pintura epoxi [21].

2.7.1.2 Tubo de absorción o receptor

Elemento principal en un CPC, porque el rendimiento del colector depende de la calidad termodinámica del absorbente, puede contener un solo tubo o dos tubos concéntricos. El tubo concéntrico tiene una elevada capacidad de absorber el calor mayor a 90% y de baja emisividad menor a 30% esto se traduce en un alto rendimiento térmico. Mientras que el tubo exterior es de cristal para reducir pérdidas térmicas por convección metálica, además, protege contra las inclemencias del tiempo [21].

2.7.1.3 Sistema de seguimiento solar

Tiene el objetivo de aprovechar la mayor parte de horas posibles de luz, de tal forma que la radiación llegue perpendicularmente al colector y se mantenga en el foco lineal todo el día. Existe seguimiento a un solo eje o de dos ejes. El primero es sencillo funciona de forma mecánica, esto implica menos costos y menores pérdidas térmicas por no haber tuberías pasivas [21].

2.7.2 Factor de concentración

El ángulo formado entre el eje del CPC (sistema de dos dimensiones) tiene una concentración que va en función del ángulo de aceptación y está definido por la ecuación:

$$C = \frac{1}{\sin \theta_c} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

C = factor de concentración

θ_c = Semiángulo de aceptación [22]

2.7.3 Razón de concentración geométrica y ángulo de aceptación

El reflector tiene como base una parábola y para el diseño se calcula parámetros del lado recto y los puntos máximos en x , y , se realizan cálculos en función de diferentes distancias focales ver figura 2-8 [23].

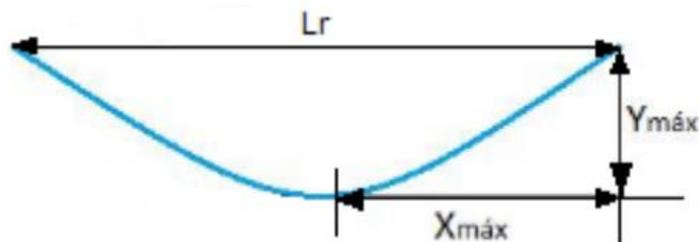


Figura 2-8: Representación de una parábola [23]

En el cálculo del lado recto L_r , se utiliza la fórmula del arco de una curva, de tal forma que se conoce la longitud de la misma como se evidencia en la figura 2-9.

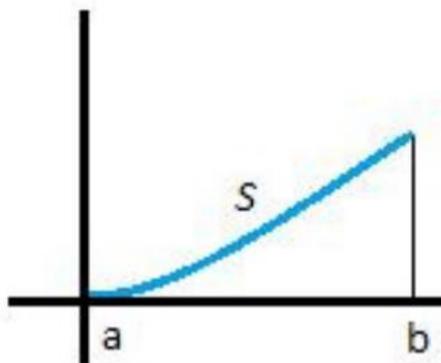


Figura 2.9: Curva de una parábola [23]

Para conocer la longitud se utiliza la siguiente expresión:

$$S = \int_a^b \sqrt{1 + f'(x)} dx \quad \text{Ec. 2}$$

Donde la longitud de la curva $S = f'(x)$ es la derivada de la ecuación de la parábola. El límite $a = 0$, límite b , es el punto a calcular, por lo tanto, se va operando, sustituyendo y despejando b se puede conocer el valor máximo en el punto x . luego se reemplaza el punto máximo de x , en la ecuación general para obtener el valor de y , máximo [23].

2.7.4 Cálculo del ángulo de abertura y de distancia

Para el ángulo de abertura y de distancia se toma como referencia la figura 2.9, donde forma un triángulo rectángulo entre la distancia ρ con $X_{\text{máx}}$, donde se obtiene el valor de α mediante la siguiente expresión:

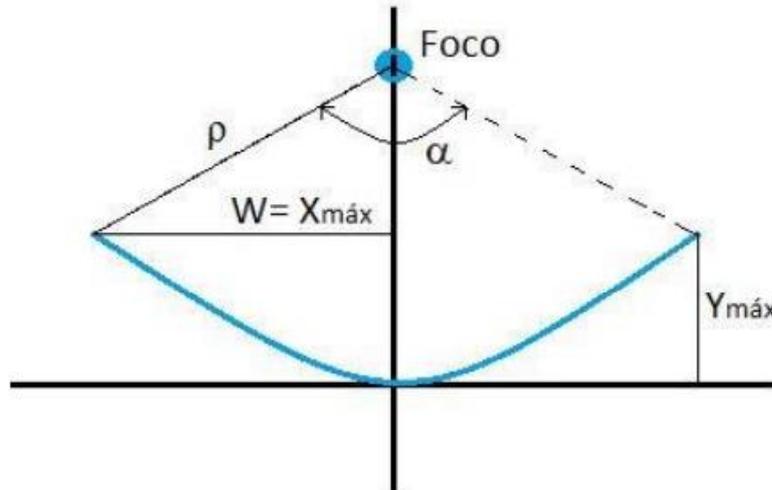


Figura 2.10: Curva de una parábola [23]

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{X_{\text{máx}}}{F - Y_{\text{máx}}} \quad \text{Ec. 3}$$

Mediante el principio del triángulo rectángulo se obtiene el valor de ρ

$$\rho = \sqrt{W^2 + (F - Y_{\text{máx}})^2}$$

2.7.5 Cálculo del diámetro del tubo receptor

El valor del diámetro mínimo del tubo receptor depende de la distancia focal a través del valor de ρ , y se obtiene mediante la ecuación

$$\phi_{min} = \frac{2x \rho x \tan 016'}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

2.8 Pérdidas ópticas y geométricas en un CPC

Existen varios factores que generan la pérdida de concentración y se dividen en 3 grupos identificados como: pérdidas ópticas, térmica y geométricas.

2.8.1 Pérdidas ópticas

La superficie reflexiva del concentrador no es un reflector perfecto, el vidrio del tubo absorbedor no es totalmente transparente, tampoco la superficie metálica del absorbedor tampoco transmite la totalidad de la radiación solar que incide en la superficie del concentrador parabólico, permitiendo que solo una parte llegue al fluido que circula por el tubo receptor. Se han identificado cuatro parámetros que afectan las pérdidas ópticas [24].

- Reflectividad de la superficie del concentrador (r): este factor es del 9% de la reflectividad, y se reduce a medida que aumenta la suciedad en la superficie del colector [24].
- Factor de interceptación (γ): el valor generalmente es del 95% este factor aparece en las imperfecciones de los espejos y en los errores en el seguimiento del sol reduciendo el número de rayos reflejados sobre el tubo absorbedor[24].
- Transmisibilidad del cristal (τ): la transmisibilidad está en el rango de 90 a 95% porque una porción de la radiación solar no atraviesa la superficie del tubo absorbedor.
- Absortividad de la superficie selectiva (a): el rango es de 90 a 96% y es la radiación incidente sobre el área que puede absorber el tubo [24].

De tal forma que mediante estos parámetros se puede determinar el rendimiento óptico mediante la siguiente ecuación.

$$n_{opt} = r * \gamma * \tau * a$$

Ec. 4

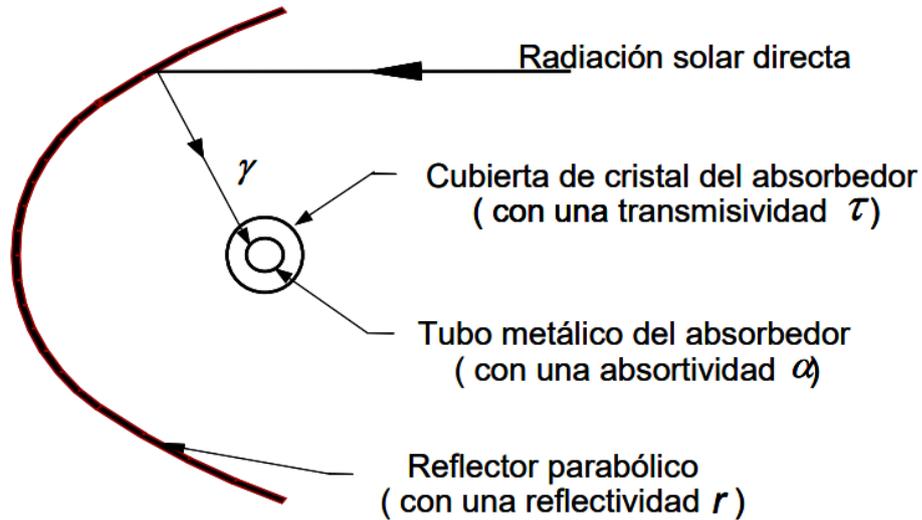


Figura 2.11: Pérdidas ópticas de un CPC [23]

2.8.2 Pérdidas geométricas

Las pérdidas geométricas en la disminución del área efectiva de captación de los colectores [25]. Se clasifican en 2 grupos:

- Pérdidas debidas a la posición relativa de los colectores entre sí, o conocidas como pérdidas de sombra, causadas por la sombra parcial de algunos colectores cuando están conectados en paralelo [25].
- Pérdidas inherentes a cada colector: esto es debido a que los colectores están colocados en un solo eje y giran alrededor del mismo dándole lugar al ángulo de incidencia, este ángulo reduce el área efectiva de captación y afecta la reflectividad, absorptancia y transmisividad, porque el ángulo de incidencia es 0° [25]. La superficie del colector mermada se calcula con la ecuación:

$$S_e = L_r * F_m * \tan(\theta) \quad \text{Ec. 5}$$

$$F_m = F + \left(F * \frac{L_r^2}{48} * F^2 \right) \quad \text{Ec. 6}$$

Siendo:

Se = El área de pérdida

Lr = El lado recto de la parábola

Le = Longitud efectiva del colector

F = La distancia focal

θ = El ángulo de incidencia de la radiación solar directa

Fm = Distancia media entre la superficie de la parábola y el receptor [25].

2.8.3 Pérdidas térmicas

En las pérdidas del sistema se han detectado dos parámetros el tubo absorbedor y las tuberías de fluido térmico, que están asociadas a pérdidas por conducción, convección y por la radiación del tubo absorbedor, es decir el tubo metálico, la cubierta de cristal y la atmósfera [26]. Por lo tanto, las pérdidas térmicas totales se calculan con la ecuación:

$$Q_L = Q_{ABS, radiacion} + Q_{ABS, cond/conv} \quad \text{Ec. 7}$$

Siendo:

$Q_{ABS, radiación}$ = Pérdidas del tubo absorbente por radiación.

$Q_{ABS, cond/conv}$ = Pérdidas del tubo absorbente por conducción y convección [26]

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipos de investigación

La investigación tiene un enfoque explicativo y analítico porque para el estudio de factibilidad no se realizó ensayos o pruebas físicas, por lo que se realizaron cálculos manuales donde se explicó técnica y científicamente por medio de fuentes bibliográficas actualizadas. Además, es de tipo cuantitativa descriptiva, no experimental, el enfoque que se utilizó fue cuantitativo. Como método y diseño de investigación también se aplicó el tipo descriptivo.

3.1.1 Explicativo

Esta investigación es explicativa porque se comparó las variables de la investigación se realizó una descripción de las características a tomar en cuenta para captar la radiación solar en el colector parabólico compuesto. Además, se obtuvo como resultado la factibilidad de instalar un colector solar parabólico y se explicó a detalle las ventajas de aplicar energías renovables para el calentamiento de agua sanitaria de la comunidad.

3.1.2 Analítico

Es de tipo analítico porque mediante la información relevante de los colectores solares parabólicos compuestos se planteó el diseño, análisis térmico y demás consideraciones técnicas del colector, para luego hacer un análisis económico con el fin de conocer el costo de inversión para implementar el colector solar en la comunidad. Finalmente se busca crear un precedente sobre el uso de estos sistemas para aplicaciones industriales o domésticas.

3.2 Población o muestra

A continuación, se detalla la población y muestra de la investigación:

3.2.1 Población

Para determinar la población de esta investigación, partimos del número de viviendas ubicadas donde se va a ejecutar el estudio, se ha determinado que existen 113 familias domiciliadas dentro del sector, lo cual abarca a todos los residentes de la zona.

3.2.2 Muestra

La muestra donde realizó el estudio de factibilidad para la implementación de un colector parabólico solar compuesto se determina por medio de la población de la comunidad La Rinconada, en donde residen 113 familias, por lo tanto, el análisis estadístico se ejecutó a todas las familias de la comunidad.

3.3 Hipótesis - pregunta científica – idea a defender

El análisis de factibilidad de un sistema termo solar híbrido de concentrador parabólico compuesto permitirá obtener agua caliente sanitaria en viviendas de zonas rurales de la Comunidad la Rinconada.

3.4 Recolección de la información

Para ejecutar la recolección de información se utilizó la técnica de encuesta (ver Anexo 1), esto permite conocer los hábitos de aseo y de utilización de agua caliente sanitaria de la comunidad, el número de integrantes por familia, además, se observó si calientan agua con gas GLP, leña o electricidad.

Por medio de visitas de campo se conoció las condiciones de las viviendas de la comunidad y su infraestructura relacionada con el abastecimiento y consumo de agua, además, de su caudal y temperatura.

Es necesario determinar con exactitud los niveles de radiación en la ubicación determinada para lo cual se utilizó mediciones satelitales de la NASA (Surface

meteorology and Solar Energy) y del El PVGIS del Centro de Ciencias de la Unión Europea.

Por medio del portal web “Climate Data” se consultó los promedios de temperatura ambiental del lugar, para el dimensionamiento básico de una instalación solar térmica para el aprovechamiento de agua caliente sanitaria (ACS) de CENSOLAR”

3.5 Procesamiento de la información y análisis estadístico

Para el procesamiento de información se va a partir de las encuestas en donde se conoce los porcentajes de viviendas que no poseen agua caliente sanitaria, si utilizan algún tipo de tecnología para el calentamiento de agua (GLP, leña o electricidad) y la media del consumo de agua utilizada para la higiene, posteriormente, se realizó la evaluación del colector solar utilizando el método anualizado o de optimización de CENSOLAR, el cual indica una secuencia de pasos en los que se calculan determinadas variables con lo cual podremos obtener:

- Curvas de rendimiento
- Porcentaje de Aporte energético mensual.
- Promedios mensuales de energía disponible
- Promedio mensual de temperaturas de agua a la salida del colector y en el depósito de almacenamiento.
- Porcentajes de aporte energético mensual.

3.6 Equipos y materiales

Para el desarrollo de este proyecto es necesario utilizar los materiales que se detallan a continuación:

- Computadora portátil
- Internet
- Materiales de oficina
- Atlas de radiación solar del Ecuador
- Software de diseño CAD
- Normas y libros para el dimensionamiento del colector solar compuesto

- Encuestas.
- Datos de ubicación del PVGIS del Centro de Ciencias de la Unión Europea.
- Termómetro
- Caudalímetro
- Bibliografía de CENSOLAR referente a sistemas de aprovechamiento térmico
- Herramientas estadísticas.
- Técnicas de investigación y Método científico.

3.7 Ubicación

El presente proyecto de investigación está localizado en la comunidad de Rinconada, perteneciente a la provincia de Imbabura, las calles principales para acceder a la comunidad son la troncal de la sierra y las juntas, en este sector se plantea el estudio de factibilidad para la instalación del concentrador solar parabólico compuesto para calentar agua sanitaria.



Figura 3.1: Comunidad Rinconada perteneciente a la provincia de Imbabura

Fuente: [27]

3.7.1 Análisis de la información obtenida

La encuesta fue realizada mediante la siguiente metodología y técnica:

- La encuesta se realizó en el sitio donde se propone la implementación del colector para calentar agua sanitaria.
- Los datos son recopilados en una hoja de Excel para ser tabulados y procesados
- Las personas encuestadas fueron jefe de hogar y únicamente quienes residen en la comunidad Rinconada.

El modelo de la encuesta está basado en las necesidades de la comunidad de tener agua caliente de forma que garantice el aseo personal y constante de la población. El modelo de la encuesta se pudo observar en el Anexo 2. A continuación, se presenta los resultados de la encuesta realizada a los 113 hogares de la comunidad Rinconada de la provincia a Imbabura.

Pregunta 1. ¿Cuál es el número de personas que viven en su hogar?

Como se observa en la figura 3.2, el porcentaje más elevado se encuentra en el número de 2 a 4 personas con el valor de 53%, mientras que el 22% afirmó que vienen de 4 a 6 miembros del hogar, también el 18% de la población encuestada comentó que viven de 1 a 2 personas por casa, y finalmente el 7% aseguró que viven más de 6 personas por hogar, de acuerdo con el censo poblacional del 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) el promedio de miembros de por vivienda es de 4 personas, lo que concuerda con la encuesta realizada y este valor permite determinar el consumo energético necesario para la población.

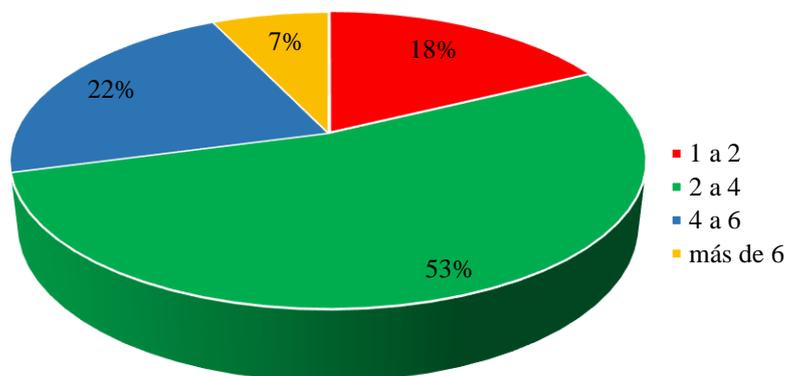


Figura 3.2: Cuál es el número de personas que viven en su hogar

Pregunta 2. ¿En qué tipo de vivienda vive usted?

En la figura 3.3 se evidencia que el 44% de la población viven en casa de hormigón, el 25 % afirmo vivir en casa mista de bloque con techo de teja, en cuartos de arriendo en la comunidad viven alrededor del 27% y el 7% tiene vivienda tipo choza o con techo de paja.

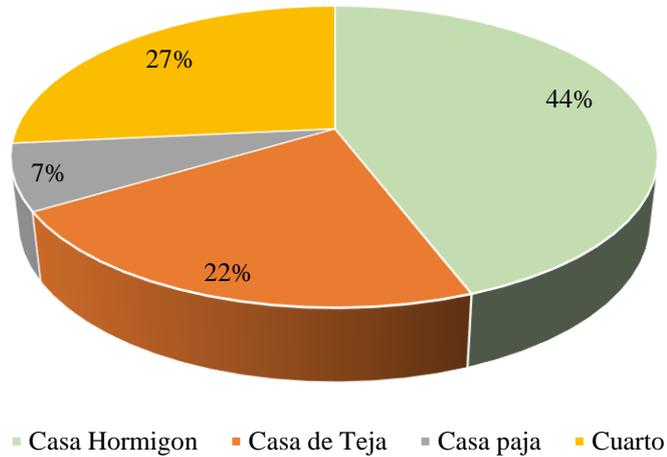


Figura 3.3: Tipo de vivienda de la comunidad Rinconada

Pregunta 3. ¿Qué sistema usa para calentar agua en el hogar?

De acuerdo con la encuesta sobre el sistema para calentar agua el 71% de la población utiliza la ducha eléctrica, en cambio el 13% de los encuestados utiliza calefón a gas, un 9% de la población afirmó utilizar otros sistemas como por ejemplo calentar el agua con leña, utilizando valdes de agua expuestos al sol o la estufa de la cocina, un 4% utiliza calefón eléctrico y el 3% tiene un sistema a base energía solar como es el caso del calentador solar.

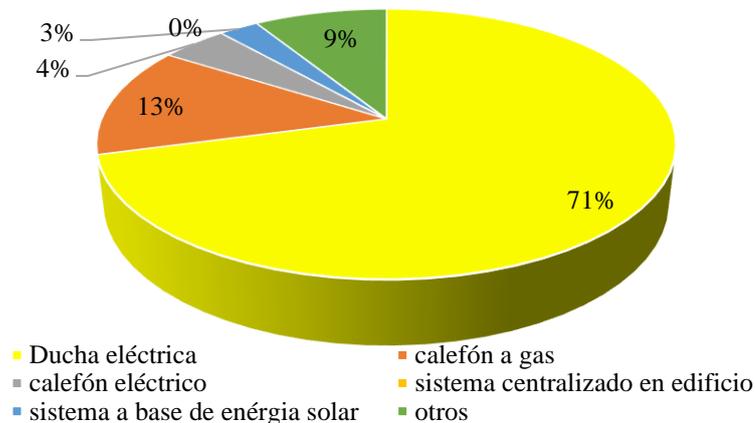


Figura 3.4: Sistema para calentar agua sanitaria

Pregunta 4. ¿Qué tiempo demora en ducharse?

En base a la pregunta 3, y observando que la ducha eléctrica es el sistema más utilizado para calentar el agua para el aseo personal es necesario conocer el tiempo que demoran en ducharse las personas en una vivienda, teniendo en cuenta que el 53% de la población tarda alrededor de 10 a 15 minutos, el 27% de los encuestados afirmaron que tardan menos de 10 minutos en la ducha y el 20% demora en la ducha más de 20 minutos. Según la (OMS) el tiempo promedio para ducharse es de 8 minutos, pero por cuidados dermatológicos el tiempo máximo que recomienda para ducharse es de 5 a 10 minutos, que es suficiente para limpiarse e hidratar la piel, sin embargo, una mayor exposición al agua caliente puede causar deshidratación por la eliminación de los aceites naturales de la piel [28].

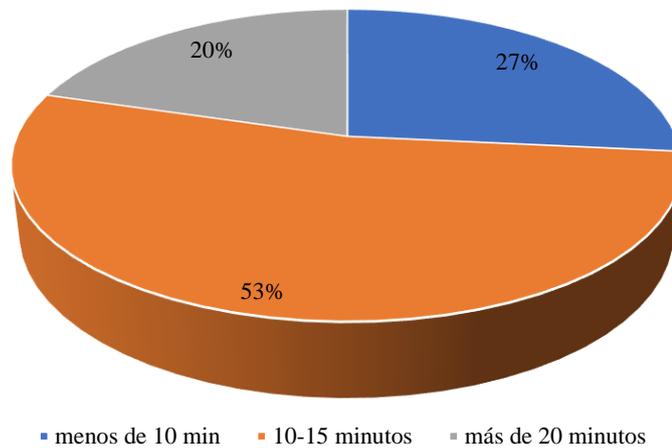


Figura 3.5: Tiempo que tarda en la ducha

Pregunta 5. ¿Cuántos días se duchan por semana?

En cuanto a los días que se ducha una persona en la figura 3.6, se determina que el 53% de la población se baña de 5 a 6 días por semana. El 31% de encuestados se baña 2 a 4 días por semana, el 12% lo realiza todos los días y el 4 % de encuestados lo realiza de 1 a 2 días. En promedio la mayor parte de personas se bañan 6 veces por semana esto permite estimar cuanto es el consumo de agua caliente por semana y mensual para una vivienda.

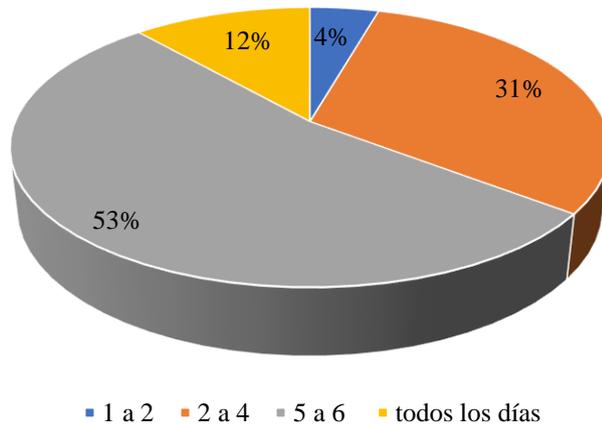


Figura 3.6: Número de días que se ducha la población

Pregunta 6. ¿Cuánto paga mensualmente por consumo de energía eléctrica en el hogar?

Es necesario conocer el consumo de electricidad de un hogar tomando en cuenta que el principal sistema para tener agua caliente para el aseo personal es la ducha, de tal manera que el 51% de los encuestados pagan alrededor de 10 a 20 dólares por mes, el 31%, cancela de 20 a 30 dólares mensuales, un 13% de la población cancela mensualmente 10 dólares y finalmente el 5% cancela un valor superior a 30 dólares

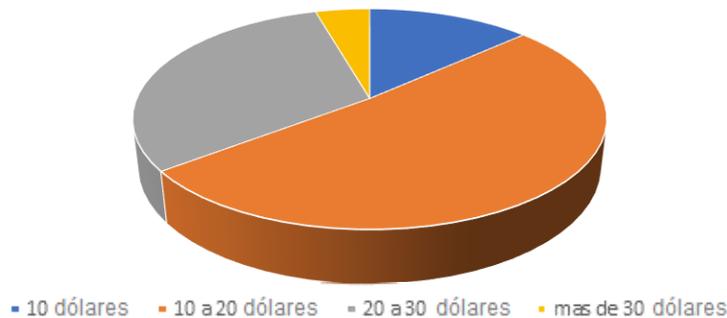


Figura 3.7: Costo mensual por consumo de energía eléctrica de un hogar

También se realiza preguntas en la sección 2 sobre el uso de energías renovables en la comunidad Rinconada donde plantea las preguntas que se detallan en la tabla 3.1:

Tabla 3.1: Preguntas relacionada con el uso de las energías renovables

N°	Pregunta	% SI	%No	% No responde
P1	¿Le gustaría contar con agua caliente para la higiene personal?	80,0	15,0	5,0

P2	¿Considera que en la zona donde vive la población utilizaría agua caliente de uso doméstico?	71,5	26,0	2,5
P3	¿Usted o alguien de su familia se enferma por utilizar agua fría?	60,0	37,5	2,5
P4	¿Considera que en la zona la luz solar es fuerte?	90,0	8,5	1,5
P5	¿Le interesaría conocer una alternativa para el uso de energía solar en el calentamiento de agua?	75,0	21,5	3,5

En la figura 3.8 de barras se evidencia los rangos máximos obtenidos en esta encuesta para la pregunta 1 sobre contar con agua caliente para el aseo personal la población se manifestó en un 80 % que le gustaría tener agua caliente constante para ducharse, lavarse las manos o la cara. Además, en la pregunta 2, sobre el uso de agua caliente par consumo doméstico como lavar platos y ropa el 72 % de la población encuestada aseguro que desearía contar con este beneficio sobre todo en horarios nocturnos donde la temperatura es baja.

En la pregunta 3, se evidencia que la población que utiliza agua fría se enferma constantemente así lo corrobora el 60 % de encuestados que se resfrían o sufren dolores de huesos a causa de la baja temperatura del agua. También se consultó sobre la energía solar que tan fuerte es en el sector donde se plantea realizar el estudio de factibilidad para implementar el colector solar compuesto, siendo el 90 % de entrevistados que confirman que la luz solar es fuerte en este sector de la provincia además las horas de mayor intensidad son de 10 am hasta las 2 pm en días soleados, este sector también está afectado por las sequías.

Sobre el uso de energías alternativas, conocimiento y socialización el 75% de la población está de acuerdo en aprender sobre el uso de energía solar para calentamiento de agua esta pregunta es importante porque se explica a la comunidad del ahorro económico que representa usar este tipo de energías, además de ser un aporte para el medio ambiente porque se busca reducir el consumo de energía eléctrica o en otros casos el consumo de combustibles provenientes del petróleo como es el gas licuado de petróleo (GLP).

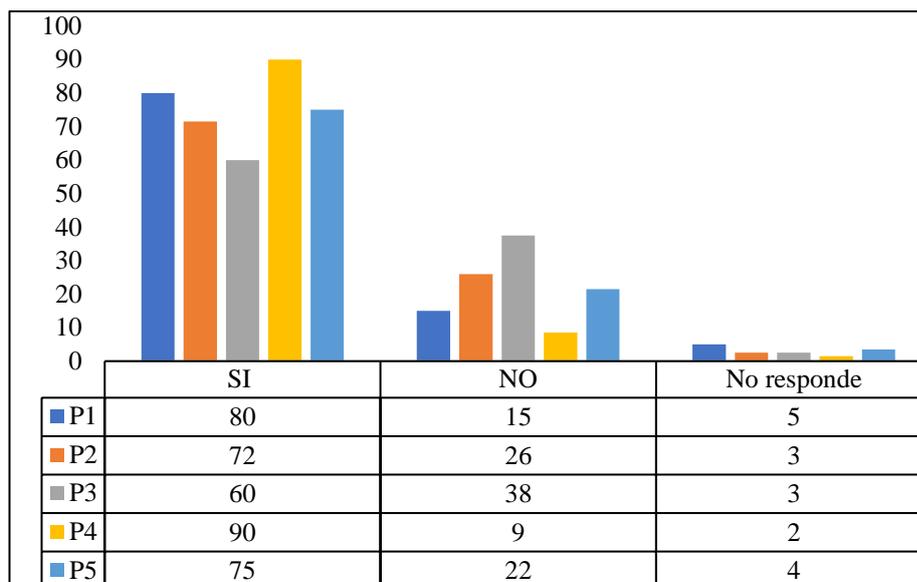


Figura 3.8: Resultado encuesta sección 2

Para la sección 3 planteada en la encuesta se evalúa el consumo de agua y la energía esta encuesta también es de opción múltiple y en las respuestas se ha tomado los siguientes rangos para definir el nivel de importancia que la comunidad tiene con respecto a calentar agua para consumo humano o para servicios en general.

Tabla 3.2: Preguntas relacionada con el consumo de agua y energía solar

Nº	Preguntas	% Si	% No	%No responde
P1	¿Es importante el consumo de agua para higiene personal en su vivienda?	87,50	11,00	1,50
P2	¿Considera que implementar sistemas de calentamiento de agua en su vivienda ayudaría a mejorar su salud y calidad de vida?	60,00	30,00	10,00
P3	¿Tiene interés por una alternativa para disminuir su consumo actual de energía eléctrica o gas doméstico para el calentamiento de agua de su vivienda?	15,00	82,50	2,50
P4	¿Para usted es importante utilizar agua caliente para la higiene personal?	84,00	11,00	5,00

En la figura 3.9, se presenta los datos recopilados de la sección 3 de la encuesta realizada donde es evidencia la importancia de contar con agua caliente para la higiene personal así, afirma el 87,50 % de los encuestado calificándolo como una necesidad muy alta, en la pregunta 2, el 60 % considera que necesario implementar sistemas de

calentamiento de agua por medio del aprovechamiento del sol, porque mejorará la calidad de vida y disminuye los costos por pago de energía eléctrica, en cambio en la pregunta 3, el conocimiento o interés por utilizar energías alternativas como la proporcionada por el sol es del 15 % y el 82,50 % desconoce de alternativas diferentes a la energía eléctrica o el gas para calentar agua. Sin embargo, el 84 % afirma tener interés para calentar agua para la higiene personal y doméstica.

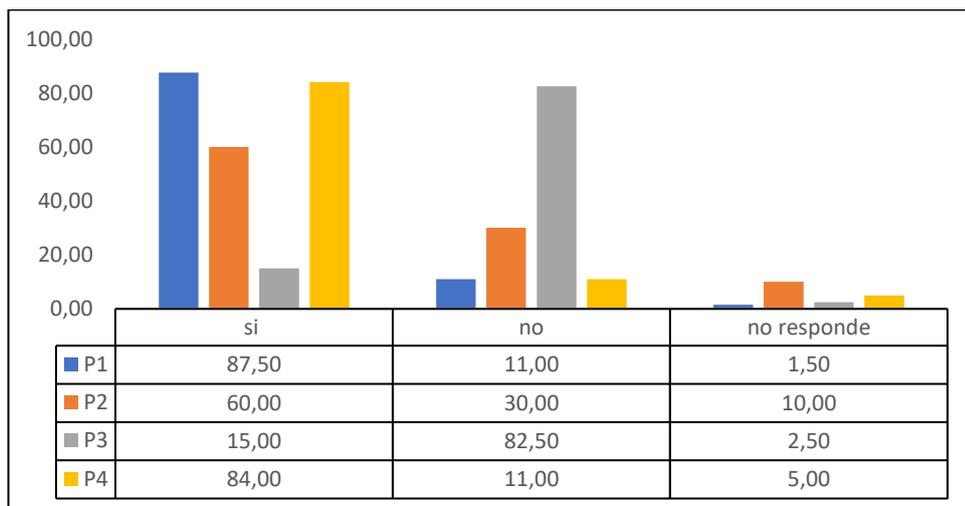


Figura 3.9: Resultados encuesta sección 3

3.7.2 Resumen de los resultados obtenidos de la encuesta

De acuerdo con los datos obtenidos de la encuesta realizada en la población de la comunidad Rinconada se determina que los encuestados con un valor de 71% usan la ducha eléctrica para calentar agua sobre todo en la mañana y noche debió a las bajas temperaturas que se registran en los páramos del país. Además, los hogares tienen un promedio de 2 a 4 miembros de familia que representa el 53%, y viven en casas de construcción de hormigón un 44% de los encuestados, también se duchan de 5 a 6 días lo que representa el 53% esto se refleja en la paga de electricidad que es de 10 a 20 dólares lo que representa el 52% de la población.

Finalmente, en la sección 2 y 3 de la encuesta se evidencia la necesidad de sistemas alternativos par calentamiento de agua para el aseo personal de la comunidad, también se evidencia un desconocimiento de las ventajas de aprovechar la energía del sol, por tal motivo es importante socializar y dar a conocer a la comunidad sobre el uso de

energías renovables y como ayudan en la lucha para reducir la contaminación, con estos antecedentes surge la necesidad de realizar un estudio de factibilidad de un sistema termo solar híbrido de concentrador parabólico compuesto para el calentamiento de agua sanitaria en viviendas de zonas rurales.

Con los resultados obtenidos se evidencia que el 63,5 % de los encuestados está dispuesto a probar este tipo de tecnología que beneficia a la comunidad y al medio ambiente. En este sentido Ecuador ha apostado por el uso de energías renovables con varios proyectos con inversión pública y privada, como de España, Canadá y China que han invertido en proyectos de energía renovable en nuestro país un ejemplo es el parque eólico Villonaco y el proyecto fotovoltaico Conolophus entre los más destacados. La producción de energía limpia y amigable son acciones tomadas por el ministerio de energía y recursos no renovables (MERNNR).

De tal forma que el beneficio es a mediano y largo plazo se establece una serie de etapas donde se evidencia el incentivo económico que permite motivar a las instituciones que deseen participar en la implementación del proyecto de energías renovables.

3.8 Variables respuesta o resultados esperados

Las variables identificadas en esta investigación son:

Variable independiente: energía solar.

Variable dependiente: demanda de agua caliente sanitaria.

3.8.1 Variable independiente: energía solar

3.8.1.1 Radiación solar en la parroquia rural Angochagua

Esta parroquia rural de Ibarra se encuentra a 98,2 km de Quito, Punta Loma, Janayanka, Jakapungo, Cubilche, Cunrru, Pangaladera y Kusina en medio de los cerros del lado oriental de Taita Imbabura. Fue fundado el 28 de mayo de 1861, hasta el 2015 su población era de 3017 habitantes con una tasa de crecimiento poblacional 1,59 %.

A nivel de dotación de energía eléctrica se tiene una dependencia del 96 % de la red eléctrica y solo el 0,11 % utiliza energía renovable (INEC, 2010).

Según los datos históricos sobre irradiación solar proporcionado por el INAMHI para el año 2014 se registraron datos para la provincia de Ibarra y sus parroquias rurales de 4506 a 4683 Wh/m²/día (INAMHI, 2014).

3.8.1.2 Base de datos de irradiación solar

Para verificar la irradiación anual en la provincia de Imbabura utilizamos el software de licencia libre Censolar, que ayuda a obtener datos de irradiaciones solar a nivel del mundo, por lo tanto, con la ayuda de este programa obtener los siguientes resultados.

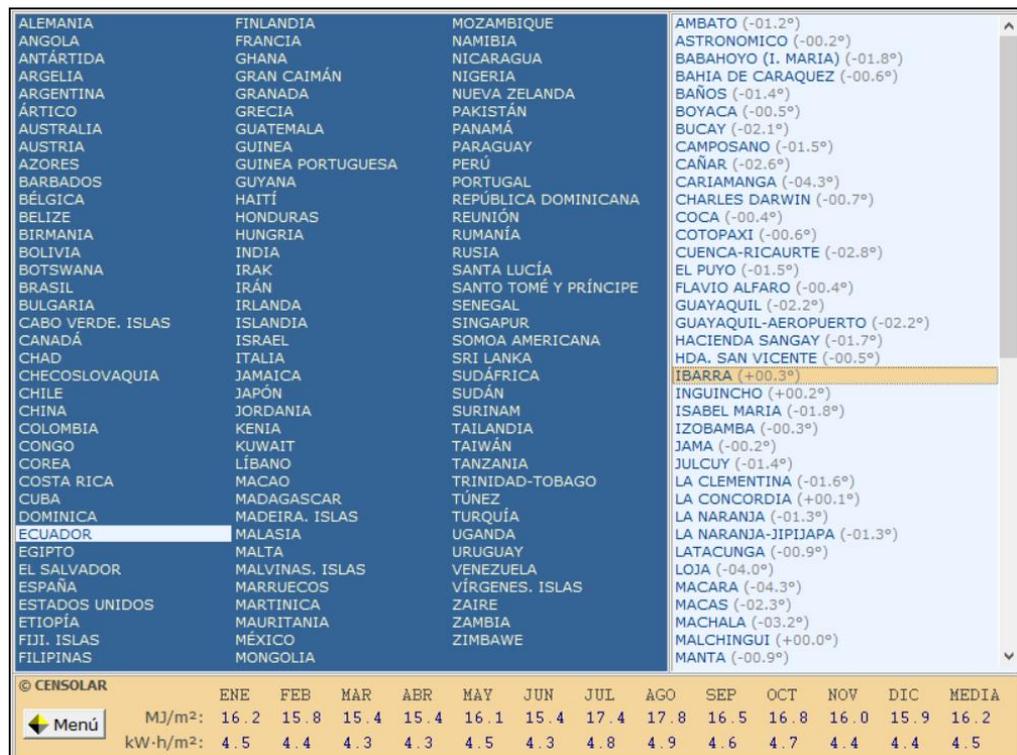


Figura 3.10: Irradiación solar obtenida mediante software Censolar

De tal manera que se calcula la irradiación a lo largo de un año en Ibarra por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Promedio} = \frac{\sum(\text{enero-diciembre})}{12} \text{ kWh/m}^2 \quad \text{Ec. 8}$$

$$\text{Promedio} = \frac{54,1}{12} \text{ kWh/m}^2$$

$$\text{Promedio} = 4,5083 \text{ kWh/m}^2$$

Este valor es similar al obtenido mediante el atlas solar que tiene un rango de 4,506 a 4,683 kWh/m² /día. En conclusión, en el cantón de Ibarra, no existe industria de generación de energía hidráulica, térmica, solar, eólica. Pero existen tres proyectos: Hidroeléctrica San Jerónimo (600 kWh) Listo, Geotermia Chachimbiro (700 kWh) y Cuambo Eléctrico Aero (700 kWh) y un estudio en curso de la extinguida (INELEC, ahora CONELEC) Cuenca del río Mira puede generar 1000 MW electricidad.

3.8.1.3 Ecuaciones para determinar la energía solar

Los referentes teóricos tienen una variedad de métodos y ecuaciones para establecer la relación del sol con la tierra, y para calcular la posición del sol en cualquier instante. Están basados en un estudio trigonométrico que determina la declinación del sol, altitud, azimut, así como la inclinación y orientación arbitraria de los sistemas que utilizan energía solar.

- Declinación solar

El ángulo de declinación solar está formado por los rayos del sol hacia los extremos del ecuador, de norte a sur también se lo conoce como plano ecuatorial, y permite entender la trayectoria del sol en el transcurso del año, entre el sol y el planeta no existe una distancia constante porque varía durante todo el año, por ejemplo, en el solsticio de verano la distancia es de $152,1 \times 10^6$ km en el mes de junio el sol se ubica al norte de la tierra el solsticio de invierno en cambio la distancia es de $147,1 \times 10^6$ km en el mes de diciembre el sol se coloca al sur del planeta tierra.

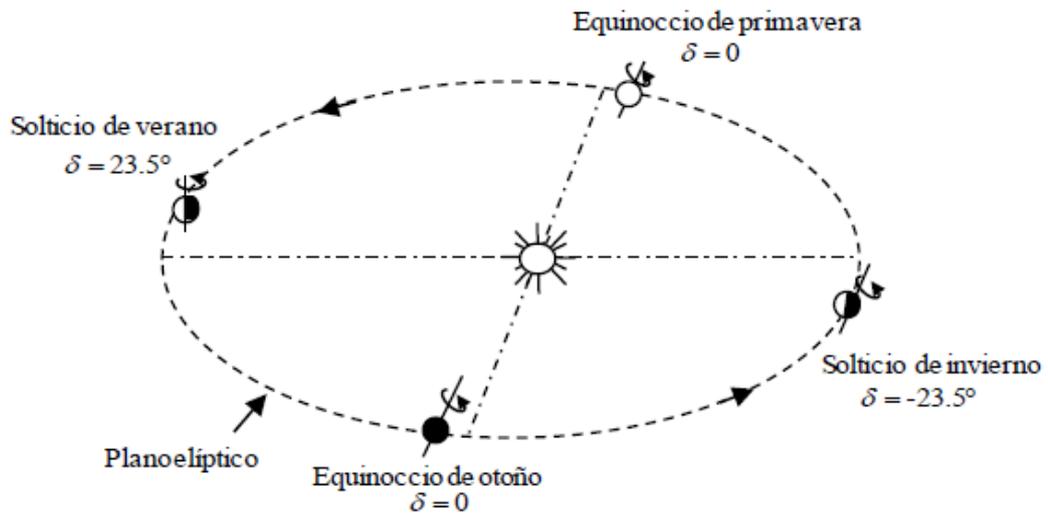


Figura 3.11: Declinación solar [29]

Por lo tanto, se utiliza la ecuación para determinar el de declinación solar

$$\delta = 23,45 * \text{sen} \left[\frac{360}{365} (D_a - 81) \right] \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

δ = ángulo de declinación en grados sexagesimales

D_a = es el día del año (1 a 365).

Esta ecuación es precisa para calcular la declinación solar, cuando se aplica la ecuación se obtiene la gráfica de declinación solar durante el año.

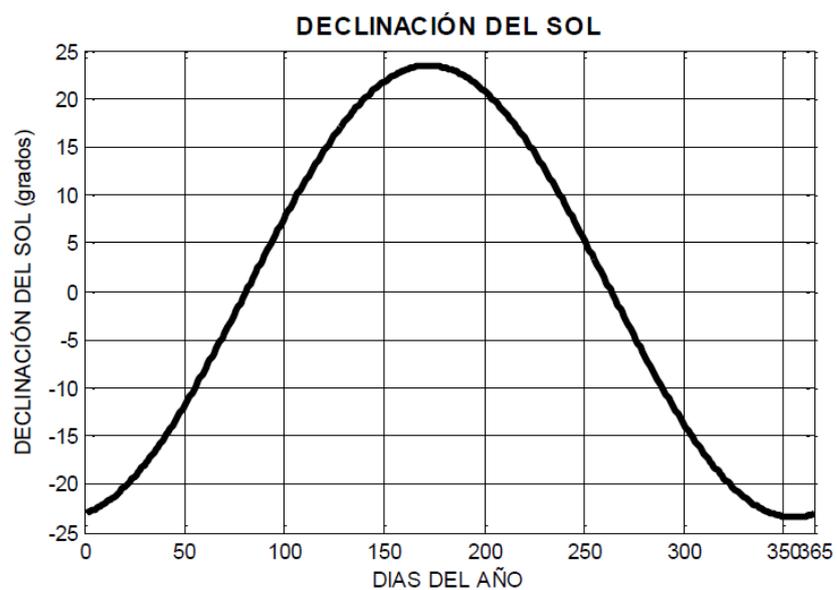


Figura 3.12: Grafica declinación solar a través del año [29]

3.8.2 Variable dependiente: demanda de agua caliente

La demanda de agua caliente se obtiene tomando en cuenta la necesidad diaria de agua caliente de una persona y el número de personas presentes por vivienda con acceso al sistema de agua caliente por lo tanto se estima los valores de consumo en la tabla 3.3.

Tabla 3.3: Cantidad de agua necesaria

Descripción	Consumo (litro/persona)
Código técnico de la edificación. Ministerio de Fomento. España	30
Ashrae	60
Empresa local	50

Fuente: Norma ecuatoriana de construcción parte 14

Según la NEC, el consumo aproximado a nuestra realidad es de 50 litros/persona/día a temperatura de 35 °C, además los datos recopilados mediante la encuesta realizada en los hogares de la comunidad Rinconada de la provincia de Imbabura, mediante esta modalidad de investigación se obtuvieron datos aproximados del consumo mensual de agua caliente, también se conoció que el sistema más utilizado para calentar agua es la ducha eléctrica. Por lo tanto, con un recipiente y un cronometro se dejó caer agua de la ducha por el tiempo máximo de 15 minutos como refleja la encuesta.



Figura 3.13: Medición cantidad de litros de agua por minuto

Luego de realizar esta práctica se obtuvo un volumen de 39 litros de agua caliente que demora en bañarse una persona por el tiempo de 15 minutos, también se tomas el dato estadístico de la encuesta donde gran parte de las familias tienen de 2 a 4 personas por hogar, se escoge el rango máximo para los cálculos de volumen de agua caliente sanitaria requerida por vivienda mediante la siguiente ecuación:

$$V_{ACS} = a * b \left(\frac{L}{\text{persona}} \right) * \text{horas al día} \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

V_{ACS} = Volumen de agua caliente sanitaria

a = número de personas por hogar

b= litros de agua consumido por persona al ducharse

$$V_{ACS} = 4 \text{ personas} * 39 \left(\frac{\text{Litro}}{\text{persona}} \right) * 1 \text{ día}$$

$$V_{ACS} = 156 \text{ litros/día}$$

El valor obtenido del volumen de agua necesario por hogar se debe calcular por el número de familias encuestadas obteniendo un valor necesario de agua sanitaria total de 17628 litros por día de agua caliente. Considerando el volumen de agua a calentar, la temperatura para un baño agradable de 35°C y que de acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de 2015 del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Angochagua, la temperatura en los ríos zona varía entre los 10°C y 16°, se calcula la cantidad de calor necesaria

$$Q = v * \delta * c_p * \Delta_t \quad \text{Ec. 11}$$

Donde:

Q: cantidad de calor necesaria, en kJ

V: volumen diario consumido, en m³

δ : densidad del líquido, agua = 1000kg/m³

Cp: calor específico del fluido, para el agua 4,2 kJ/kg °C

Δt : incremento de temperatura en °C = 25

$$Q = 0,156 \text{ m}^3 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * 25^\circ\text{C}$$

$$Q = 16380 \text{ kJ} = 4,553 \text{ kWh}$$

$$Q = 30 * 4,553 \text{ kWh/día}$$

$$Q = 136,59 \text{ kWh/mes}$$

Finalmente, conocida la demanda de agua sanitaria se calculó el consumo mensual mediante la ecuación:

$$V_{\text{ACS}} = 156 \frac{\text{litros}}{\text{día}} * 30 \text{ días}$$

$$V_{\text{ACS}} = 4680 \text{ litros} = 4,68 \text{ m}^3$$

3.8.3 Parámetros de diseño

Para el modelo del colector parabólico compuesto un parámetro principal es la geometría de la parábola porque refleja sobre el foco los rayos que llegan del sol. Por lo tanto, una parábola es un lugar geométrico de un punto que se mueve dentro de un plano de tal forma que su distancia de una recta fija situada en el plano siempre es igual a la distancia del punto fijo del plano que no pertenece a la recta. para este caso se utiliza la ecuación. La ecuación de una parábola se obtiene cuando el foco se encuentra en uno de los ejes y su directriz es perpendicular al mismo. Por lo tanto, el foco se supone en el punto F (0, p) en la parte del eje positivo y la directriz en la recta y= -p en el punto P (x,y) en la parábola si y solo si PF=PQ, que es la fórmula de la distancia.

$$PF = \sqrt{(x - 0)^2 + (y - p)^2} = \sqrt{x^2 + (y - p)^2} \quad \text{Ec. 12}$$

$$PQ = \sqrt{(x - x)^2 + (y - (-p))^2} = \sqrt{(y + p)^2}$$

Al igualar las expresiones y elevando al cuadrado se obtiene:

$$y = \frac{x^2}{4p}$$

De acuerdo con estudios realizados el valor de x_{\max} depende del foco que se escoja, por lo tanto:

$$F = 0,50 \text{ m} \rightarrow f_{(x)} = \frac{x^2}{4 \times 0,50 \text{ m}} = f'_{(x)} = x \rightarrow x_{\max} = 0,43 \text{ m}$$

$$F = 0,30 \text{ m} \rightarrow f_{(x)} = \frac{x^2}{4 \times 0,30 \text{ m}} = f'_{(x)} = 1,67x \rightarrow x_{\max} = 0,39 \text{ m}$$

$$F = 0,20 \text{ m} \rightarrow f_{(x)} = \frac{x^2}{4 \times 0,20 \text{ m}} = f'_{(x)} = 2,5x \rightarrow x_{\max} = 0,39 \text{ m}$$

Al sustituir y_{\max} en x_{\max} en la ecuación general de la parábola de forma que se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 3.4: Focos máximos de la parábola

Foco	x_{\max}	y_{\max}
0,20 m	0,39	0,19
0,30 m	0,39	0,13
0,50 m	0,43	0,09

Con este parámetro la abertura en el foco de 50 cm es muy grande y la altura máxima es de 9 cm por lo que se descarta este valor. Para este estudio se propone un foco de 30 cm para realizar los cálculos necesarios para el modelado del colector parabólico. Por lo tanto, se propone las dimensiones: foco = 0,30 m, lado curvo de 1,2 m, y el lado recto de 0,78 m.

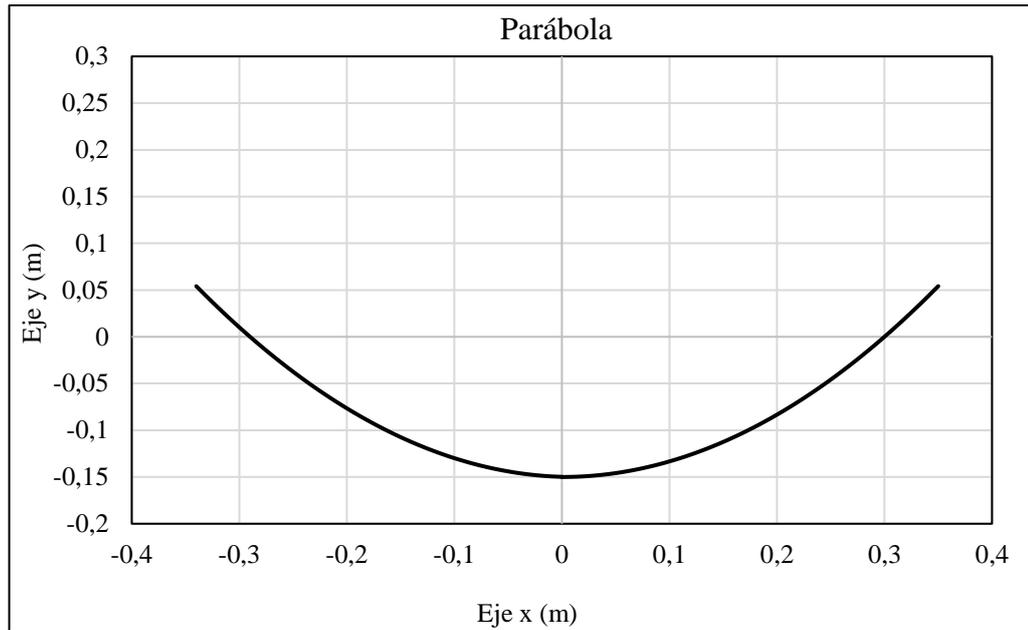


Figura 3.14: Perfil parábola del concentrado solar en metros

- Cálculo del ángulo de abertura y distancia

A continuación, se presenta el esquema de la relación de distancias en el perfil del concentrador solar parabólico.

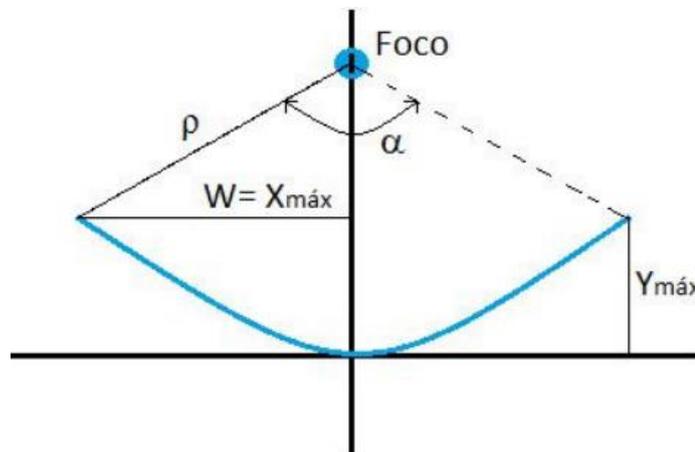


Figura 3.15: Relación y distancias dentro del perfil CCP

$$\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{X_{máx}}{F - Y_{máx}} \tag{Ec. 13}$$

$$\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{0,39}{0,30 - 0,13}$$

$$\alpha = 2 \tan^{-1} 2,33$$

$$\alpha = 133,6^\circ$$

$$\rho = \sqrt{w^2 + (F - y)^2} \quad \text{Ec. 14}$$

$$\rho = \sqrt{0,39^2 + (0,30 - 0,13)^2}$$

$$\rho = 0,43 \text{ m}$$

- Cálculo del diámetro del tubo receptor

El diámetro necesario que debe tener el tubo receptor depende de la distancia focal a través del valor de ρ , por tal razón, el foco situado a 30 cm sobre el vértice del colector. Para el diámetro mínimo se obtiene mediante la ecuación:

$$\phi_{\min} = \frac{2x \rho \tan 16'}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{2 * 0,43 * \tan 16^\circ}{\cos \left(\frac{133,6}{2} \right)}$$

$$\phi_{\min} = 0,99 \text{ cm}$$

- Cálculo de pérdidas geométricas

$$S_e = 0,30 * F_m * \tan(\theta)$$

$$F_m = 0,30 + \left(0,30 * \frac{0,78^2}{48} * 0,30^2 \right)$$

$$F_m = 0,342$$

$$S_e = 0,78 * 0,342 * \tan(\arcsin 0,6)$$

$$S_e = 0,356 \text{ m}^2$$

Con este análisis se aplica una reducción del 10% del área total teórica de 3,8 m² y se reduce a una superficie útil de 3,4 m².

- Cálculo rendimiento óptico

Para el cálculo del rendimiento óptico se establecen los siguientes valores

ρ = reflectividad superficie reflectora = 0,9

τ = transmisividad del cristal absorbedor = 1

α = absorptividad del tubo del absorbedor = 0,95

f = error óptico de reflexión = x

γ = factor de interceptación = 0,96

d = reflectancia espectral = 0,87

$$n_{\text{opt}} = 0,9 * 1 * 0,95 * 0,87 * 0,96$$

$$n_{opt} = 0,7140$$

Con estos valores ya se obtiene la irradiación efectiva mediante la ecuación

$$I_{ef} = I_o * \cos \theta * n_{opt} \quad \text{Ec. 15}$$

De acuerdo con el atlas solar global el promedio de la irradiación es de 4,383 kWh/m².

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6												
6 - 7												
7 - 8	79	60	64	165	183	98	103	195	195	301	276	167
8 - 9	368	295	314	392	403	421	443	450	445	474	454	414
9 - 10	427	342	359	404	388	404	439	458	463	511	519	472
10 - 11	468	383	375	410	383	380	420	453	462	517	538	501
11 - 12	491	405	372	378	370	366	419	452	437	510	532	513
12 - 13	523	418	390	351	371	383	435	461	483	494	529	521
13 - 14	516	429	404	369	377	376	459	475	510	476	503	509
14 - 15	496	410	361	334	384	411	475	485	456	434	476	496
15 - 16	461	382	341	323	386	434	485	488	431	398	394	434
16 - 17	390	331	300	314	364	416	472	447	397	327	303	353
17 - 18	85	193	220	198	83		107	269	221	119		
18 - 19												
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	4305	3649	3501	3638	3691	3689	4256	4632	4499	4561	4524	4383

Figura 3.16: Valores de irradiación mensual en Imbabura

$$\cos \theta \text{ promedio} = 0,60$$

$$I_{ef} = 4,383 \text{ kWh/m}^2 * \cos 0,60 * 0,7140$$

$$I_{ef} = 1,565 \text{ kWh/m}^2$$

Cálculo de energía solar incidente sobre el colector cilíndrico parabólico

$$Q_{sol} = S_c * I_{ef} * \cos \theta \quad \text{Ec. 16}$$

$$Q_{sol} = 3,4 \text{ m}^2 * 1,565 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} * 0,60$$

$$Q_{sol} = 3,1920 \text{ kWh}$$

3.8.4 Diseño estructural del concentrador cilíndrico parabólico

Con el diseño del concentrador de acuerdo con las consideraciones necesarias se procede a diseñar las bases que servirán de soporte metálico para la superficie reflectora y para los tubos receptores. Para soportar el área del reflector se utiliza un perfil de platina de 50x25x4mm, como el ejemplo de la figura, estos perfiles van apoyados en el reflector de la lámina de acero inoxidable.

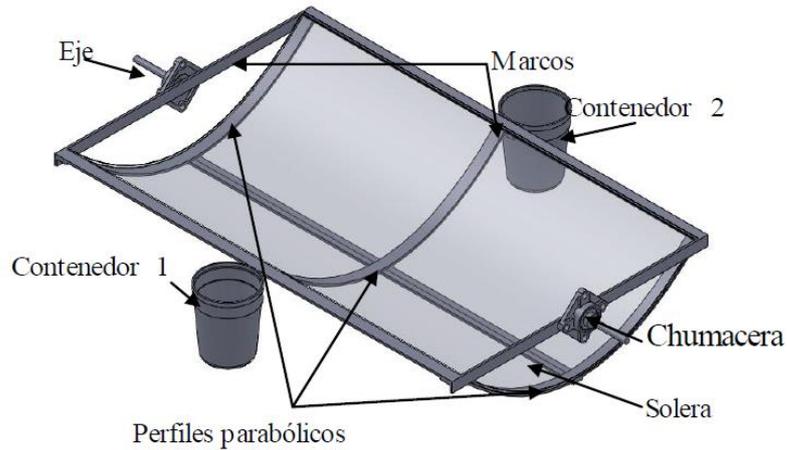


Figura 3.17: Estructura para el concentrador solar

3.8.5 Mecanismo de seguimiento solar

Para el diseño del mecanismo de seguimiento solar para este proyecto se recomienda es la marca EcoWorthy, que se basa en un actuador lineal que funciona a través de un motor DC que transmite su movimiento a un eje de aluminio macizo a través de engranajes metálicos, capaz de ejercer fuerzas de hasta 1500 [N], y conectado a un controlador que capta la radiación solar a través de dos células fotovoltaicas, colocadas en forma de paraguas, una orientada al este y otra al oeste, produciendo así un valor de tensión en cada célula según su la diferencia de tensión que existe entre ellas genera la dirección de rotación del motor para ajustar la posición del eje, que busca posicionar el colector lo más perpendicular posible a la radiación directa del sol [30].



Figura 3.18: Mecanismo de seguimiento solar [30].

Las especificaciones el seguidor solar se especifican en la tabla 3.5 [30].

Tabla 3.5: Especificaciones del seguidor solar

Especificación	Descripción
Voltaje de operación	12V
Capacidad de carga	1500 N
Velocidad	5,7 mm/s
Longitud de carrera	14" (355 mm)
Distancia mínima instalación	18,5" (470 mm)
Ciclo de trabajo	25 %
Clase de protección	Caja del controlador: IP65; actuador: IP54
Corriente sin carga	< 1A
Corriente a plena carga	5A
Dimensiones caja de control	115 x 80 x 35 mm

3.8.6 Costo beneficio de implementar el colector solar

La energía solar en la actualidad representa la energía renovable con mayor aceptación a nivel mundial después de la eólica, para la inversión prevista en la instalación y adquisición de los materiales para el sistema solar parabólico y su funcionamiento, el tubo se coloca a lo largo de cada reflector en la línea focal de la parábola para de esta manera calentar el agua que circula por el mismo.

En el Ecuador se han establecido incentivos económicos y tributarios para quienes usen energías renovables, existe liberación de aranceles tributarios, donde gravan tarifa cero del IVA, reducción y depreciación del 100 % de los equipos de generación de energía de fuente renovable, finalmente la base imponible del impuesto a la renta genera un ahorro significativo para el pago de impuestos de personas jurídicas.

3.9 Viabilidad económica

En varios países existen medidas estándar para la construcción de los colectores solares como por ejemplo en Europa y Estados Unidos esta tecnología se encuentra a nivel industrial, en este sentido para esta investigación se ha optado por el diseño y dimensiones del colector para su posterior fabricación. Por lo tanto, el concentrado

cilindro parabólico para calentar agua será elaborado con materiales que se detallan en la tabla 3.6.

Tabla 3.6: Materiales para la implementación del sistema

Descripción	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Plancha de acero inoxidable 304	2	178,61	357,22
Chumaceras	4 marca SKF	26,50	53,00
Tubo 40x40x3 mm	2	35,35	70,70
Pintura pyromark	1	15,24	15,24
Válvula antirretorno	1	22,53	22,53
Válvula de seguridad	1	28,22	28,22
Válvulas de drenaje	2	40,23	80,46
Vaso de expansión 6 litros	1	86,50	86,50
Aislante de tubería	2	29,68	59,36
Medidor de caudal	1	28,00	28,00
Conexiones de tubería	12	0,65	7,80
Vidrio templado	2	44,51	89,02
Mangueras flexibles	5	51,03	255,15
Tubo de cobre 1/2"	5	22,99	114,95
Tubo de cobre de 3/4"	5	35,20	176,00
Purgador de aire	1	15,00	15,00
Bomba centrífuga 1 hp	1	125, 40	125,40
Bomba de circulación 500 W	1	408,58	408,58
Codo cobre 3/4"	23	1,0365	23.84
Tee cobre de 3/4"	10	2,751	27,51
Aislante de vidrio	60	3,369	202,15
Válvula check	5	8,656	43,28
Acumulador de agua	2	90,91	181,82

Intercambiador de placas	1	550,53	550,53
Válvula mezcladora	1	70,66	70,66
Válvula de 3 vías	1	88,16	88,16
Calentador eléctrico	1	419,67	419,67
Bomba centrífuga de 1.5 HP	1	306,52	306,52
Bomba de circulación 21 W	1	387,62	387,62
Codo de cobre 1"x90	6	1,04	6,24
Válvula compuerta de 1"	3	14,21	42,65
Válvula compuerta de 3/4"	10	12,795	127,95
Total			4447,89

Los principales equipos del cilindro parabólico solar son la parte del sistema de transmisión, unidad de calefacción y sistema de control con una estructura que soporta el sistema con seguimiento del sol donde se concentra la luz solar calentando el agua del tubo receptor que están conectados en serie o paralelo.

3.10 Modelado del colector parabólico compuesto híbrido

Para la construcción del colector cilindro parabólico se realiza el modelado CAD, de las piezas necesarias para obtener los planos constructivos de la implementación del proyecto planteado.

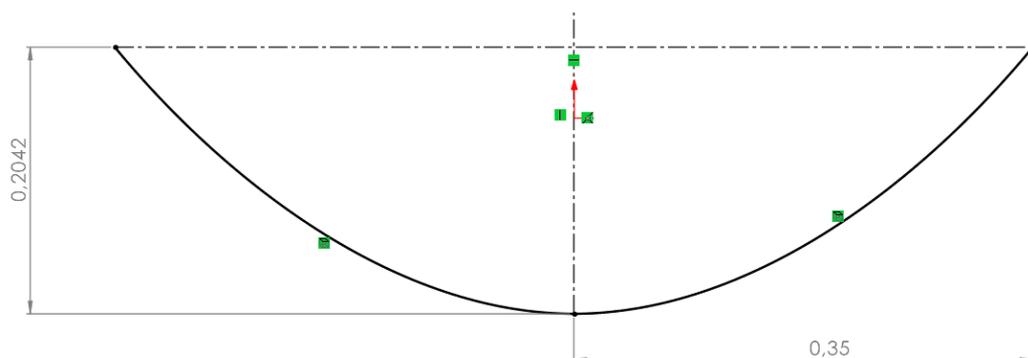


Figura 3.19: Modelado del perfil del colector solar parabólico

En base a los cálculos se extrude un metro obtenido el perfil parabólico y la superficie reflectante del colector cilindro parabólico híbrido.



Figura 3.20: Colector solar parabólico

También se realiza el diseño del soporte base mediante plantinas que permiten conservar la forma de la parábola y sirve como estructura base de soporte

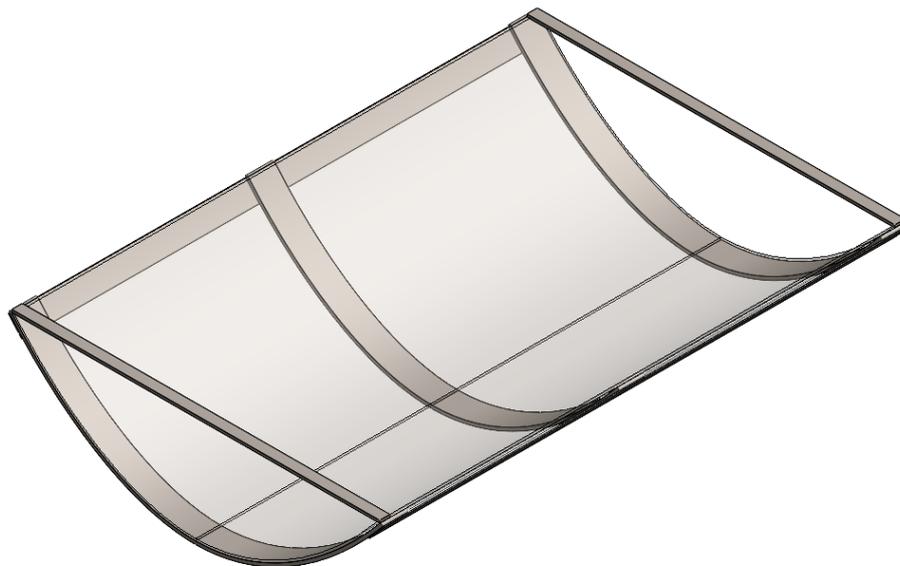


Figura 3.21: Estructura soporte Colector solar parabólico

Finalmente, se diseña la estructura de soporte del colector solar parabólico tal como se muestra en la figura 3.22.

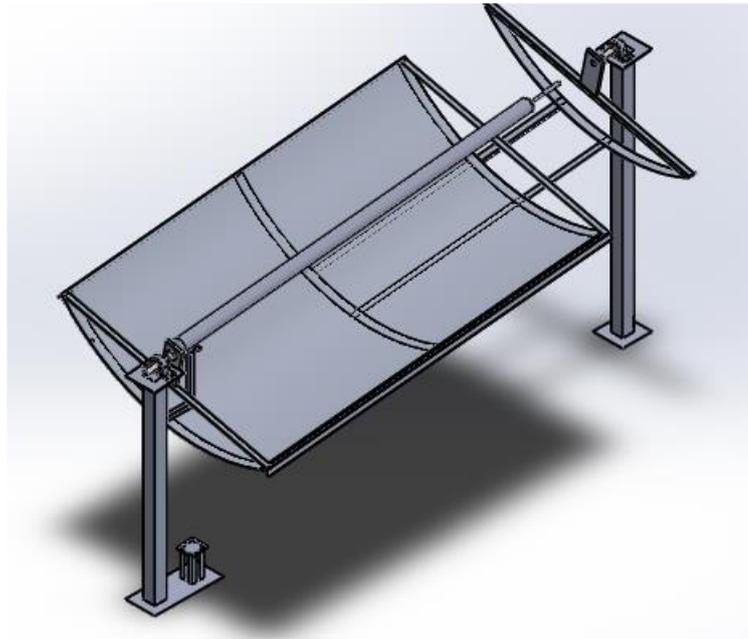


Figura 3.22: Estructura base para soporte Colector solar parabólico

Dado que los colectores cilindro parabólicos utilizan únicamente radiación directa, ésta se convierte en un factor crítico en cielos nublados, La limpieza regular de los espejos también es fundamental para garantizar el correcto funcionamiento del campo de colectores cilindro parabólicos [31].

Según la curva de la figura 3.23, la eficiencia del colector es más alta con una manga sin cubierta, pero dado que el reflector está directamente expuesto a la intemperie, la superficie reflectante debe limpiarse regularmente, por lo que usaremos una cubierta para este proyecto y con un tubo de vacío envolvente [31].

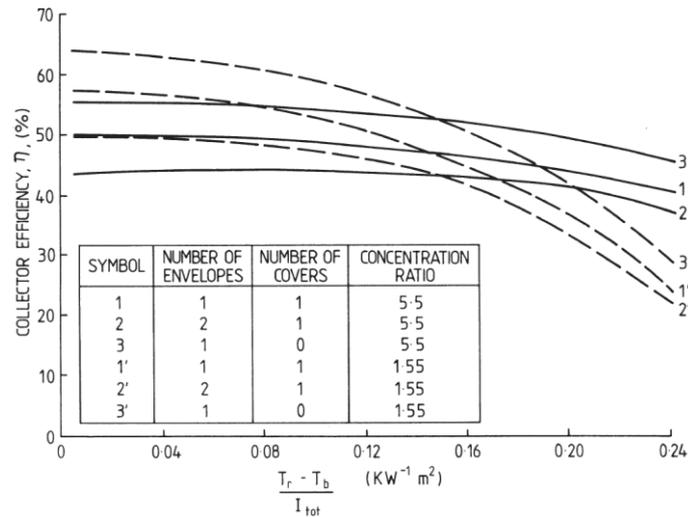


Figura 3.23: Curva de Hottel-Willier-Bliss para configuración del colector CPC [31].

3.11 Sistema de calentamiento

El sistema de calentamiento solar debe constar de los siguientes componentes: colector solar parabólico, tanque de almacenamiento de agua, sistema de recirculación o refuerzo, los calentadores de agua solares se colocan sobre techos de los hogares para captar la radiación solar y calentar el agua que circula por la tubería interna, después mediante un intercambio de calor este líquido calienta el agua que se encuentra en el tanque de almacenamiento aislado que mantiene el agua caliente hasta su uso.

Para el sistema de calentamiento se utilizará el sistema activo porque soporta climas más fríos que los pasivos.

Los sistemas de calefacción solar directa, también conocidos como sistemas de circuito abierto, hacen circular la misma agua que usamos para fines sanitarios a través de colectores solares y tanques de almacenamiento, como se muestra en la figura 3.24 [32].

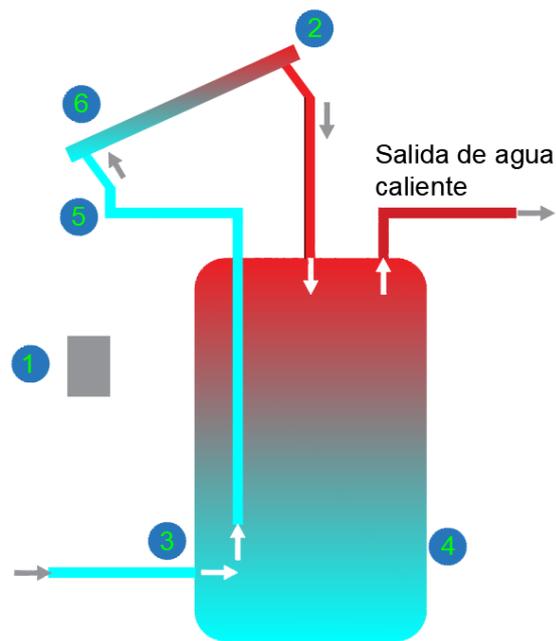


Figura 3.24: Sistema de calentamiento de recirculación [32]

En este proyecto se utilizará un sistema de calentamiento de agua indirecto forzado, ya que es el único sistema de calefacción capaz de soportar las temperaturas de $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la noche en la comunidad de Rinconada perteneciente a la provincia de Ibarra.

3.11.1 Alimentación eléctrica del sistema

Es necesario dimensionar los equipos necesarios para implementar energía eléctrica como soporte para días fríos donde existe pérdida de calor o en las noches donde la temperatura desciende hasta los $7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Se debe proveer del sistema eléctrico para alimentación de equipos para maniobras, control y monitorización del sistema de calentamiento de agua, por lo tanto, entre las señales de control se identifican las siguientes:

- Señal de seguimiento solar
- Señal de control para el funcionamiento del colector solar
- Do señales para alertas externas al sistema de colectores cilindro parabólicos.
- Instalación térmica experimental para los colectores cilindro parabólicos.

El sistema de colector solar cilindro parabólico puede estar suministrado con las siguientes opciones:

- Pantalla del cuadro eléctrico para supervisión local
- Router para monitoreo remoto con sensor de irradiación normal directa
- Kit de medición de energía que consta de sensores de temperatura de salida de fluido, sensor de temperatura de entrada del fluido y sensor de caudal del fluido.

También, se necesitan otros equipos de control y monitorización:

- Interruptor de nivel en el depósito de expansión
- Interruptor para presión alta en el intercambio de calor compatible con agua caliente de 0 a 200 °C y con materiales y condiciones del proceso para bloqueo del colector.
- Interruptor de caudal bajo compatible con el proceso a temperatura de 0 a 200 °C.

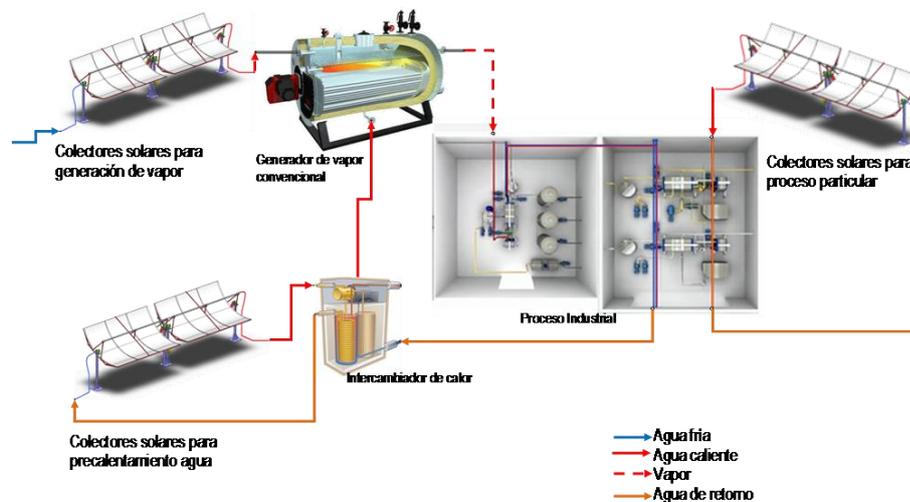


Figura 3.25: Esquema de alimentación eléctrica del sistema de calentamiento [33]

3.12 Reducción de emisiones de CO₂

La energía calorífica necesaria para cubrir la necesidad de agua caliente se calcula en base al requerimiento de energía anual, basados en que la demanda de agua caliente es de 156 litros diarios en una familia.

A continuación, se calcula la demanda energética para calentar ACS para ello se aplica la siguiente formula:

$$D_{ACS} = V_{ACS} * \rho * C_e * (T_c - T_f) \quad \text{Ec. 17}$$

D_{ACS} : Demanda energética de ACS (kWh)

V_{ACS} : Volumen consumido de ACS (litros/periodo), a la temperatura de utilización.

T_c : Temperatura de uso (°C).

T_f : Temperatura de agua fría de consumo humano (°C).

C_e : Calor específico (KJ/ (kg·°C)); para el agua toma el valor de 4.186

$$D_{ACS} = 0,156 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (35^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})$$

$$D_{ACS} = 16325,4 \text{ KJ/día}$$

Por lo tanto:

$$D_{ANUAL} = 16325,4 \frac{\text{kJ}}{\text{día}} * 365 \text{ días}$$

$$D_{ANUAL} = 5958771 \text{ kJ}$$

Posteriormente transformamos la energía calorífica necesaria a energía eléctrica:

$$1\text{kWh} = 3600 \text{ KJ}$$

$$\text{Energía} = 1655,2 \text{ kWh}$$

Se debe considerar que los sistemas eléctricos para calentamiento tienen una eficiencia de 0,9 [34], por lo tanto:

$$\text{Energía}_{\text{requerida}} = \frac{1655,2 \text{ kWh}}{0,9}$$

$$\text{Energía}_{\text{requerida}} = 1839,11 \text{ kWh}$$

En el Ecuador se utiliza un factor de conversión de CO₂ por kWh de consumo eléctrico que es de 214 g CO₂/kWh y se calcula a mediante la ecuación [34]:

$$E_{CO_2} = \text{Factor Emisión CO}_2 \times \text{Energía consumida por año}$$

$$E_{CO_2} = 214 \frac{\text{g CO}_2}{\text{kWh}} * \frac{1839,11}{\text{año}}$$

$$E_{CO_2} = 393,57 \text{ kg CO}_2/\text{año}$$

3.12.1 Sistema híbrido (eléctrico)

El proyecto tiene como objetivo reducir las emisiones de CO₂ que se generan por el uso de gas licuado de petróleo (GLP) o electricidad utilizados para calentar agua caliente sanitaria (ACS).

El sistema híbrido será implementado como respaldo para los días en que la energía solar no cuente con los valores necesarios para el calentamiento del agua, por lo que es necesario la ayuda del sistema eléctrico, tomando en cuenta que este sistema genera emisiones de CO₂, de acuerdo al rendimiento del colector diseñado, se establece que cubrirá en promedio el 70% de la demanda del consumo de ACS, en este caso se tendría:

$$\text{Energía SISTEMA HÍBRIDO} = 551,73 \text{ kWh}$$

$$\text{ECO}_2 = 214 \frac{\text{gCO}_2}{\text{kWh}} * \frac{551,73 \text{ kWh}}{\text{año}}$$

$$\text{ECO}_2 = 118,070 \text{ kg CO}_2/\text{año}$$

Se verifica que el sistema híbrido propuesto reduce las emisiones de CO₂ trabajando con un sistema eléctrico.

3.13 Comparación de colectores solares para calentamiento de agua

Como primer paso se identifica los paneles solares para calentar aguas existentes en el mercado local y nacional, entre los más comunes se encuentran los siguientes:

3.13.1 Colector solar plano

Este colector solar es el más representativo a nivel tecnológico de energía solar fototérmica para el calentamiento del agua, aunque también se utiliza para producción agropecuaria, el colector solar está constituido por:

1. Marco metálico o de aluminio
2. Vidrio como cubierta
3. Placa térmica con aletas de cobre
4. Cabezales para alimentación y descarga de agua.

5. Aislantes térmicos como lana de vidrio, poliéster, etc.
6. Caja del colector en acero galvanizado

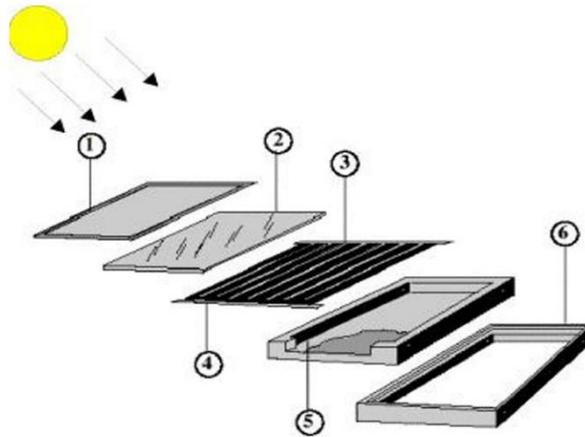


Figura 3.26: Estructura colector solar plano [35]

3.13.2 Panel de tubos de vacío

Este panel solar es un colector de tubos de vacío que aprovecha la energía solar térmica, estos colectores son más económicos que los colectores solares de placa plana. El precio del panel de tubos al vacío ha mejorado debido a la gran demanda, experiencia y nuevas tecnologías de fabricación de tubos.

Además, es más duradero y confiable porque protege al panel de la corrosión y no presenta condensación de agua. Finalmente, son fáciles de instalar por su estructura ligera y modular.



Figura 3.27: Estructura panel de tubos de vacío [36]

3.13.3 Colector solar parabólico

Los colectores cilindro parabólicos son otro tipo de colector solar. Este tipo de panel solar se utiliza en instalaciones solares térmicas. Utilizan cilindros parabólicos para concentrar toda la radiación solar en un punto. El foco de la parábola pasa por un conducto que recibe los rayos solares concentrados el colector solar calienta agua hasta temperaturas cercanas a los 400 °C.



Figura 3.28: Estructura colector solar parabólico [37]

3.13.4 Comparación de los calentadores solares

Comparación técnica entre diferentes colectores solares comerciales de tubos al vacío y el sistema CPC híbrido. En el mercado existe los siguientes colectores solares de tubos al vacío.

Tabla 3.7 Comparación de calentadores de agua sanitaria

Tipo de colector	Empresa	Característica	Instalación	Eficiencia	Capacidad	Eficiencia
Colector solar de 20 tubos de vacío	TuboSOL	compuesto de 20 tubos de vacío de 58mm de diámetro y 1800mm de longitud	Fácil instalación	79 %	240 litros	921,77
Colector solar C20 de	FUJISOL	Los colectores FUJISOL están disponibles en	Fácil instalación	Paralelo al sol 100 % absorbente	260 litros	1155,72

20 tubos de vacío		dos medidas: de 20 tubos (FUJI-C20) y de 15 tubos (FUJI-C15)				
Colector de tubos de vacío 300-TM	VITOSOL	Compuesto de 10 tubos de vacío, ancho 885 mm, altura 2244mm y profundidad 150mm	Eficaz con autolimitación de temperatura	78%	300 litros	850,45
Colector híbrido capacidad 2500 litros		De acuerdo a especificaciones técnicas del investigador	Fácil	90 %		4500

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de viabilidad económica de la implementación del proyecto

4.1.1 Relación costo beneficio

Para el análisis del costo beneficio se consideran los costos reales, directos e indirectos que los estudios y obras generan.

4.1.2 Demanda en función del ingreso

Debido a que nuestro proyecto va dirigido a la comunidad rinconada de clase baja la población no cuenta con recursos económicos mínimos para el apoyo en el proyecto se ha visto la necesidad de buscar empresas que apoyen esta iniciativa que busca mejorar la calidad de vida de la comunidad.

4.1.3 Inversión inicial fija y capital de trabajo

Para la inversión requerida se procede analizar los recursos necesarios para la implementación del sistema, por lo tanto, se clasifican en dos grupos la inversión fija que incluye gastos de pre operación y el capital de trabajo que son gastos requeridos para la operación del proyecto.

Como inversión fija se entiende todo el conjunto de bienes y servicios que requiere la etapa de instalación de todos los equipos y se utilizan durante la vida útil del sistema de calentamiento de agua sanitaria. En este grupo se debe distinguir la inversión tangible, que es necesario para poner en práctica el proyecto que es cuantificable, en cambio la inversión intangible, es un parte importante del sistema pero no se puede cuantificar porque no se ve a simple vista, los principales componentes de la inversión tangible son: la casa, instalaciones (sanitarias, eléctricas, auxiliares), material equipos y piezas a manufactura, en cambio el estudio de instalación de sistema para calentar

agua casi como los costos por mejora o gastos de constitución se identifica como inversión intangible.

Para el capital de trabajo se determina todos los recursos, tanto para financiar el sistema total como para la instalación final en operaciones de producción, supervisión, mantenimiento durante la vida útil del sistema de calentamiento de agua sanitaria.

A continuación, se detalla el análisis de inversión inicial fija tangible para el proyecto

Tabla 4.1 Inversión inicial fija tangible

Descripción	Valor (USD)
Instalación red eléctrica	149,67
Instalación red sanitaria	150,25
Instalación sistema de generación auxiliar	
Tanque reservorio 2500 litros	300,00
Obras civiles	250,00
Estructuras metálicas de soporte para los CCP	65,40
Costo capacitación de funcionamiento	250,00
Costo de monitoreo y pruebas operativas	180,00

En cambio, para el análisis de inversión fija intangible se tiene los siguientes valores:

Tabla 4.2 Inversión fija intangible

Descripción	Valor (USD)
Estudio técnico/ diseño del CCP	650,00
Gastos de constitución	200
Gastos por visitas técnicas	150
Gastos encuestas y transporte a la comunidad	100

Para el capital de trabajo se establece un control de 3 meses:

Tabla 4.3 Capital de trabajo

Descripción	Trimestre (USD)
Personal encargado del monitoreo del sistema	450,00
Energía eléctrica (sistema híbrido)	25,00

Teléfono	8,00
Agua	10,00
Artículos de oficina	25,00
Artículos de limpieza	20,00

4.2 Estrategia de financiamiento

Con el monto de inversión necesario para la ejecución del presente estudio se debe analizar las posibles fuentes de financiamiento para la obtención de los fondos necesarios, para la implementación de este proyecto. Por lo tanto, se contará con la inversión de una entidad interesada en apoyar la investigación y el desarrollo tecnológico sin fines de lucro que busca apoyar en el cuidado del medio ambiente y en utilizar energías renovables.

4.2.1 Inversión inicial

Para la inversión inicial del proyecto de investigación se consideró varios parámetros técnicos mediante la encuesta se identificó que la población tiene necesidades de contar con agua caliente para su aseo personal, por lo que están de acuerdo en buscar nuevas alternativas aprovechando la energía solar, sin embargo la inversión inicial del proyecto es elevada por lo que se busca empresas involucradas en aportar mediante convenios que aportan en el beneficio sostenible y sustentable de la población.

La Fundación la CHOZA nace en el año 2019 con el objetivo principal de apoyar, fomentar, promocionar a emprendedores y artesanos de todo el país es un grupo de emprendimientos que busca sostenibilidad con responsabilidad, económica recíproca y solidaridad, por medio de su representante están de acuerdo en aportar en el proyecto de implementación del captador solar híbrido de concentrador parabólico compuesto para el calentamiento de agua sanitaria para las viviendas de la comunidad Rinconada.

En la actualidad un proyecto de inversión genera efectos directos en la sociedad que ayudan a resolver problemas aprovechando los recursos disponibles en el medio ambiente y así, mejorar las condiciones de vida y económica del país a mediano, corto

y largo plazo en tal sentido este proyecto de inversión busca cubrir necesidades insatisfechas por la comunidad y finalmente, se busca aportar en el país con el cuidado del medio ambiente.

4.2.2 Cronograma de inversión

El cronograma de inversión se refiere al tiempo en que se pretende realizar la implementación del proyecto, dentro de este cronograma está incluido la viabilidad, etapa de aprobación del estudio, trámites y adquisición de los equipos donde se incluye la inversión fija tangible, intangible y el capital de trabajo, así como también se considera el tiempo de instalación de todo el equipo, contrato de personal y pruebas de funcionamiento preliminares de toda la instalación.

De tal manera que todo el proyecto requiere de un cronograma de inversiones que señale las fechas o periodos donde se van a efectuar las instalaciones, las inversiones no se pueden dar en un mes o año, lo más probable que la inversión dure dos periodos, por lo que el cronograma busca identificar el periodo total de implantación del sistema de agua sanitaria.

Tabla 4.4 Cronograma de inversión

CRONOGRAMA DE INVERSIÓN												
CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN												
ACTIVIDADES	MESES											
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembr e	octubre	noviembre	diciembre
Estudio de viabilidad												
Aprobación del estudio												
Trámites para financiamiento												
Adquisición de equipos												
Obra civil												
Instalación de equipos												
Contrato de personal												
Pruebas preliminares y puesta en marcha												

4.3 Distribución colectores para cubrir la demanda de ACS.

Para un mejor aprovechamiento de la energía solar se propone implementar tanques de almacenamiento de agua aislados térmicamente para conservar la temperatura del ACS de 2500 litros, los cuales distribuyen el agua a los hogares. En la siguiente figura se muestra la distribución de los colectores ubicados en puntos estratégicos cerca de las viviendas de la comunidad la Rinconada.

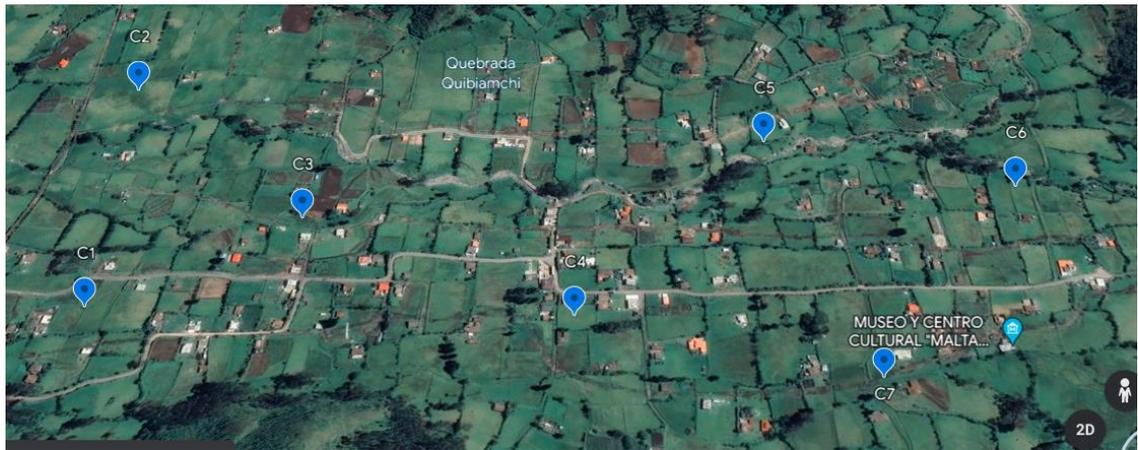


Figura 4.1: Distribución colectores solares [27]

Con esta capacidad para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria en todas las viviendas de la comunidad, es necesario implementar 7 colectores solares compuestos, instalados de manera sectorizada, los cuales abastecerán entre 16 a 17 familias cada uno, lo que permitirá optimizar los recursos, a diferencia de los colectores que se encuentran en el mercado los cuales generalmente se instalan uno por cada vivienda. Tomando en cuenta todos los cálculos realizados se procede a estimar la distribución del sistema para las 17 familias se realizará la implementación del sistema solar para distribuirlo a los 16 hogares compuestos por 4 miembros de familia. El costo de instalación es de 4447,89 dólares americanos, por lo tanto, al dividir por el número de familias beneficiadas se obtiene el costo de implementación que cada hogar debe cancelar.

$$p = \frac{\text{costos de implementación}}{\text{número de familias beneficiadas}}$$

$$p = \frac{4447,89}{17} = 261,64 \text{ dólares}$$

Finalmente, el costo de implementación por familia es de 261,64 dólares americanos, como la población beneficiara es de escasos recursos se propone un plan de pagos mensual durante un año, de tal manera que deberán cancelar el valor de 21,81 dólares con esto se optimiza los recursos y se dota de ACS, a la población este proyecto es vinculante lo que permitirá seguir beneficiando a la comunidad con el uso de energías alternativas, como las solar.

4.3.1 Flujo de caja económico del proyecto

El flujo de caja para este proyecto permite tener un estado de cuenta que resume las entradas y salida de dinero al largo de la implementación del proyecto de esta manera se mantiene la rentabilidad y el normal funcionamiento del proyecto. Por lo tanto, esta herramienta, permite medir las inversiones, costos, ingresos del proyecto, para analizar cuanto efectivo neto se genera desde el inicio de la inversión. Al tratarse de un proyecto nuevo los costos e ingresos son adjudicados exclusivamente a la implementación del mismo. La organización del flujo de caja se realiza en periodos iguales y se consideran que sean trimensuales con cierre de operación a finales del año.

De tal manera realiza la comparación de costos mensuales de la energía eléctrica donde el anual promedio de una casa es de 240 dólares estimando que cancelan 20 dólares mensuales de acuerdo con la encuesta realizada, se calcula el 7% de crecimiento por año de acuerdo con el ministerio de energía [38].

De acuerdo con la encuesta el tiempo promedio para ducharse es de 15 minutos tomado en cuenta que una ducha tiene una potencia de 4000 watts y que es utilizada por 30 días se calcula el consumo [39].

$$\text{consumo} = \frac{4000 \text{ W} * 1 \text{ h} * 30 \text{ dias}}{1000 \text{ (kWh)}}$$

$$\text{consumo} = 120 \text{ kWh/mes}$$

El 14 de abril, el Directorio de la Autoridad de Regulación y Control de la Energía y los Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) aprobó la Resolución ARCERNNR-009/2022, mediante la cual determinó que la tarifa promedio de los

servicios de energía eléctrica en el país se mantendrá en 9,2 centavos por cada kWh [40].

Tomando en cuenta, el ahorro por dejar de usar la ducha eléctrica y se utiliza el sistema híbrido propuesto el pago de energía eléctrica se reduce a 8,96 dólares mensuales por hogar y se proyecta para 10 años con un crecimiento del 7 % [38].

En la figura se muestra el ahorro que se obtiene utilizando el sistema del colector solar durante un año de evaluación.

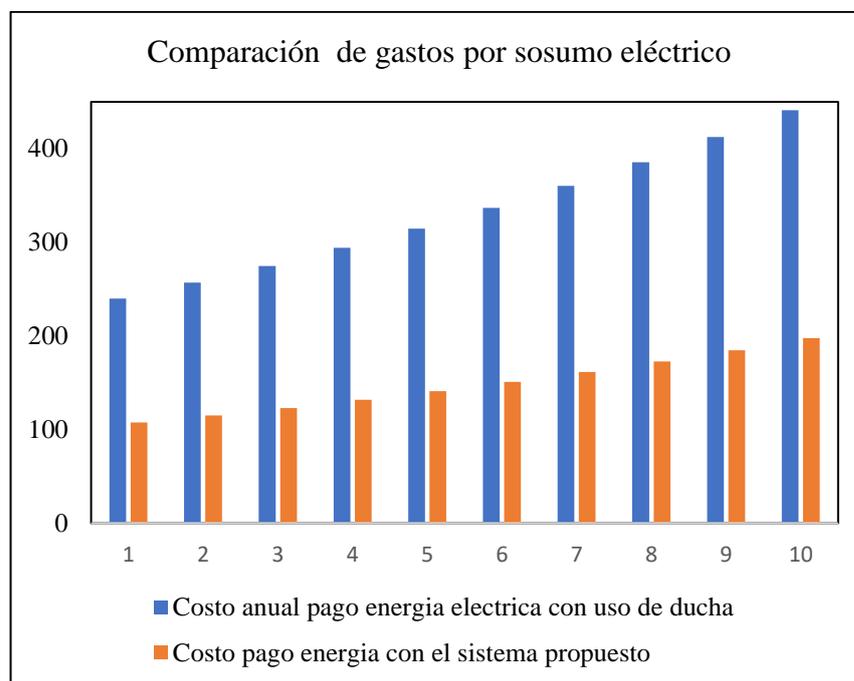


Figura 4.2: Comparación de gastos por consumo eléctrico

4.3.2 Periodo de recuperación de la inversión (PRI)

El tiempo de recuperación de la inversión es aquel que la empresa necesita para recuperar el dinero invertido al inicio del proyecto, por lo tanto, para este proyecto la unidad de análisis será en años y se calcula el tiempo de retorno de la inversión en el sistema de calentamiento de agua sanitaria.

El tiempo de retorno de la inversión es de 10 años, tiempo que está acorde con los estándares de retorno de inversión para proyectos de energías renovables, también es

importante evaluar la rentabilidad económica que entre los beneficios y costos sociales se establece la tasa interna de retorno (TIR).

Para el cálculo del VAN y TIR se necesita como inversión inicial el flujo de caja el cual se calcula mediante la tasa de descuento al tiempo presente para el cálculo del VAN se aplica la ecuación:

$$VAN = -A \frac{FNC_1}{(1+K)} + \frac{FNC_2}{(1+K)^2} + \frac{FNC_n}{(1+K)^n} \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

A= inversión inicial

FNC₁= flujo neto de caja

N= vida útil estimada para la inversión

Tabla 4.5: Cálculo del VAN y TIR

Tasa de interés	10 %
n=	10 años
VAN =	1536,91
TIR =	20 %

Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos del VAN Y TIR se evidencia que la implementación del sistema de calentamiento de agua sanitaria es viable dado que el VAN es >0, demostrando la factibilidad del proyecto con una tasa de rentabilidad del 80 %.

4.3.3 Verificación de la hipótesis

- Hipótesis

El análisis de factibilidad de un sistema termo solar híbrido de concentrador parabólico compuesto permitirá obtener agua caliente sanitaria en viviendas de zonas rurales de la Comunidad la Rinconada.

- Comprobación

Por medio del análisis de factibilidad del sistema solar híbrido de concentrador parabólico se determinó que el 71 % de la población de la comunidad La Rinconada requiere de agua caliente para su aseo personal. La cantidad de calor obtenida del

manual solar del Ecuador, software Censolar y el atlas solar global de irradiación se obtuvo un promedio de 4,421 kWh/m².

Tabla 4.6: Promedio de irradiación solar

	Manual solar del Ecuador	Software Censolar	Atlas solar global
Irradiación	4,374 kWh/m ²	4,5083 kWh/m ²	4,383 kWh/m ²

Con estos datos se demuestra que en la comunidad Rinconada es alta la irradiación y en horarios de 10 am hasta las 14 pm la irradiación es aún más fuerte, y por lo que es procedente el estudio de implementación del sistema termo solar parabólico.

La configuración geométrica del colector solar parabólico compuesto demuestra que se tiene una eficiencia del 73%, demostrando una buena eficiencia térmica obtenida por la superficie del calentador solar.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se determinó la demanda de agua caliente sanitaria en las viviendas de la Comunidad la Rinconada, determinándose que el volumen que requiere una persona para bañarse, es de 39 litros, además mediante la encuesta se determinó que en el hogar viven de 2 a 4 personas por lo que el rango máximo de consumo de agua caliente que se necesita es de 156 litros por día con una cantidad de calor necesario de 4,5 kWh.

Al realizar el análisis de los datos de radiación solar en el sector rural Angochagua mediante el programa Censolar, se obtuvo un promedio de 4,508 kWh/m², comparado con los datos obtenidos el atlas solar de 4,506 kWh/m², se evidencia que los valores obtenidos son homogéneos y su valor promedio es más alto entre las 12h00 y 15h00 horas, de esta forma se determina que se puede implementar un sistema solar para calentar agua para la población y así reducir el consumo de energías no renovables y que afectan la economía y el medio ambiente de la población.

Con los datos obtenidos de radiación solar se diseñó el sistema de calentamiento del colector parabólico compuesto híbrido de acuerdo con los requerimientos y necesidades de la población por lo que este proyecto es viable y factible para su implementación. Es importante considerar la eficiencia de los componentes que conforman el sistema termo solar porque de estos parámetros depende el dimensionamiento, eficiencia y energía eléctrica necesarios para calentar agua en la comunidad Rinconada de la ciudad de Ibarra.

Mediante la comparación técnica entre tres colectores de tubos al vacío que se encuentran en el mercado y el sistema CPC diseñado, se determinó que el sistema CPC híbrido es más eficiente, a pesar de tener un mayor costo los beneficios a largo plazo por la aplicación de este sistema compensan la implementación de estos sistemas de energías renovables. Además, se debe considerar que para abastecer toda la demanda de ACS de la comunidad se debería instalar un colector de tubos al vacío por cada

vivienda, mientras que con el sistema diseñado sería necesario únicamente 7 colectores.

En base al análisis económico del proyecto, y a sus resultados, se pudo determinar que la implementación del sistema de calentamiento de agua sanitaria es viable dado que el VAN es >0 , demostrando la factibilidad económica de la implementación del sistema el cual posee una tasa de rentabilidad del 80 %, además, se cuenta con el apoyo de empresas interesadas en formar parte de este proyecto sin fines de lucro que buscan apoyar en investigaciones de energías renovables para reducir los problemas ambientales que trae el consumo de energías no renovables.

Luego de ejecutar el estudio para la implementación de un sistema termo solar híbrido de concentrador parabólico compuesto en viviendas de zonas rurales, se ha llegado a la conclusión de que el proyecto es viable, factible y su implementación permitirá mejorar la vida de la población, ya que presenta mejores beneficios, rentabilidad y un menor índice de pérdidas térmicas conjuntamente con un sistema auxiliar eléctrico.

5.2 Recomendaciones

Utilizar equipos y materiales de construcción del colector, tanque de almacenamiento de buena calidad para garantizar la vida útil de los equipos y la factibilidad económica del proyecto.

Todos los elementos de unión como tubos deben ser de material polietileno para asegurar la calidad del agua y la duración del sistema de calentamiento de agua sanitaria.

Se debe aislar el tanque de almacenamiento para garantizar la conservación de la temperatura del agua sobre todo en días nublados o en la noche que son horarios donde generalmente se utiliza agua caliente sanitaria.

El proyecto es factible y debe ser difundido explicando las ventajas de la aplicación de energía renovable como la solar de esta manera se obtendrá el apoyo de empresa interesadas en implementar estos sistemas a nivel local y nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Gallardo and G. Espinel, “Colegio de Postgrados Empresa de Fabricación y Comercialización de Calentadores Eléctricos para Agua,” Universidad San Francisco de Quito, Quito, 2017.
- [2] A. Gudiño and E. Romero, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA CIUDAD DE QUITO" TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO,” Quito, 2018.
- [3] Remica, “La energía solar térmica produce agua caliente sostenible para tu hogar,” Apr. 07, 2018. <https://remicaserviciosenergeticos.es/blog/energia-solar-termica/> (accessed Dec. 01, 2022).
- [4] OLADE, “BARRERAS PARA EL DESARROLLO,” 2015.
- [5] School of engineering, “Energía solar térmica - Blog TECH Ecuador Universidad Tecnológica,” jul. 17, 2022. <https://www.techitute.com/ec/ingenieria/blog/energia-solar-termica> (accessed Dec. 01, 2022).
- [6] F. Pozo, “Estado del arte de sistemas fotovoltaicos híbridos,” Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, Sevilla, 2020. Accessed: Nov. 13, 2022. [Online]. Available: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/126611/TFM-2049-POZO%20HERRERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7] F. Masood *et al.*, “A Review of Recent Developments and Applications of Compound Parabolic Concentrator-Based Hybrid Solar Photovoltaic/Thermal Collectors,” *Sustainability 2022, Vol. 14, Page 5529*, vol. 14, no. 9, p. 5529, May 2022, doi: 10.3390/SU14095529.
- [8] J. Gordon and R. Tarco, “Diseño y construcción de un concentrador solar de tipo canal cilíndrico parabólico para la cocción de alimentos,” Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2021.
- [9] M. Terrón, “Estudio teórico experimental de un receptor de calor con aletas acoplado a un concentrado parabólico compuesto,” Yucatán, 2018. Accessed: Nov. 20, 2022. [Online]. Available: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1444/1/PCER_D_Tesis_2018_Miguel_Terron_Hernandez.pdf

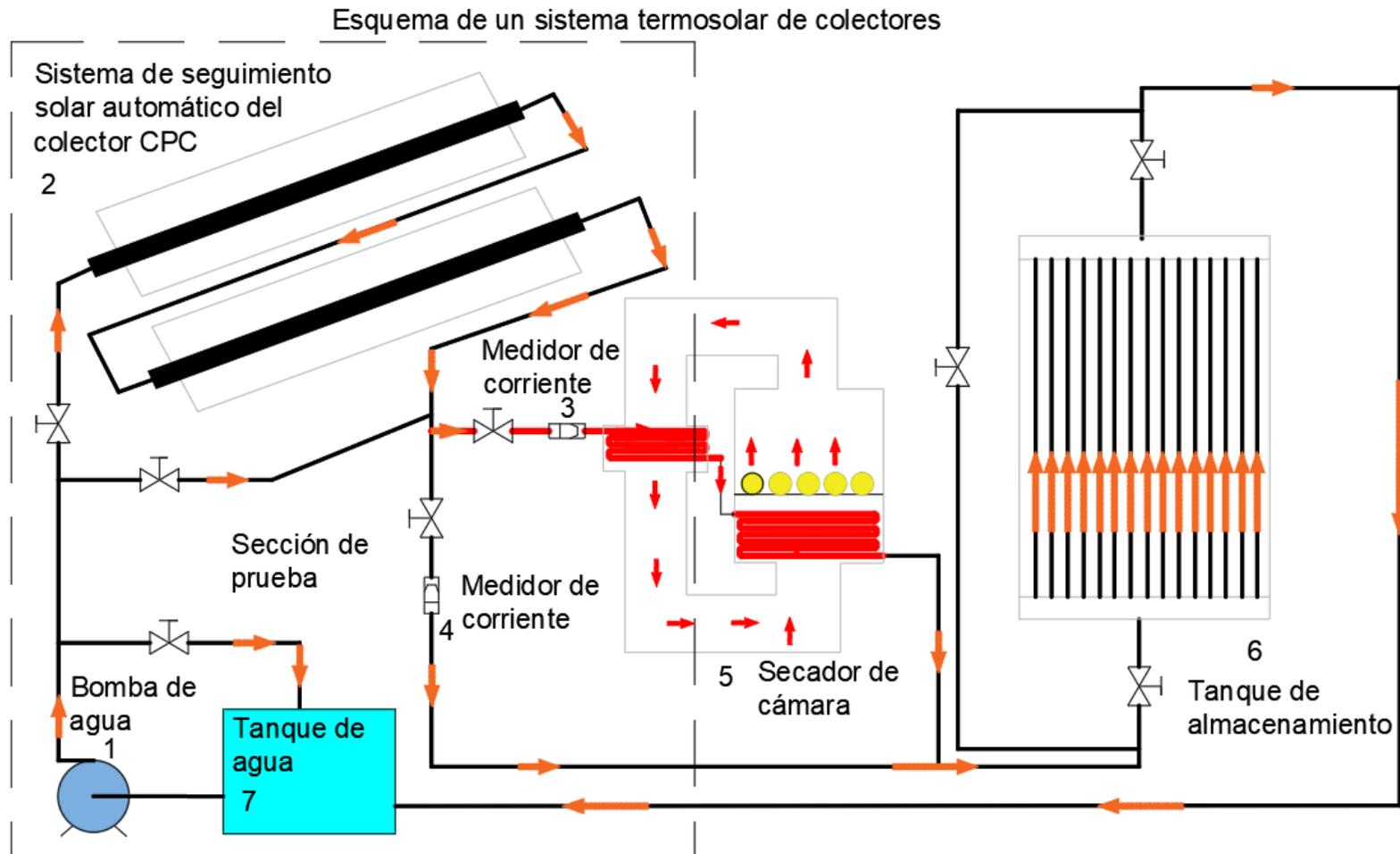
- [10] M. Soria, J. Ambrosio, M. Toledo, and J. Sabás, “Diseño y construcción de un Colector Solar de Tipo Concentrador Parabólico Compuesto (CPC) para pruebas de calentamiento de aire,” *Revista de energía química y física*, vol. 6, no. 19, pp. 22–30, 2019, doi: 10.35429/JCPE.2019.19.6.22.30.
- [11] O. Delgado, “Metodología para la evaluación del desempeño anual de sistemas de concentración de energía solar,” 2019.
- [12] J. Sigala, “Modelo de seguimiento escalonado solar con diferentes ángulos de captación para diversos esquemas de concentración solar,” 2020.
- [13] G. Palacios and C. Paredes, “Diseño y simulación mediante software especializado de la generación de electricidad con paneles solares fotovoltaicos para la Distribuidora Comercial Paredes ubicada en la provincia de Sucumbíos,” 2022. Accessed: Oct. 29, 2022. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23437>
- [14] P. Cummins, “Cartografía del potencial de las energías renovables con la ayuda de NASA POWER – Esri Ecuador,” Mar. 22, 2022. <https://www.esri.ec/arcgisblog/cartografia-del-potencial-de-las-energias-renovables-con-la-ayuda-de-nasa-power/> (accessed Dec. 01, 2022).
- [15] Global solar atlas, “Global Solar Atlas,” Dec. 02, 2022. <https://globalsolaratlas.info/detail?c=0.276854,-78.191819,10&s=0.392209,-78.119188&m=site> (accessed Dec. 01, 2022).
- [16] CONELEC, “ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA Corporación para la Investigación Energética,” 2021.
- [17] LACYQS, “Concentración Solar,” *Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar*, nov. 20, 2022. <http://www.concentrationsolar.org.mx/concentracion-solar> (accessed Nov. 19, 2022).
- [18] D. Villarreal, “Implementación y prueba de un motor stirling tipo beta utilizando un concentrador solar parabólico esférico,” 2016.
- [19] W. Carrión, W. Murillo, and A. Montero, “Una revisión de los últimos avances de los colectores solares térmicos aplicados en la industria,” *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, vol. 27, no. 27, pp. 59–73, Dec. 2022, doi: 10.17163/INGS.N27.2022.06.

- [20] J. Barrón, “Modelado y construcción de un concentrador parabólico compuesto con receptor aletado para uso residencial,” Centro de Investigación Científica de Yucatán, Mérida, 2021. Accessed: Nov. 21, 2022. [Online]. Available: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1986/1/PCER_D_Tesis_2021_Javier_Enrique_Barron_Diaz.pdf
- [21] J. Macías, “Construcción de un prototipo colector cilindro parabólico autónomo con Arduino para obtener agua caliente.,” 2020.
- [22] C. Echevarría, “Diseño de un colector cilindro parabólico compuesto con aplicación para calentamiento de agua,” 2011.
- [23] C. Mantilla and J. Toro, “Diseño e implementación de un colector cilindro-parabólico con seguimiento solar para obtener agua caliente,” 2017.
- [24] D. Panaroni, L. Martorelli, and A. Castro, “Análisis y evaluación de la eficiencia coseno de un colector cilindro parabólico polar: Aplicación en una región subtropical de Argentina,” *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, vol. 13, no. 2, pp. 15–15, nov. 2021, doi: 10.18272/ACI.V13I2.2283.
- [25] A. Flores, V. Moreno, J. Ocampo, and L. Contreras, “Ajuste de un concentrador solar de canal parabólico a partir de su reconstrucción geométrica,” *Universidad del Istmo, campus Tehuantepec*, vol. 20, no. 59, pp. 43–48, 2016.
- [26] D. Panaron, L. Martorelli, and A. Castro, “Análisis y evaluación de la eficiencia coseno de un colector cilindro parabólico polar: Aplicación en una región subtropical de Argentina,” *Avances en ciencias e ingeniria*, vol. 13, no. 2, p. 15, 2021, Accessed: nov. 21, 2022. [Online]. Available: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/2283/2721>
- [27] Google Maps, “Google Maps,” Nov. 27, 2022. <https://www.google.com/maps/@0.7904096,-77.7310605,822m/data=!3m1!1e3> (accessed Nov. 26, 2022).
- [28] OMS, “¿Cuánto tiempo es el recomendable para ducharse? - Somos Ducha,” May 05, 2021. <https://somosducha.es/cuanto-tiempo-es-el-recomendable-para-ducharse/> (accessed Dec. 18, 2022).
- [29] L. Salgado, “Modelo y control de un concentrador solar cilindro-parabólico con un mecanismo por desplazamiento de agua,” 2013.
- [30] Aliexpress, “Conjunto de soportes de controlador de actuador lineal de Motor, sistema de seguimiento Solar de doble eje, LCD, para exteriores, coche y Casa,

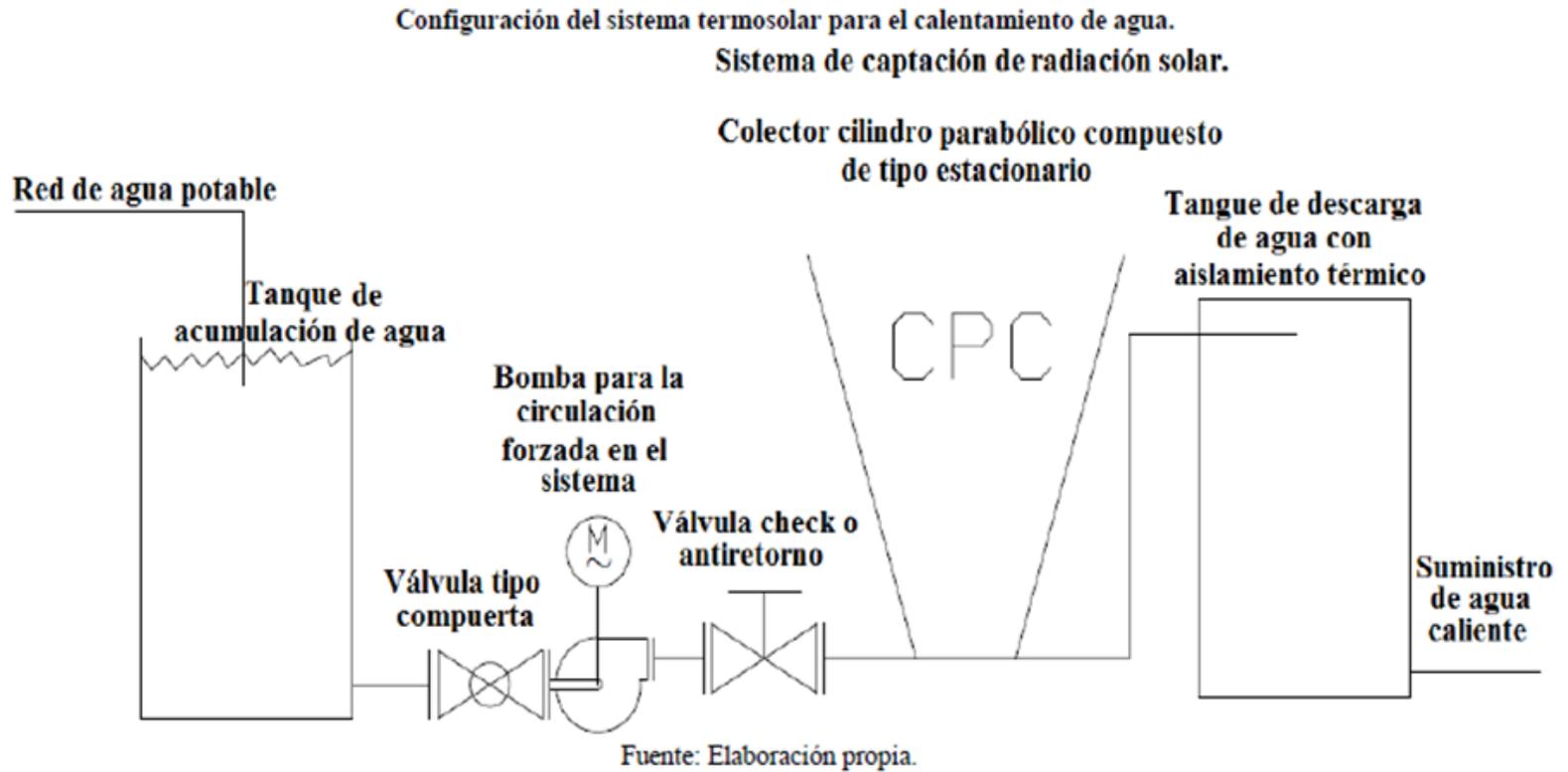
- DC12V, 2x18"|motor linear actuator|linear actuatoreactor control - AliExpress,” *Conjunto de soportes de controlador de actuador lineal de Motor, sistema de seguimiento Solar*, Dec. 10, 2022. <https://es.aliexpress.com/item/32818070473.html> (accessed Mar. 20, 2023).
- [31] B. Norton, *Solar Energy Thermal Technology*. Springer London, 1992. doi: 10.1007/978-1-4471-1742-1.
- [32] J. Salcedo, “Diseño de un sistema híbrido de calentamiento de agua sanitaria que aproveche la energía solar y eléctrica para una capacidad de 4500 litros por día para la ciudad de Puno Región Puno en Perú.,” 2016.
- [33] UNAM, “Colector de canal parabólico,” *La Tecnología Termosolar de Canal Parabólico*, Dec. 15, 2022. http://www.fordecyt.ier.unam.mx/html/colectorDeCanalParabolico_1.html (accessed Mar. 20, 2023).
- [34] M. Narváez and Uriguen Christian, “Diseño e implementación de un sistema híbrido de agua sanitaria (ACS) para la reducción de energía eléctrica y uso de gas licuado de petróleo (GLP).,” 2016.
- [35] Enercity, “Colector solar plano | Enercity S.A.,” Nov. 12, 2022. <https://enercitysa.com/blog/colector-solar-plano/> (accessed Feb. 15, 2023).
- [36] CONSTRUEX, “CALENTADOR SOLAR PRES 20 TUBOS: Inmera C.A | Construex,” Feb. 16, 2023. https://construex.com.ec/exhibidores/inmera_c_a/producto/calentador_solar_pres_20_tubos#similars (accessed Feb. 15, 2023).
- [37] S. Energía, “¿Qué es un colector solar de cilindro parabólico?,” *Instalación de energía solar térmica*, May 30, 2018. <https://solar-energia.net/energia-solar-termica/colector-solar-termico/colector-solar-concentracion> (accessed Mar. 20, 2023).
- [38] Ministerio de energía y minas, “Ministerio de Energía y Minas – Ecuador,” Mar. 21, 2023. <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/> (accessed Mar. 20, 2023).
- [39] Centrosur, “CALCULAR CONSUMO – Centrosur,” Jun. 12, 2022. <https://www.centrosur.gob.ec/calcular-consumo/> (accessed Mar. 20, 2023).
- [40] Ministerio de Energía y Minas, “Las tarifas de energía eléctrica no se incrementarán en el 2022 – Ministerio de Energía y Minas,” May 10, 2022.

<https://www.recursoyenergia.gob.ec/las-tarifas-de-energia-electrica-no-se-incrementaran-en-el-2022/> (accessed Mar. 20, 2023).

Anexo 1: Esquema de un sistema termo solar



Anexo 2: Configuración Sistema termo solar

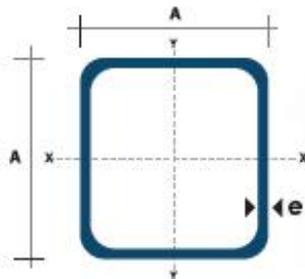
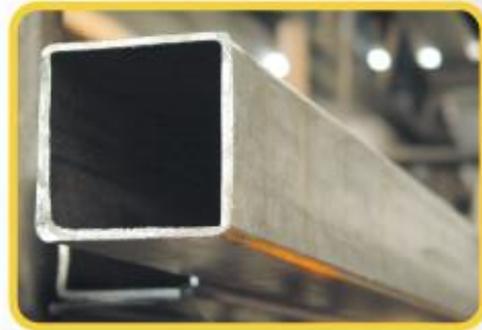


Anexo 3: Tubo cuadrado

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1.20mm a 5.00mm



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

www.dipacmanta.com

Anexo 4: Carta Aval Organización La Choza



www.lachoza.org

Ibarra, 09 de marzo de 2023.

Señores.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO UTA

De nuestra mayor consideración:

Por la presente notificamos a ustedes que Corporación "La Choza" avala la ejecución del proyecto "ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA TERMOSOLAR HÍBRIDO DE CONCENTRADOR PARABÓLICO COMPUESTO PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA EN VIVIENDAS DE ZONAS RURALES" elaborado por el Ing. Juan Sebastián Romero Proaño, para que sea implementado en la Comunidad La Rinconada perteneciente a la parroquia rural de Angochagua de la provincia de Imbabura. Teniendo a la vista el proyecto, declaramos conocer y aceptar los términos previstos para su ejecución, estando conformes con todas las actividades que se prevean realizar con nuestro aporte y recursos establecidos en el proyecto.

Sin otro particular, saludamos a ustedes.

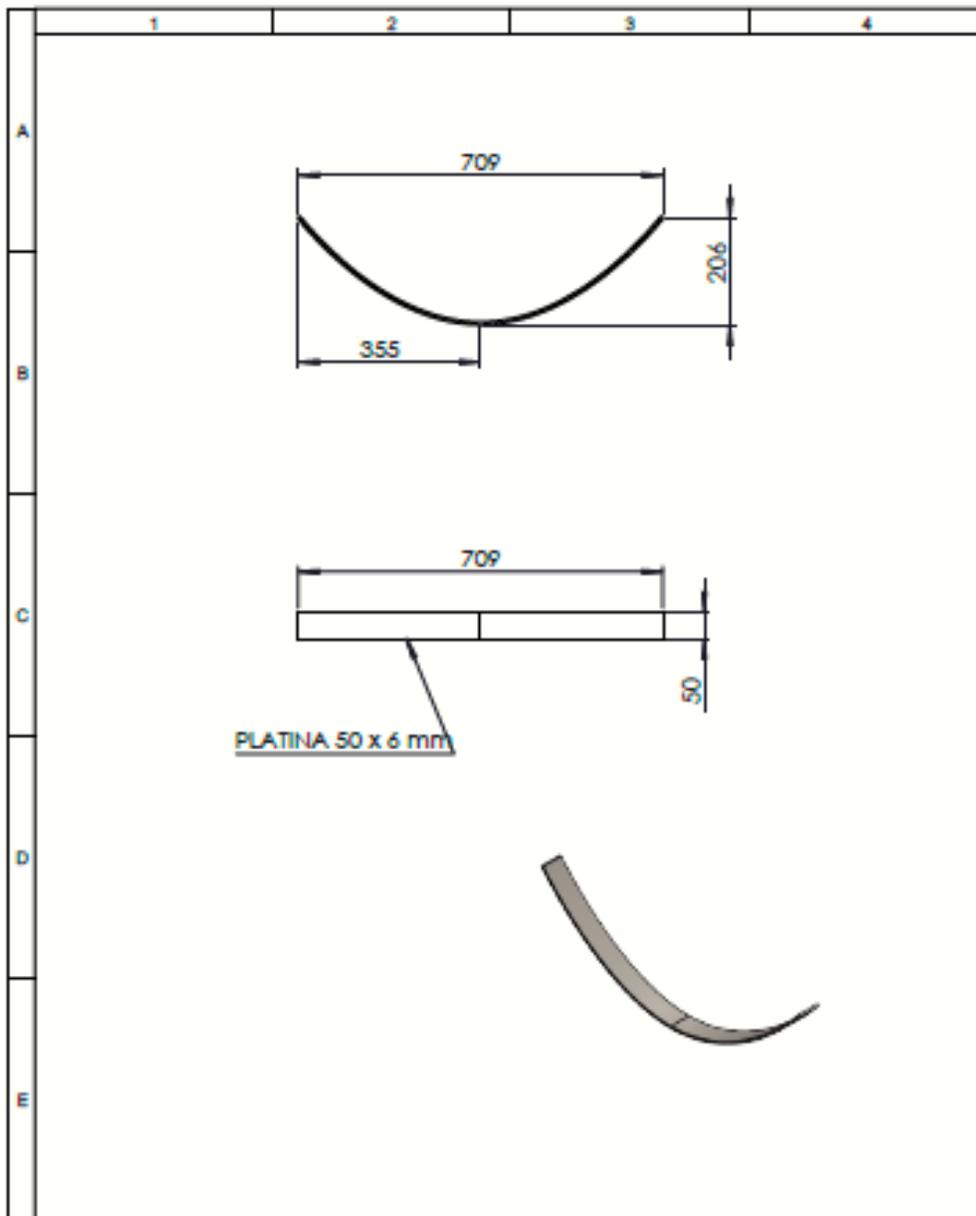
Atentamente;

MGs. Rolando Cangas

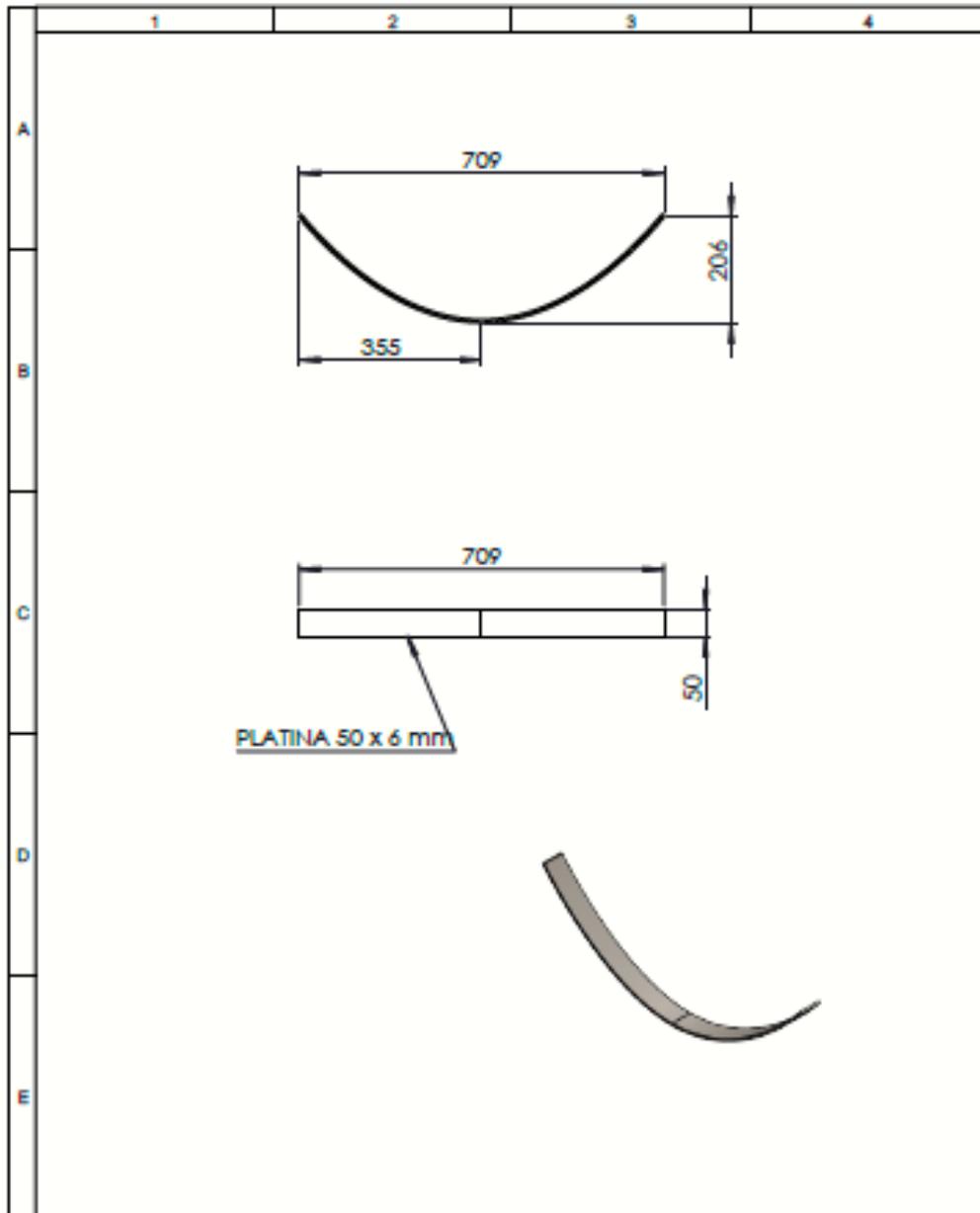
Director Coordinador Grupo Social La Choza & Corporación.

www.lachoza.org

lachozaibarra@gmail.com cangasrolando29@gmail.com 0986460990 Ibarra-Ecuador



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	- Kg	Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 04/05/23	Ing. Romero, J.	SOPORTE	1:10
				Revisó: 04/05/23	Ing. Pascoe, M.		
				Aprobó: 04/05/23	Ing. Pascoe, M.		
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 2 de 3	
						(Sustitución)	
Modificación	Fecha	Nombre					



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,1	- Kg	Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujo: 04/05/20	Ing. Romero, J.		
				Revisó: 04/05/20	Ing. Peucor, M.		
				Aprobó: 04/05/20	Ing. Peucor, M.	SOPORTE	1:10
				UTA			
				Ing. Mecánica		(Sustitución)	
Modificación	Fecha	Nombre					