



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

**PROYECTO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“ANÁLISIS DE UN SISTEMA ENERGÉTICO ALTERNATIVO PARA EL
CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA EN LA COMPAÑÍA DE
ECONOMÍA MIXTA HOTELERA Y TURÍSTICA AMBATO.”**

Autores: Luis Alberto Gamboa Vargas

Sebastián Raúl Gavilanes Martínez

Tutor: Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Febrero - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor de Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “ANÁLISIS DE UN SISTEMA ENERGÉTICO ALTERNATIVO PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA EN LA COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA HOTELERA Y TURÍSTICA AMBATO.”, elaborado por los señores: Luis Alberto Gamboa Vargas, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804451340 y Sebastián Raúl Gavilanes Martínez, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804048864, estudiantes de la Carrera de Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el trabajo experimental es original de sus autores
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad

Ambato, febrero 2024



Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.

TUTOR

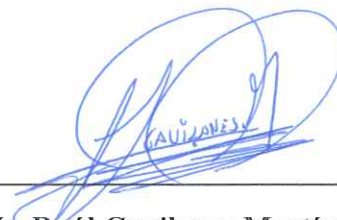
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Luis Alberto Gamboa Vargas**, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1804451340, y **Sebastián Raúl Gavilanes Martínez**, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1804048864, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema: “**ANÁLISIS DE UN SISTEMA ENERGÉTICO ALTERNATIVO PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA EN LA COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA HOTELERA Y TURÍSTICA AMBATO**”, así como también los gráficos, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del proyecto, a excepción de las referencias citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2024



Luis Alberto Gamboa Vargas
C.I. 1804451340
AUTOR



Sebastián Raúl Gavilanes Martínez
C.I. 1804048864
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los Derechos en línea primordial de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, febrero 2024



Luis Alberto Gamboa Vargas
C.I. 1804451340
AUTOR



Sebastián Raúl Gavilanes Martínez
C.I. 1804048864
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por los estudiantes Luis Alberto Gamboa Vargas y Sebastián Raúl Gavilanes Martínez de la Carrera de Mecánica, bajo el tema: **“ANÁLISIS DE UN SISTEMA ENERGÉTICO ALTERNATIVO PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA EN LA COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA HOTELERA Y TURÍSTICA AMBATO”**

Ambato, febrero 2024



Ing. Santiago Paul Cabrera Anda Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. José Luis Yunapanta Velasteguí MSc.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mi padre Luis Gamboa Orozco y a mi madre Carlita Vargas, cuyo amor y apoyo incondicional han sido la base sobre la que se construyó este logro. Su fe en mí y sus sacrificios han sido mi motivación para seguir adelante. A mi hermana Sabina, que siempre ha estado a mi lado, compartiendo risas, y cuya fortaleza me ha inspirado a superar todos los obstáculos. A Carolina, cuya presencia en mi vida ha sido una fuente constante de alegría y motivación. Tu apoyo a sido un faro durante los momentos más desafiantes de este viaje, y a mis amigos, Jordi, Sebas, Rafa, Jorge, Aldo y Georgi que han enriquecido este viaje con su compañía y camaradería. Cada uno de ustedes ha contribuido a esta etapa de mi vida de una manera única e invaluable.

Esta tesis no es solo el producto de mi trabajo, sino también el reflejo de todas las personas que han hecho de mi vida lo que es hoy. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Luis Alberto Gamboa Vargas

El presente trabajo lo dedico a mis padres: Raúl Gavilanes y Yesenia Martínez, siendo los pilares fundamentales en mi vida, su ejemplo de trabajo, ingenio, fortaleza y confianza depositada en mi me impulsa a ser mejor cada día, a mi hermano Emilio Gavilanes que a pesar de ser muy diferentes no podría tener mejor amigo y compañero de experiencias, a mi abuela Teresa Torres que su luz y bondad guían mi camino, a mi abuelo Segundo Gavilanes que la perseverancia es fundamental para la vida, a mis padrinos que se sienten orgullosos de mi como si fuera su hijo, dedico a mi novia Lisette Amores la mujer que me da la alegría para vivir, es mi motivación, su amor y aliento me han guiado a superar pruebas difíciles, a su padre y madre: Jorge Amores y Mélida Álvarez cuyas palabras de aliento viven presentes en mí y a mi mascota Dulce María por enseñarme que es dar amor incondicional. Por último, pero no menos importante a mis amigos que me han acompañado en cada etapa de mi vida siendo: mis amigos de la infancia: Mateo y David, mis amigos del barrio: Cristian, Sebas y Nico, mis amigos del colegio y scouts: José Luis, Ariel, Carlos, Kevin y Mauricio, mis amigos de la carrera: Luis, Jordi, Rafa, Oscar, Jorge, Aldo y Alex, gracias totales.

Sebastián Raúl Gavilanes Martínez

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento por su invaluable apoyo y orientación. Padres, su amor y dedicación han sido la piedra angular de mi desarrollo. A nuestro tutor Jorge López, su sabiduría y paciencia han sido esenciales en mi trayectoria académica. A la Universidad Técnica de Ambato, su ambiente de aprendizaje y oportunidades han sido fundamentales para mi crecimiento. Cada uno de ustedes ha jugado un papel crucial en mi viaje y por eso, les extiendo mi más profundo agradecimiento.

Luis Alberto Gamboa Vargas

En primer lugar, agradezco a Dios, porque sin su ayuda, sabiduría y fortaleza nada sería posible, agradezco a mi País, me siento muy orgulloso ser ecuatoriano y forjarme en la hermosa ciudad de Ambato, a mi familia, puesto que sin su apoyo no sería nada, ellos me han convertido en el hombre que soy, siendo los guías que me ayudan a mejorar cada día, agradezco a mis seres queridos que aunque no se encuentran conmigo, llevo sus consejos y pensamientos siempre en mi corazón y por último pero no menos importante agradezco a mi novia y a su familia que me han acompañado y contribuido en mi crecimiento personal.

Sebastián Raúl Gavilanes Martínez

ÍNDICE GENERAL CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL CONTENIDO	viii
RESUMEN EJECUTIVO	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPITULO I	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	1
1.1.1. JUSTIFICACIÓN	3
1.1.2. FUNDAMENTO TEÓRICO	9
1.1.2.1.1. ENERGÍA	9
1.1.2.2. FUENTES DE GENERACIÓN ENERGÉTICAS	10
1.1.2.3. ENERGÍA TÉRMICA	13
1.1.2.4. TERMODINÁMICA.....	14
1.1.2.5. TRANSFERENCIA DE CALOR	14
1.1.2.6. HUELLA DE CARBONO	15
1.1.2.7. ENERGÍA RENOVABLE	16
1.1.2.8. RADIACIÓN SOLAR	16
1.1.2.9. RADIACIÓN DIRECTA.....	17
1.1.2.10. RADIACIÓN DIFUSA.....	18
1.1.2.11. RADIACIÓN REFLEJADA	18
1.1.2.12. COLECTOR SOLAR.....	19
1.1.2.13. VENTAJAS Y DESVENTAJAS	20

1.1.2.14.	RADIACIÓN SOLAR EN AMBATO.....	20
1.1.2.15.	GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) EN EL ECUADOR	22
1.2.	OBJETIVOS.....	24
1.2.1.	OBJETIVO GENERAL	24
1.2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
CAPÍTULO II	25
1.4.	MÉTODOS Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE CALENTAMIENTO	25
2.	MATERIALES Y RECURSOS.....	26
2.1.	ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA NEC-HS-ER	28
2.2.	ANÁLISIS DE CONDICIONES DE ENERGÍA SOLAR EN EL SITIO Y SUPERFICIES ..	29
2.3.	FICHAS TÉCNICAS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN Y CAPTACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA PARA LA OBTENCIÓN DE ACS EN EL HOTEL AMBATO.	38
2.4.	ANÁLISIS DE OCUPACIÓN Y DE CONSUMOS ENERGÉTICOS EN LAS INSTALACIONES DEL HOTEL AMBATO.....	45
2.5.	CONSUMO ENERGÉTICO EMPLEADO PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA EN LA COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA HOTELERA AMBATO.	57
2.6.	ALTERNATIVAS DE SISTEMAS PARA LA GENERACIÓN DE ACS	60
2.7.	MÉTODOS	66
2.8.	MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN	66
2.9.	PROCEDIMIENTO.....	67
CAPÍTULO III	69
3.	ANÁLISIS DE DEMANDAS ENERGÉTICAS DEL HOTEL AMBATO.....	69
3.1.	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA GENERACIÓN DE ACS	86
3.2.	COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS PLANTEADAS	101
3.3.	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	104
CAPÍTULO IV	108
4.1.	CONCLUSIONES	108
4.2.	RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFÍA	110
ANEXOS	125

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. GRÁFICA MUNDIAL DE EMISIÓN DE CO2 [5].	2
FIGURA 2 . OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE [33].	7
FIGURA 3. PLANO INCLINADO DE TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR [112].	19
FIGURA 4. INSOLACIÓN ECUADOR ANUAL PROMEDIO [122].	22
FIGURA 5. SEGMENTOS DE MERCADO DE GLP EN ECUADOR [127]. ...	23
FIGURA 6. COORDENADAS GOOGLE MAPS HOTEL AMBATO [140].	29
FIGURA 7. PROMEDIO DE RADIACIÓN MENSUAL RETSCREEN EXPERT [141].	30
FIGURA 8. ÁNGULO CENITAL Y PUESTA SOL RESPECTO A LA NORMAL DEL PLANO HORIZONTAL [147].	32
FIGURA 9. PROMEDIO MENSUAL DE RADIACIÓN RETSCREEN EXPERT	35
FIGURA 10. OCUPACIÓN ANUAL-MENSUALIZADO	46
FIGURA 11. CONSUMO GLP/MESES	48
FIGURA 12. CONSUMO GLP (USD)/MESES HOTEL AMBATO	49
FIGURA 13. CONSUMO GLP TOTAL ANUAL-MENSUALIZADO.	49
FIGURA 14. CONSUMO ELÉCTRICO (KWH)/MESES	51
FIGURA 15. CONSUMO ELÉCTRICO (USD)/MESES	51
FIGURA 16. CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL-MENSUALIZADO.	52
FIGURA 17. CONSUMO DE AGUA(M3) /MESES	53
FIGURA 18. CONSUMO AGUA POTABLE HOTEL AMBATO.	54
FIGURA 19. CONSUMO AGUA ANUAL-MENSUALIZADO	54
FIGURA 20. RADIACIÓN SOLAR MENSUAL	55
FIGURA 21. TEMPERATURA AMBIENTE MENSUAL	55

FIGURA 22. VARIACIÓN PRECIO GLP EN ECUADOR.....	57
FIGURA 23. DISTRIBUCION PORCENTUAL- CONSUMO GLP.....	59
FIGURA 24. CONSUMO GLP ANUAL-MENSUALIZADO PARA ACS.	59
FIGURA 25. CALDERA DE GAS DE CONDENSACIÓN [172].	62
FIGURA 26. BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA [174].	64
FIGURA 27. FLUJOGRAMA VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	68
FIGURA 28. COMPARATIVA CONSUMO NEC/ CONSUMO REAL.....	71
FIGURA 29. COMPARATIVA COLECTORES SOLARES.....	72
FIGURA 30. CAPTURA RETSCREEN [151].	75
FIGURA 31. CATALOGO BOMBAS DE CALOR INDUSTEK.	98
FIGURA 32. COMPARATIVA COSTOS OPERATIVOS	107

ÍNDICE DE ECUACIONES

EC.1	29
EC.2	30
EC.3	31
EC.4	32
EC.5	33
EC.6	33
EC.7	34
EC.8	35
EC.9	36
EC.10	37
EC.11	37
EC.12	38
EC.13	38
EC.15	69
EC.17	72
EC.18	72
EC.19	73
EC.20	74
EC. 21	77
EC.22	78
EC.23	78
EC.24	78
EC.25	79
EC.26	80
EC.27	81

EC.28	81
EC.29	82
EC.30	82
EC.31	83
EC.32	84
EC.33	85
EC.34	85
EC.35	89
EC.36	90
EC.37	92
EC.38	92
EC.40	93
EC.41	94
EC.42	94

ÍNDICE TABLAS

TABLA 1. RECURSOS MATERIALES	27
TABLA 2. CRITERIO DE DEMANDA DE ACS SEGÚN NEC [138].....	28
TABLA 3. DOSSIER COLECTORES SOLARES DE TUBOS AL VACÍO.....	39
TABLA 4. DOSSIER TANQUE ACUMULADOR.	40
TABLA 5. DOSSIER TANQUE ACUMULADOR.	41
TABLA 6. DOSSIER BOMBA CENTRÍFUGA 1HP.....	42
TABLA 7. DOSSIER BOMBA CENTRÍFUGA 245W.	42
TABLA 8. DOSSIER BOMBA CENTRÍFUGA 2HP.....	43
TABLA 9. DOSSIER BOMBA CENTRÍFUGA 0.5HP.....	43
TABLA 10. DOSSIER BOMBA CENTRÍFUGA VERTICAL.	44
TABLA 11. DOSSIER CALEFONES.....	45
TABLA 12. OCUPACIÓN PORCENTUAL HOTEL AMBATO.....	46
TABLA 13. CONSUMO PROMEDIO GLP	48
TABLA 14. CONSUMO ELÉCTRICO	50
TABLA 15. CONSUMO DE AGUA PROMEDIO	53
TABLA 16. VARIACIÓN CONSUMO/PRECIO GLP HOTEL AMBATO	56
TABLA 17. DATOS CONSUMO GLP FEBRERO 2023.....	58
TABLA 18. CONSUMO GLP TOTAL FEBRERO 2023	58
TABLA 19. COMPARATIVA DE RENDIMIENTO ENTRE LOS TIPOS DE CALDERA[169].	60
TABLA 20. CARACTERÍSTICAS CALEFÓN A CONDENSACIÓN.....	63
TABLA 21. CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES BOMBA DE CALOR	65
TABLA 22. CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL.....	75
TABLA 23. CONSUMO MENSUALIZADO RADIACIÓN SOLAR.....	76

TABLA 24. IRRADIACIÓN DIARIA PARA LAS REGIONES DEL ECUADOR [177].	76
TABLA 25. CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA PARA OBTENER ACS	77
TABLA 26. CONSUMO MENSUALIZADO TEMPERATURA AMBIENTE.	84
TABLA 27. COMPARATIVA MENSUALIZADA DE ENERGÍA ÚTIL.	85
TABLA 28. PORCENTAJE DE TRABAJO SISTEMAS OPERATIVOS PARA GENERAR ACS.	86
TABLA 29. DATOS GENERALES SISTEMAS AUXILIARES.	87
TABLA 30. APORTACIÓN ENERGÉTICA PORCENTUAL	88
TABLA 31. CÁLCULO OPERATIVO DE CALDERA DE GAS DE CONDENSACIÓN.	90
TABLA 32. CÁLCULO OPERATIVO DE CALEFÓN	91
TABLA 33. CÁLCULO OPERATIVO ECONÓMICO	92
TABLA 34. CÁLCULO OPERATIVO DE BOMBA DE CALOR AL 43%	95
TABLA 35. CÁLCULO OPERATIVO DE BOMBA DE CALOR AL 70%	97
TABLA 36. CÁLCULO OPERATIVO DE BOMBA DE CALOR AL 100% .	100
TABLA 37. APORTE ENERGÉTICO DE LOS SISTEMAS AUXILIARES.	100
TABLA 38. SISTEMA ACTUAL PARA LA GENERACIÓN DE ACS.	101
TABLA 39. PROPUESTA 1 PARA GENERAR ACS.	102
TABLA 40. PROPUESTA 2 PARA GENERAR ACS.	103
TABLA 41. PROPUESTA 3 PARA GENERAR ACS.	103
TABLA 42. COMPARACIÓN DE EMISIONES GEI/COSTO OPERATIVO EN SISTEMA ACTUAL Y PROPUESTA 1	105
TABLA 43. COMPARACIÓN DE EMISIONES GEI/COSTO OPERATIVO EN SISTEMA ACTUAL Y PROPUESTA 2	106
TABLA 44. COMPARACIÓN DE EMISIONES GEI/COSTO OPERATIVO EN SISTEMA ACTUAL Y PROPUESTA 3	106

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo experimental se centra en mitigar la emisión de gases de efecto invernadero, provenientes de la quema de Gas Licuado de Petróleo, a la par funciona un Sistema Solar Térmico (SST) que está cerca de cumplir su vida útil, puesto que su instalación data del 2013, por lo que es oportuno el planteamiento de nuevas alternativas que reduzcan el impacto ambiental y abastezcan la demanda energética de 59.533,43 (kWh/año).

Para el calentamiento de agua sanitaria se calculó el porcentaje operacional, el sistema principal es (SST) mismo que cubre el 57 por ciento y el sistema auxiliar comprende el uso de 4 calefones que cubren el 43 por ciento, en este sentido, se realizó el levantamiento de datos históricos durante el periodo (2018-2023), debido a que la demanda hotelera resultó afectada directamente por la pandemia del COVID-19, los datos obtenidos fueron indispensables para plantear la situación real del hotel y como consecuencia se realizó el estudio de las diferentes alternativas de generación térmica para Agua Caliente Sanitaria (ACS).

Para mitigar el consumo de (GLP) se establecieron diferentes alternativas que cubrirán la demanda energética, las cuales son: Colectores Solares Térmicos, Calderas de Gas de Condensación y Bomba de Calor. En base a diferentes configuraciones, se determinó que la opción más viable es el Sistema Mixto entre Bombas de Calor y Colectores Solares Térmicos, debido a que cumplen con la demanda energética previamente establecida y a su vez su costo operativo es menor en comparación a las otras propuestas.

Palabras Clave: ACS, SST, Demanda Energética, Fracción Solar, Eficiencia Energética.

ABSTRACT

The experimental work is focused on mitigating the emission of greenhouse gases from the burning of Liquefied Petroleum Gas, while operating a Solar Thermal System (SST) that is nearing its useful life, since its installation dates back to 2013, so it is appropriate to consider new alternatives to reduce the environmental impact and supply the energy demand of 59,533.43 (kWh/year).

For sanitary water heating, the operational percentage was calculated, the main system is (SST) same that covers 57 percent and the auxiliary system comprises the use of 4 heaters that cover 43 percent, in this sense, the historical data survey was performed during the period (2018-2023), because the hotel demand was directly affected by the pandemic of COVID-19, the data obtained were essential to raise the real situation of the hotel and as a result the study of the different alternatives of thermal generation for Sanitary Hot Water (SHW) was carried out.

In order to mitigate the consumption of LPG, different alternatives were established to cover the energy demand: Solar Thermal Collectors, Condensing Gas Boilers and Heat Pump. Based on different configurations, it was determined that the most viable option is the Mixed System between Heat Pumps and Solar Thermal Collectors, because it meets the previously established energy demand and at the same time its operating cost is lower compared to the other proposals.

Key words: SHW, SST, Energy Demand, Solar Fraction, Energy Efficiency.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

TEMA

ANÁLISIS DE UN SISTEMA ENERGÉTICO ALTERNATIVO PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA EN LA COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA HOTELERA Y TURÍSTICA AMBATO.

1.1. Antecedentes Investigativos

Los calentadores solares de agua se han popularizado en todo el mundo como una alternativa económica y sostenible a los sistemas de calentamiento de agua convencionales. Los equipos utilizan energía solar para producir calor y agua caliente, disminuyendo así la necesidad de utilizar combustibles fósiles y al mismo tiempo disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero [1].

La quema de combustibles fósiles ha aumentado significativamente las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en todo el mundo. Según datos estadísticos, esta actividad libera alrededor de 36 mil millones de toneladas métricas de CO₂ al año. La generación de energía, el transporte, la industria y la agricultura son los principales contribuyentes de estas emisiones [2].

En términos técnicos, la intensidad de carbono es un método para determinar la cantidad de CO₂ emitida por cada unidad de energía producida o consumida. Además, se calcula que la quema de carbón es responsable de alrededor del 40% de las emisiones globales de CO₂, seguida del petróleo y el gas natural [3].

En Ecuador, la combustión de combustibles fósiles ha provocado un aumento significativo en las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en los últimos diez años. Según los datos recopilados que se muestran en la figura 1, se estima que en promedio se emiten alrededor de 50 millones de toneladas métricas de CO₂ por año en el país [4].

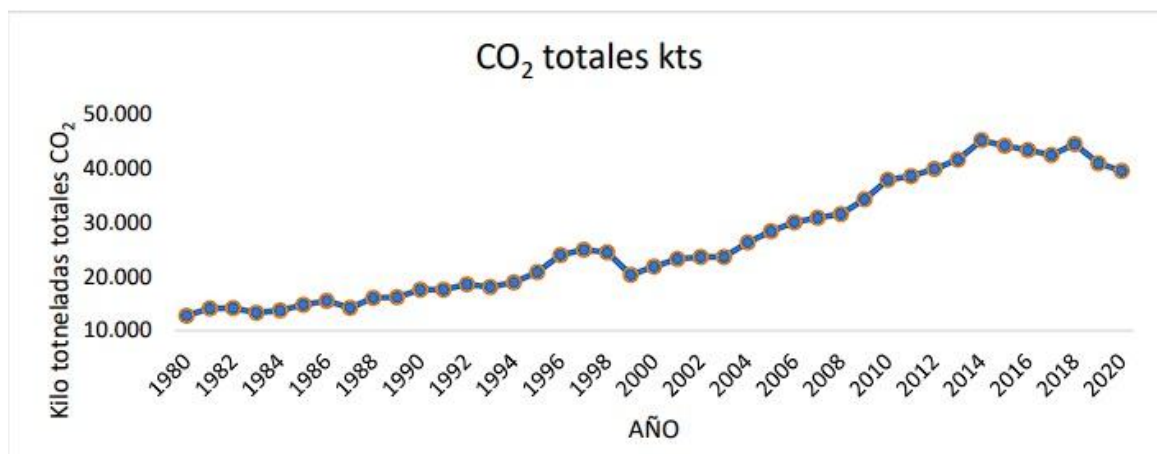


Figura 1. Gráfica Mundial de Emisión de CO2 [5].

Estos datos demuestran la relevancia de abordar el problema de las emisiones de CO₂ en Ecuador. Es necesario fomentar el uso de fuentes de energía renovables, implementar políticas de eficiencia energética y fomentar la adopción de tecnologías limpias en los sectores clave para disminuir estas emisiones. Además, es fundamental aumentar la conciencia ambiental y fomentar la adopción de prácticas sostenibles en la sociedad ecuatoriana [6].

El uso de calentadores solares de agua se presenta como una solución sostenible y rentable para cubrir las necesidades de agua caliente sanitaria en todo el mundo. Esto ayudará a combatir el cambio climático y avanzar hacia una economía baja en carbono. No obstante, es crucial tener en cuenta que la puesta en marcha de estos sistemas requiere de una planificación, instalación y mantenimiento adecuados, lo que implica la contratación de especialistas especializados en el tema [7].

En Ecuador, el uso de calentadores solares de agua ha ganado mucha popularidad en los últimos años, desde la década de 1970, debido a la crisis energética mundial en ese momento. Esto se debe a la creciente conciencia sobre la necesidad de adoptar tecnologías más sostenibles y amigables con el medio ambiente[8]. Estos dispositivos producen calor y agua caliente sanitaria utilizando energía solar, lo que reduce significativamente la dependencia de combustibles fósiles y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero [9].

Los componentes técnicos específicos de los calentadores solares de agua, como el colector solar y el tanque de almacenamiento, permiten una captación y almacenamiento adecuados de la energía solar. Estos sistemas pueden utilizarse tanto

en hogares como en instituciones como hospitales, escuelas y hoteles, lo que los convierte en una alternativa viable y económica para cubrir las necesidades de agua caliente sanitaria en una variedad de contextos. Además, pueden adaptarse a diferentes condiciones climáticas y geográficas [10].

1.1.1. Justificación

Actualmente, la preocupación por los efectos perjudiciales que la dependencia de los combustibles fósiles tiene en el medio ambiente y en el cambio climático está aumentando. La contaminación atmosférica y el calentamiento global son problemas urgentes que requieren soluciones sostenibles. El análisis de un sistema energético alternativo para el calentamiento de agua sanitaria fomenta el uso de fuentes de energía renovables y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto podría ayudar a detener el calentamiento global y preservar el medio ambiente para las próximas generaciones [11].

Para reducir el impacto del efecto invernadero en el medio ambiente, es esencial utilizar fuentes de calor alternativas a las convencionales, como los calentadores que dependen de la combustión de queroseno o los calefones que utilizan gas licuado de petróleo, los cuales son peligrosos para el medio ambiente. La energía solar es una tecnología que ya es una realidad en países industrializados o del primer mundo, y es una de las principales fuentes de reducción de costos y daños al ecosistema. Aunque la inversión inicial es elevada, es importante considerar que los costos se compensen a largo plazo para asegurar una fuente de energía que no contamine el medio ambiente [12].

En la región de Sudamérica, muchos países dependen en gran medida de la matriz energética tradicional, que se basa en la quema de combustibles fósiles [13]. Las dificultades asociadas con esta dependencia incluyen la inestabilidad de los precios del petróleo y el gas, así como la susceptibilidad e interrupciones potenciales del suministro. El análisis de un sistema energético alternativo para el calentamiento de agua sanitaria puede fomentar la diversificación de la matriz energética de la región al fomentar el uso de fuentes de energía renovables como la energía solar o la energía eólica. Esto no solo disminuiría la dependencia de los combustibles fósiles, sino que

también mejoraría la seguridad energética y fomentaría el desarrollo sostenible en Sudamérica [14].

En Ecuador, se pueden obtener ventajas significativas al analizar un sistema energético alternativo para el calentamiento de agua potable. Ecuador cuenta con abundantes recursos naturales, incluyendo energía solar y geotérmica. La instalación de sistemas de calentamiento de agua sanitaria basados en energías renovables en hogares y edificios puede reducir la dependencia de los combustibles fósiles, reducir los costos de energía a largo plazo y contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Además, esto podría impulsar la creación de empleo en el sector de energías renovables y fortalecer la economía local [15].

El sol produce una gran cantidad de energía para la Tierra. La energía solar es esencial para mantener la vida en nuestro planeta. Sin embargo, una variedad de factores, incluida la ubicación geográfica, la hora del día y las estaciones del año, determinan cuánta energía solar llega a la Tierra [16]. Sin embargo, al estar cerca de la línea ecuatorial, Ecuador recibe una mayor cantidad de radiación solar que otras partes del mundo. El Ecuador se encuentra en una región donde los rayos solares inciden de manera más directa y perpendicular a la superficie terrestre, lo que explica esta situación [17].

Para construir un sistema solar térmico que no degrade al ecosistema y que sea amigable con el entorno, es esencial generar nuevas fuentes caloríficas como la energía termo solar [18]. Es necesario implementar fuentes caloríficas que provengan de la misma naturaleza para lograr esta sinergia con el ambiente y abastecer con el suministro de agua caliente sanitaria. Los rayos solares utilizan esta fuente de calor para producir calor [19].

En consideración de que la radiación no será la misma en toda la superficie del planeta, el sol es una fuente de energía no contaminante, disponible en diferentes medidas. Esto significa que se puede generar energía termo solar en un lugar específico sin necesidad de transportarla, lo que reduce los costos y las pérdidas de energía. Las fotografías emitidas por el sol tienen una estimación de 1361 [Wh/metro cuadrado] de radiación solar que se propaga en todas las direcciones a través del espacio [20]. Que serán aprovechadas para elevar la temperatura en el suministro de agua caliente sanitaria.

La ubicación geográfica y climática de Ecuador es ideal para el uso de esta energía, ya que cuenta con una gran cantidad de recursos renovables y tiene índices de radiación solar de aproximadamente 4,48 kilovatios por metro cuadrado al día [21]. Los calentadores solares de agua son ejemplos de sistemas termo solares que se consideran eficientes y amigables con el medio ambiente. Según los datos oficiales del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Tungurahua es una provincia con altos índices de radiación, lo que la convierte en un aliado para la implementación de sistemas térmicos enfocados en la obtención de energía solar de manera natural [22].

Como lo demuestra el análisis experimental de un sistema de calentamiento con tubos de vacío cambiando el ángulo de inclinación (β), el calentador solar no solo calienta agua sino también aire [23]. Debido a esto, la investigación sobre este tema es pertinente porque se utilizarán fuentes de energía ambiental actuales como alternativa a las que se utilizan con frecuencia y que tienen efectos perjudiciales para las personas que viven en este planeta [24].

Las estufas de gas, que han sido utilizadas por generaciones, liberan hasta 2,750 kg de CO₂ por cada metro cúbico (m³) de gas quemado. Esto equivale a aproximadamente 2,75 kg de CO₂ por cada 12,9 kg de GLP consumidos [25], aspectos que afectan negativamente al ecosistema. Además, tenemos el método de calentamiento de agua por resistencias eléctricas. Este método se ha utilizado desde hace varios años, pero al considerar la cantidad de energía necesaria para calentar el agua, el gasto económico ha aumentado significativamente [26].

Actualmente, hay dos tipos de sistemas de producción de agua caliente sanitaria que son los más utilizados, el instantáneo y el por acumulación. El sistema instantáneo calienta el agua cuando se requiere. Los calentadores de gas o eléctricos, así como las calderas mixtas, son los sistemas más utilizados. Este sistema evita el gasto de energía al no acumular agua, pero activarse cada vez que se necesita puede aumentar el costo [27]. Los intercambiadores son sistemas que requieren bombas en el circuito primario para hacer circular el agua de los colectores a los intercambiadores, y su diseño se basa en el momento de máxima demanda de la instalación [27]. El sistema de acumulación utiliza depósitos para mantener el agua caliente hasta que el usuario lo solicite. Es un sistema simple que calienta y almacena en un núcleo, generalmente de cerámica, y luego se distribuye a diferentes puntos de la instalación [28].

Se debe obtener una representación similar a la curva de eficiencia para determinar la eficiencia instantánea del colector solar y garantizar que funcione correctamente en una amplia gama de temperaturas de operación. Para lograrlo, debemos considerar la radiación incidente, la temperatura ambiente y la temperatura del agua de entrada [29].

La ODS 7 tiene como objetivo garantizar un acceso universal a una energía asequible, confiable, sostenible, no contaminante y moderna. Tecnologías basadas en colectores solares que utilizan la radiación solar para elevar la temperatura del agua en aplicaciones domésticas, comerciales e industriales [30].

La ingeniería de materiales y el diseño de sistemas han mejorado la eficiencia de estos colectores. Incluso en climas difíciles, los colectores de tubos de vacío utilizan el principio del aislamiento al vacío para reducir las pérdidas de calor y mantener altas temperaturas de funcionamiento. Estos avances tecnológicos han convertido a los colectores solares en una parte esencial de la estrategia global para aumentar el uso de energías renovables en la producción de agua caliente [31].

Además de su impacto positivo en el medio ambiente, que resulta en una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂), este proceso también proporciona beneficios económicos y sociales. La inversión inicial se compensa mediante la reducción de los gastos energéticos, en particular en áreas donde las tarifas son altas o hay incentivos fiscales para la energía solar. Además, el acceso a agua caliente más asequible y la creación de empleo en la industria de la energía solar mejoran la calidad de vida de las comunidades, contribuyendo a un desarrollo más sostenible [32].



Figura 2 . Objetivos de desarrollo sostenible [33].

La ODS 11 ha promovido la adopción de tecnologías de calentamiento solar de agua como una estrategia clave para lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean más inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles [34]. Estas tecnologías, que incluyen colectores solares de última generación como sistemas de placa plana y tubos de vacío, elevan la temperatura del agua para usos residenciales, comerciales e industriales en zonas urbanas [35].

La ingeniería de materiales y el diseño de sistemas han mejorado la eficiencia de estos colectores. Por ejemplo, los colectores de placa plana utilizan superficies recubiertas con materiales selectivos de alta absorción para maximizar la captación de radiación solar y transferir el calor al agua en circulación de manera eficiente [36]. Por el contrario, los colectores de tubos de vacío utilizan el principio del aislamiento al vacío para reducir las pérdidas de calor y mantener altas temperaturas de operación, incluso en condiciones climáticas difíciles. Estos avances tecnológicos han consolidado a los colectores solares como parte esencial de la estrategia global para aumentar el uso de energías renovables para la producción de agua caliente en las ciudades [37].

El calentamiento solar de agua no solo tiene un impacto ambiental favorable, ya que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en las zonas urbanas, sino que también brinda beneficios económicos y sociales a las comunidades urbanas. La inversión inicial se ahorra a través de la reducción de costos energéticos, y la creación de empleo en la industria de la energía solar ayuda a desarrollar las ciudades de manera sostenible, mejorando así la calidad de vida en las áreas urbanas [38].

La ODS 13 se enfoca en tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. La adopción de tecnologías de calentamiento de agua basadas en energía solar es una parte importante de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero [39]. Estas tecnologías, que incluyen colectores solares preferidos como sistemas de placa plana y tubos de vacío, elevan la temperatura del agua utilizada en aplicaciones domésticas, comerciales e industriales [40].

Los avances en la ingeniería de materiales y el diseño de sistemas han mejorado significativamente la eficiencia de estos colectores. Por ejemplo, los colectores de placa plana utilizan superficies recubiertas con materiales selectivos de alta absorción para maximizar la captación de radiación solar y transferir el calor al agua en circulación de manera eficiente [41]. Por el contrario, los colectores de tubos de vacío utilizan el principio de aislamiento al vacío para reducir las pérdidas de calor y mantener altas temperaturas de funcionamiento incluso en condiciones climáticas difíciles. Después de estos avances tecnológicos, los colectores solares se han convertido en una parte importante de la estrategia global para reducir las emisiones de CO₂ y enfrentar el cambio climático [42].

El calentamiento solar de agua no solo tiene efectos positivos en el medio ambiente, sino que también tiene beneficios económicos y sociales. La inversión inicial se recupera mediante la reducción de los gastos energéticos, y la generación de empleos en el sector de la energía solar fomenta el desarrollo económico [43]. Es fundamental fomentar estas tecnologías en el marco de la ODS 13 para afrontar los desafíos del cambio climático y avanzar hacia un futuro más sostenible [44].

En términos sociales, el desarrollo de un sistema energético alternativo para el calentamiento de agua sanitaria en la Compañía De Economía Mixta Hotelera y Turística Ambato permitirá abastecer diferentes áreas y brindar agua caliente para los huéspedes. Esto permitirá reemplazar el uso del gas licuado de petróleo como principal fuente energética para el calentamiento de agua sanitaria [45].

La investigación actual se basa en el diseño de un sistema de ACS basado en energía solar térmica para implementar en el Hotel Ambato, ubicado en la zona turística del centro de la ciudad de Ambato. El objetivo de este estudio es aprovechar los recursos solares de la región y apoyar las iniciativas ambientales que buscan reducir el uso de

sistemas de calentamiento de agua convencionales. Como resultado, se ha descubierto la necesidad e importancia de llevar a cabo la investigación actual. Además, será beneficioso para los autores al aplicar y desarrollar los conocimientos adquiridos durante el proceso formativo en la carrera de Mecánica.

1.1.2. Fundamento Teórico

1.1.2.1.1. Energía

A lo largo de los años se han desarrollado y mejorado varias definiciones de lo que se conoce como energía, pero en sus inicios siempre se definió como "la capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo", este concepto se considera incorrecto en la actualidad y aquí están las principales razones [46].

La primera razón proviene de los estudios termodinámicos sobre la energía, que consideran el trabajo y el calor como formas de transmisión de energía, lo que da como resultado la idea de trabajo como "energía en tránsito". Combinando estas definiciones, obtenemos que la energía es "su capacidad de transmitirse", lo que lo hace muy general y lo hace inútil [47].

La segunda razón se centra en que todos los cuerpos y sistemas tienen energía, aunque no sea suficiente para generar trabajo o perder su capacidad de transmitir; esto se debe a la degradación y al aumento de la entropía "magnitud termodinámica que indica el grado de desorden molecular de un sistema" [48]. Aunque hay muchos factores que afectan la comprensión de un concepto tan sencillo como el de energía, los estudios actuales ofrecen diversas perspectivas pertinentes, por lo que se llegaron a conclusiones sobre este tema y enfatizaremos su importancia [49].

En las ciencias físicas y en el habla popular, el término "energía" se usa de manera muy diferente. En el habla popular, el término energía no está relacionado con una magnitud específica, pero en las ciencias sí. El término "energía" tiene dos significados: puede referirse a un tipo específico de energía, como la energía cinética o magnética, o puede referirse a la fuente o almacén de los diferentes tipos de energía, como la energía eólica o solar [50]. En las ciencias físicas, sin embargo, hablar de "energía" a secas es sin sentido porque no es una magnitud medible ni tiene una definición definitiva. Por lo tanto, es crucial ser extremadamente cuidadoso al

examinar la introducción de supuestas definiciones modernas de magnitudes físicas porque pueden ser falsas científicamente [51].

La capacidad de un sistema para realizar trabajo, lo cual implica la capacidad de producir cambios en el medio ambiente, se conoce como energía. Esta habilidad puede manifestarse en una variedad de formas, incluida la energía térmica, la energía cinética, la energía potencial, la energía eléctrica, la energía química y la energía nuclear [52]. El concepto aparente y estrechamente relacionado es la conservación de la energía, un principio fundamental de la física que establece que la energía total de un sistema aislado permanece constante a lo largo del tiempo. En otras palabras, la energía no se crea ni se destruye; simplemente se transforma [53].

La energía es un concepto clave en la física y la tecnología que tiene efectos significativos en la economía, la sociedad y el medio ambiente. La comprensión y el uso eficiente de la energía son esenciales para la sostenibilidad y la prosperidad a largo plazo de la humanidad. Por lo tanto, los Objetivos de Desarrollo Sostenible se enfocan principalmente en la energía asequible y no contaminante. Esto será muy útil al revisar las políticas que se toman organizaciones multinacionales como la ONU [54].

1.1.2.2. Fuentes de generación energéticas

A. Diesel

En ingeniería térmica, el uso del Diesel es crucial para producir energía calorífica. La capacidad de convertir la energía química en calor a través de la combustión controlada en motores o generadores es lo que destaca esta modalidad [55].

Debido a su amplia disponibilidad y a su relativa estabilidad en precios, el Diesel presenta ventajas desde un punto de vista económico. Pero es importante tener en cuenta su eficiencia térmica real, que ronda el 40% en aplicaciones convencionales. Factores como la eficiencia de combustión y la disipación de calor limitan la máxima eficiencia posible con Diesel, considerando las pérdidas inherentes. Las pérdidas, como la dispersión del calor en la combustión, reducen la eficiencia efectiva de la generación de calor [56].

La ingeniería térmica está constantemente trabajando para mejorar las tecnologías actuales. Al evaluar el Diesel para la generación de calor, es importante tomar en cuenta tanto la eficiencia como los costos, trabajando en la reducción de pérdidas para maximizar el rendimiento real del sistema. El objetivo es maximizar la eficiencia del

proceso en general, reduciendo las pérdidas de combustión y maximizando la eficiencia en la generación de energía térmica [57].

B. Eléctrico

En ingeniería térmica, el uso de electricidad para producir energía térmica es un enfoque crucial. La capacidad de esta modalidad para convertir energía eléctrica en calor a través de resistencias eléctricas es lo que la distingue [58].

La electricidad tiene ventajas económicas debido a su amplia disponibilidad en la red eléctrica, aunque puede costar más en comparación con otras opciones. Considerando las pérdidas inherentes, la eficiencia máxima real de la conversión de electricidad a calor es inferior al 100%. Las pérdidas afectan la eficiencia práctica del sistema, principalmente a través de la resistencia eléctrica y los procesos de transformación de energía [59].

La ingeniería térmica siempre busca optimizar las tecnologías actuales. Al considerar la generación de calor eléctrico, es esencial evaluar su eficiencia y costos, enfocándose en reducir las pérdidas para maximizar el rendimiento térmico real del sistema. El objetivo es reducir las pérdidas asociadas con los procesos de transformación mientras se mejora la eficiencia global de la conversión de electricidad a calor [60].

C. Gas (GLP)

Un enfoque importante en ingeniería térmica es el uso de Gas Licuado de Petróleo (GLP) para producir energía calorífica. Este recurso se destaca por su capacidad para producir calor mediante combustión controlada [61].

El GLP tiene ventajas económicas porque es más fácil de usar y tiene un costo inicial bajo en comparación con otras opciones. Sin embargo, es importante tener en cuenta su verdadera eficiencia térmica, que suele ser del 90 %. Muchos factores, incluida la eficiencia de combustión y la transferencia de calor, pueden hacer que la eficiencia máxima alcanzable con GLP, incluidas las pérdidas, disminuya. Las pérdidas inherentes, como la dispersión de calor durante el proceso de combustión, reducen la eficiencia efectiva de generación de calor [62].

La ingeniería térmica busca mejorar continuamente las tecnologías actuales. Al evaluar el GLP para la generación de calor, es esencial sopesar tanto la eficiencia como los costos para maximizar el rendimiento real, reduciendo las pérdidas. El objetivo es maximizar la eficiencia del sistema en su conjunto, reduciendo las pérdidas de combustión y maximizando la eficacia en la producción de energía térmica [63].

D. Bombas de calor

Un enfoque importante en ingeniería térmica es el uso de bombas de calor para generar energía térmica. Estas bombas generan calor utilizando las variaciones de temperatura para transferir calor de un lugar a otro a través de un ciclo termodinámico [64].

Desde un punto de vista económico, las bombas de calor son beneficiosas porque pueden transferir calor de fuentes naturales como el aire, el agua o la tierra, lo que reduce significativamente el consumo de energía. Sin embargo, es importante tener en cuenta la eficiencia térmica real de estas bombas, que varía entre el 300% y el 400 %, lo que significa que producen tres o cuatro unidades de calor por cada unidad de energía consumida. La eficiencia máxima real con respecto a las pérdidas está influenciada por factores como la temperatura ambiente y la calidad de los componentes, y en aplicaciones prácticas puede disminuir [65].

La ingeniería térmica siempre busca optimizar las tecnologías disponibles. Al evaluar las bombas de calor para la generación de calor, es fundamental sopesar tanto la eficiencia como los costos, enfocándose en reducir las pérdidas para maximizar el rendimiento térmico real del sistema. El objetivo es aumentar la eficiencia global de la transferencia de calor, reducir las pérdidas asociadas con el proceso y aumentar la eficiencia en la generación de energía térmica [66].

E. Colectores Solar

En ingeniería térmica, el uso de colectores solares es un enfoque importante para generar energía térmica. Estos dispositivos captan y convierten la radiación solar en calor, que se puede utilizar en aplicaciones comerciales, domésticas e industriales [67].

Debido a la abundancia y gratuidad de la fuente de energía solar, los colectores solares presentan ventajas económicas debido a su relativamente bajo costo de operación y mantenimiento. Sin embargo, es importante tener en cuenta la eficiencia térmica real de estos sistemas, que normalmente oscila entre el 50 y el 80 por ciento. La eficiencia máxima real, incluidas las pérdidas inherentes, puede variar significativamente debido a factores como la calidad de los materiales, el diseño del colector y las condiciones climáticas, lo que puede reducir la eficiencia en aplicaciones prácticas [68].

La ingeniería térmica está constantemente trabajando para mejorar las tecnologías actuales. Al evaluar los colectores solares para generar calor, es fundamental evaluar tanto la eficiencia como los costos, con el objetivo de reducir las pérdidas y maximizar

el rendimiento térmico real del sistema. El objetivo es reducir las pérdidas asociadas con el proceso de conversión de la radiación solar en calor y maximizar la eficiencia en la generación de energía térmica [69].

F. Caldera de gas de condensación

Una caldera de condensación a gas es una máquina que utiliza el calor de la condensación de los humos de combustión. Estas calderas están diseñadas para condensar permanentemente una parte significativa de los vapores de agua producidos por los gases combustibles [70].

Estas calderas funcionan gracias a un ventilador eléctrico que condensa el vapor de agua de los gases de combustión. El agua que entra en la caldera se calienta por el calor de este vapor [71].

Estas calderas tienen la capacidad de producir Agua Caliente Sanitaria (ACS) de forma instantánea o por acumulación. El agua se calienta mientras se consume durante la producción instantánea [72].

1.1.2.3. Energía Térmica

La energía térmica se relaciona con la temperatura de un objeto o sistema. La energía cinética de las moléculas que componen el objeto o sistema lo causa. En otras palabras, el movimiento de partículas en un cuerpo es responsable de la energía térmica [73].

La capacidad de realizar trabajo en un sistema se conoce como energía en física. La energía térmica es una forma de energía interna que puede transformarse en energía cinética o energía potencial. El proceso de transferencia de calor también puede disipar energía térmica al entorno de un sistema [74].

La termodinámica es la rama de la física que se ocupa del estudio de la energía térmica y sus efectos en diferentes sistemas[75]. La termodinámica se basa en la medición de la energía térmica en un sistema y en la comprensión de cómo se transfiere la energía térmica entre diferentes cuerpos o sistemas.

La energía térmica puede transferirse entre los cuerpos o sistemas de varias maneras. Los principales mecanismos de transferencia de calor son la conducción, la convección y la radiación [76]. La transferencia de energía térmica a través de un material sólido o estacionario, como una barra, se conoce como conducción. La transferencia de energía térmica a través de fluidos como el aire o el agua se conoce como convección.

La transferencia de energía térmica a través de ondas electromagnéticas, como la luz y el calor, se conoce como radiación [77].

Otras formas de energía, como la energía mecánica, la energía eléctrica y la energía química, también están relacionadas con la energía térmica. Por ejemplo, un motor de combustión interna transforma la energía térmica en energía mecánica, mientras que una central eléctrica transforma la energía térmica en energía eléctrica [78].

1.1.2.4. Termodinámica

La termodinámica es una rama importante de la ingeniería que estudia cómo se relacionan la energía, el calor y el trabajo en sistemas físicos. Se basa en principios como la entropía, la conservación de la energía y dos postulados principales: el primero afirma que la energía no puede ser creada ni destruida, y el segundo analiza cómo se desarrollan las transformaciones energéticas [79].

La termodinámica juega un papel importante en el diseño y optimización de sistemas que involucran la conversión de energía, como motores, sistemas de refrigeración, generación de energía y procesos industriales. Se analizan y predicen los comportamientos de los sistemas energéticos utilizando ciclos termodinámicos y leyes fundamentales [80].

En ingeniería, el enfoque termodinámico utiliza herramientas experimentales y matemáticas para evaluar el rendimiento y la eficiencia de los sistemas, lo que permite la toma de decisiones informadas sobre el diseño y la mejora de dispositivos y procesos. Este campo juega un papel importante en la ingeniería porque proporciona la base teórica para la optimización de sistemas energéticos y la innovación en tecnologías energéticas sostenibles y eficientes [81].

1.1.2.5. Transferencia de calor

En ingeniería, la transferencia de calor es un fenómeno importante que estudia cómo la transferencia de energía en forma de calor se produce entre diferentes sistemas o dentro de un mismo sistema. Esta disciplina se basa en los principios de conducción, convección y radiación, que explican los principales procesos de transferencia de calor [82].

La transferencia de calor es crucial para el diseño y la optimización de sistemas de intercambio térmico como intercambiadores de calor, sistemas de refrigeración y

sistemas de calefacción en ingeniería. La convección implica la transferencia de calor a través de un fluido en movimiento, mientras que la radiación implica la transferencia de calor a través de ondas electromagnéticas [83].

El análisis de la transferencia de calor utiliza modelos matemáticos y ecuaciones diferenciales para predecir y comprender los flujos de calor en una variedad de materiales y sistemas [84]. Esto es crucial para evaluar la eficiencia térmica, evaluar el rendimiento de los dispositivos de intercambio de calor y optimizar sistemas que requieren un control de temperatura preciso. En resumen, la transferencia de calor es fundamental para el diseño y operación eficiente de sistemas térmicos en ingeniería [85].

1.1.2.6. Huella de Carbono

La huella de carbono es un indicador cuantitativo que mide todas las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con un producto, proceso o actividad en particular, directa o indirectamente. La huella de carbono es una métrica fundamental en el ámbito ingenieril para evaluar el impacto ambiental de los sistemas y procesos industriales, considerando las emisiones de CO₂, metano, óxido nitroso y otros gases de efecto invernadero (GEI) [86].

El cálculo de la huella de carbono implica un análisis completo de todas las fuentes de emisión, incluyendo la extracción de materias primas, la fabricación, la distribución, el uso y la disposición final de un bien o servicio. Para llevar a cabo este análisis, se emplean metodologías estandarizadas, como la norma ISO 14064 o el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero [87].

La evaluación de la huella de carbono se utiliza en ingeniería para encontrar áreas de mejora en los procesos industriales, evaluar la eficiencia energética, reducir los costos operativos y cumplir con las regulaciones ambientales [88]. Esto lleva a la implementación de estrategias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, como la optimización de la energía, la utilización de materiales más sostenibles, la adopción de tecnologías limpias y la gestión eficiente de residuos [89]. En el ámbito de la ingeniería, tener en cuenta la huella de carbono ayuda a reducir el impacto ambiental de las actividades industriales y a fomentar la innovación y el desarrollo de prácticas más sostenibles, lo que contribuye a la gestión responsable de recursos y al avance hacia un futuro más sostenible [90].

1.1.2.7. Energía Renovable

La energía que se obtiene de fuentes naturales que se regeneran continuamente, como el sol, el viento, el agua y la biomasa, se denomina energía renovable. La necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles y disminuir los efectos negativos del calentamiento global ha llevado a su popularización [91].

El principio de conservación de la energía, que establece que la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma de una manera a otra, es uno de los fundamentos teóricos de la energía renovable. En el caso de la energía renovable, las fuentes naturales se utilizan para producir energía eléctrica, mecánica o térmica sin que se agoten [92].

El principio de eficiencia energética, que establece que se debe utilizar la menor cantidad de energía posible para lograr un objetivo específico, es otro fundamento teórico [93]. La energía renovable se aprovecha al máximo mediante procesos de transformación y almacenamiento energético que reducen los desechos y reducen el impacto ambiental [94].

La diversificación de las matrices energéticas es un tercer fundamento teórico que tiene como objetivo disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y promover el uso de fuentes de energía más limpias y autónomas. La energía renovable se ha convertido en una opción viable para generar energía tanto en áreas rurales como urbanas, así como para disminuir la disparidad energética en naciones en vías de desarrollo [95].

Además de las bases teóricas, la energía renovable se basa en la investigación y el desarrollo de tecnologías que permitan su uso eficiente y económico. Los paneles solares, las turbinas eólicas, las centrales hidroeléctricas y las redes inteligentes son tecnologías que permiten la integración de fuentes de energía renovable en las redes eléctricas convencionales [96].

1.1.2.8. Radiación Solar

La radiación solar, que se propaga a través del espacio y llega a la Tierra, es una forma de energía electromagnética emitida por el sol. Esta energía produce luz y calor, que son esenciales para la vida y el desarrollo de la vida en nuestro planeta. El espectro electromagnético incluye una variedad de categorías de la radiación solar, desde la

radiación de onda corta (como los rayos X y la luz ultravioleta) hasta la radiación de onda larga (como la luz visible y las ondas infrarrojas [97]).

La irradiancia, que mide la potencia solar por unidad de área, es una de las formas más comunes de medir la radiación solar. En pocas palabras, calcula la cantidad de energía solar que llega a una superficie en un momento dado. La irradiancia puede variar según la hora del día, la ubicación geográfica, la presencia de nubes y otros factores ambientales. La irradiancia se mide en vatios por metro cuadrado (W/m^2) [98].

Además, la radiación solar tiene una variedad de efectos en los sistemas terrestres, tanto vivos como no vivos. Por ejemplo, puede contribuir al calentamiento global al absorber gases de efecto invernadero en la atmósfera de la Tierra [99]. Además, puede tener un impacto en la salud humana al aumentar el riesgo de enfermedades de la piel y los ojos como resultado de la exposición excesiva a la luz ultravioleta [100].

Además, la radiación solar es una fuente de energía que podría ser renovable en el futuro. Los paneles solares pueden convertir la energía solar en una variedad de tipos de energía, que puede utilizarse en una variedad de aplicaciones, como producir energía para hogares y empresas o cargar teléfonos móviles y otros dispositivos electrónicos portátiles [101].

En resumen, la radiación solar es una forma significativa de energía que tiene una variedad de efectos tanto en el mundo natural como en el humano. Para asegurar un futuro sostenible y contribuir a la protección del medio ambiente, es esencial comprenderlo y usarlo correctamente [102].

1.1.2.9. Radiación directa

En la ciencia de la energía solar, la radiación solar directa es un concepto importante. Se refiere a la cantidad de radiación solar que llega directamente a la superficie de la Tierra sin que la atmósfera la absorba o la disperse [103]. Se mide en vatios por metro cuadrado (W/m^2), siendo la parte más significativa de la radiación solar que llega a la superficie terrestre. El ángulo de inclinación del sol, la altura del sol en el cielo y la cantidad de nubes en la atmósfera afectan la radiación solar directa [104].

Dado que la cantidad de energía que se puede obtener de un sistema de energía solar depende directamente de la cantidad de radiación solar que llega a las células solares, es esencial medir la radiación solar directa para el diseño y operación del sistema.

Para maximizar la cantidad de radiación solar directa que llega a las celdas solares, se utilizan sistemas de seguimiento de un solo eje y dos ejes [105].

1.1.2.10. Radiación Difusa

Otra parte importante de la radiación solar total que llega a la superficie terrestre es la radiación solar difusa. Se refiere a la parte del cielo despejado de la radiación solar que llega a la Tierra después de haber sido dispersada por la atmósfera. Debido a que una parte de la radiación se dispersa en la atmósfera y no llega a la superficie de la Tierra, la radiación difusa es menos intensa que la radiación directa. Se mide en vatios por metro cuadrado (W/m^2), y su nivel depende de la turbiedad de la atmósfera y la presencia de nubes [106].

Dado que contribuye a la cantidad total de energía solar que puede ser capturada, la radiación solar difusa es crucial para el diseño de los sistemas de energía solar. Los sistemas de seguimiento de dos ejes y concentración de energía solar pueden aumentar la cantidad de radiación difusa que llega a las células solares [107].

1.1.2.11. Radiación Reflejada

La radiación solar reflejada o rebotada por las superficies terrestres antes de impactar en la superficie receptora se conoce como radiación solar reflejada. Las superficies reflectantes como el asfalto, el hormigón y los metales son buenos reflectores de radiación solar y contribuyen significativamente a la radiación solar reflejada [108].

La radiación absorbida, la radiación transmitida y la radiación reflejada son los tres componentes de la radiación solar que incide sobre una superficie. La radiación solar reflejada depende de la reflectividad o albedo de la superficie [109].

Las superficies lisas y altamente pulidas tienen albedos más altos, lo que significa que reflejan una mayor proporción de la radiación solar incidente. La radiación solar reflejada es útil para modelar la transmisión de energía en entornos urbanos con grandes superficies reflectantes [110].

Para maximizar la captura de energía solar, el diseño de sistemas solares fotovoltaicos y de calentamiento solar de agua debe tener en cuenta la radiación solar reflejada. El uso de sistemas de seguimiento solar y la orientación de los módulos solares pueden ayudar a capturar mejor la radiación solar reflejada como se ven detalladas en la figura 3 [111].

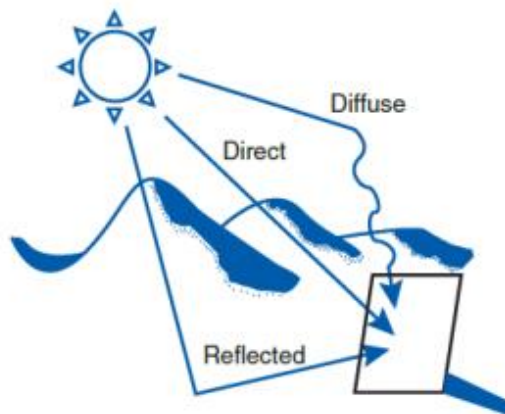


Figura 3. Plano Inclinado de tipos de radiación solar [112].

1.1.2.12. Colector Solar

Los colectores solares son dispositivos que utilizan la energía solar como fuente de energía térmica para calentar agua, producir calefacción y producir energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos. Para generar calor, estos dispositivos absorben la radiación solar a través de un material o medio [113].

Los principios de la termodinámica sirven como base teórica para los colectores solares. La conservación de la energía es el principio fundamental de la termodinámica, que establece que la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma. Los colectores solares se basan en las Leyes de Planck y Stefan-Boltzmann de radiación térmica, que establecen que la temperatura y la emisividad de la superficie de un cuerpo determinan la cantidad de energía radiante que produce [114].

El equilibrio térmico y la transferencia de calor son los dos principios termodinámicos que regulan el rendimiento de los colectores solares. El equilibrio térmico ocurre cuando la temperatura de todos los componentes del colector solar es constante. Cuando hay una diferencia de temperatura entre dos puntos, el calor fluye del punto más caliente al más frío, lo que se conoce como transferencia de calor [115].

Las dos categorías principales de colectores solares son los colectores solares planos y los concentradores solares. Los colectores solares planos absorben la radiación solar y la transmiten a un fluido. Después, el fluido se lleva a través de tuberías a un recipiente donde se almacena el agua caliente. Por otro lado, los concentradores solares

aumentan la temperatura del área concentrada al concentrar la luz solar en una pequeña área a través de espejos o lentes. El calor producido se utiliza para calentar un fluido y producir vapor, lo que impulsa una turbina que genera energía eléctrica [116].

Varios factores, incluida la orientación y la inclinación del colector solar, la cantidad de radiación solar recibida por el colector y la calidad del material, afectan el rendimiento y la eficiencia de los colectores solares [117].

1.1.2.13. Ventajas y desventajas

A. Ventajas

- Como fuente de energía renovable, no agota los recursos naturales y no genera emisiones de gases de efecto invernadero.
- Es una fuente de energía limpia porque no produce emisiones de gases tóxicos o peligrosos para la salud humana.
- Ayuda a reducir la dependencia de los combustibles fósiles, que son una fuente de energía no renovable y están vinculados a problemas de salud y medio ambiente.
- Puede ser una fuente de energía descentralizada, lo que significa que puede ser utilizada en lugares remotos o donde la red eléctrica no está disponible.
- Los calentadores de agua solares se han vuelto más baratos en los últimos años.

B. Desventajas

- La ubicación geográfica, las condiciones climáticas y la calidad del panel pueden afectar la eficiencia de los calentadores de agua solares.
- La producción de energía solar es intermitente y no puede ser constante, por lo que pueden ser necesarios sistemas de almacenamiento de energía costosos.
- Los sistemas solares pueden ser costosos y requerir una inversión inicial considerable, por lo que algunos clientes pueden no poder pagarlo.

1.1.2.14. Radiación Solar en Ambato

Ecuador es un buen lugar para la energía solar porque tiene una alta exposición a la radiación solar. La ubicación geográfica privilegiada del país, al estar cerca de Ecuador, le permite estar más expuesto a la radiación solar durante todo el año.

Además, muchas partes del país tienen altitudes elevadas, lo que aumenta la intensidad de la radiación solar [118].

Ecuador y otros países cercanos al ecuador tienen una alta exposición a la radiación solar durante todo el año, lo que hace que la radiación solar sea una fuente de energía renovable y sostenible. Por lo tanto, la instalación de calentadores de agua solares es una opción viable y efectiva para disminuir la cantidad de energía eléctrica y gas utilizada en los hogares y empresas de la ciudad de Ambato-Ecuador. La instalación de estos sistemas no solo reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también puede ser una opción rentable y sostenible a largo plazo. Para determinar la viabilidad de la implementación de estos sistemas en la ciudad, es crucial evaluar los factores específicos de cada caso [119].

De acuerdo a estudios y mediciones realizadas en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua en Ecuador, se ha determinado que esta ciudad tiene una alta exposición a la radiación solar, con un promedio de radiación de 5,26 kWh/m²*día[120]. Ambato está muy expuesta a la radiación solar, lo que lo hace ideal para el uso de energía solar en una variedad de aplicaciones, como la instalación de calentadores de agua solares en casas y negocios. La instalación de sistemas de energía solar en esta ciudad no solo reduciría el uso de gas y electricidad, sino que también sería una alternativa sostenible y amigable con el medio ambiente [121].

En base a la información obtenida podemos concluir que en la ciudad de Ambato perteneciente a la provincia de Tungurahua está dentro de las ciudades idóneas para la implementación de un proyecto solar.

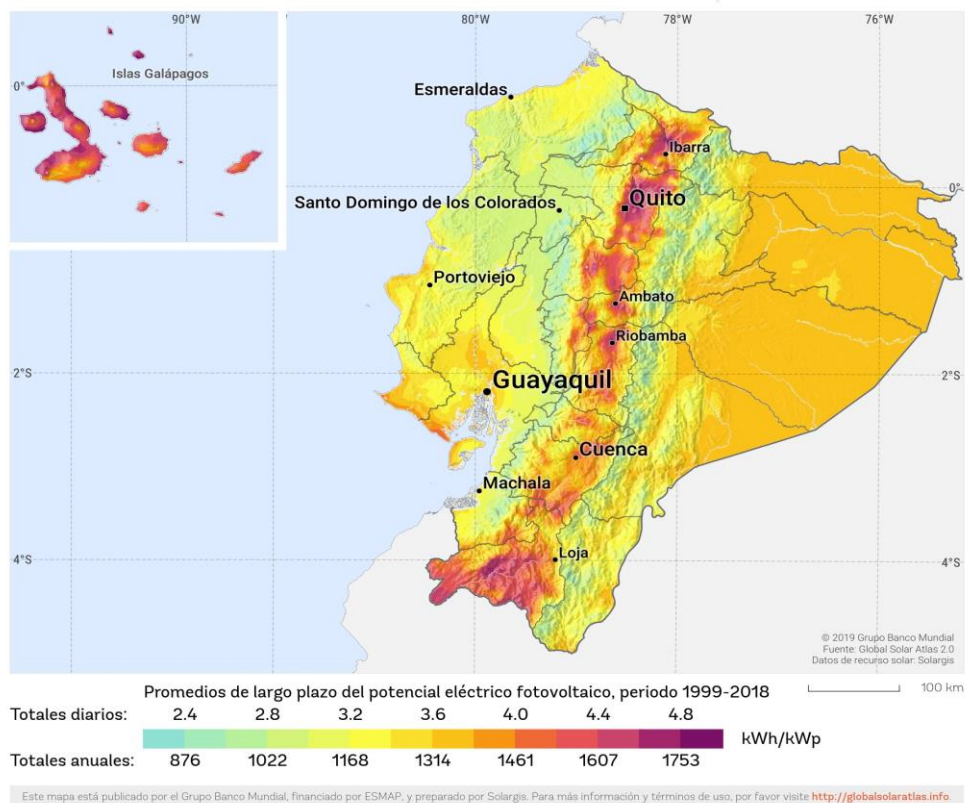


Figura 4. Insolación Ecuador Anual Promedio [122].

Como se observa en la figura 4 la provincia de Tungurahua registra valores de radiación global altos con un promedio de $5.26 \frac{kWh}{m^2 \cdot día}$.

1.1.2.15. Gas licuado de petróleo (GLP) en el Ecuador

Uno de los combustibles más comunes en Ecuador es el gas licuado de petróleo (GLP), que se usa en hogares, empresas y transporte. Este combustible, también conocido como gas propano o butano, es una fuente de energía económica y limpia que es fácil de transportar y almacenar. El GLP se produce a partir del procesamiento de petróleo y gas natural y se puede utilizar para una variedad de propósitos, incluida la preparación de alimentos en hogares y la producción de energía en plantas industriales [123]. En Ecuador, la producción y distribución de GLP es una industria significativa que tiene un gran impacto en la economía del país. En este contexto, es crucial examinar el uso de GLP en Ecuador, sus características, beneficios y desventajas, así como su impacto en el progreso sostenible del país [124].

El GLP es muy barato en comparación con otros combustibles, lo que lo hace accesible para la mayoría de las personas. Además, su baja emisión de gases contaminantes juega un papel importante en la lucha contra la contaminación ambiental y el cambio climático. Sin embargo, el GLP presenta algunos problemas, como su almacenamiento y transporte seguro debido a su alta inflamabilidad. Es esencial que se tomen medidas de precaución y se promueva su uso seguro y responsable en la población [125].

Se utiliza principalmente en hogares para la cocción de alimentos y la producción de agua caliente. Además, es ampliamente utilizado en el sector industrial como combustible para hornos y otros procesos de producción, así como en el sector del transporte como combustible para vehículos. En Ecuador, se están llevando a cabo acciones para fomentar el uso del GLP como combustible para automóviles, ya que es una opción más ecológica y económica que los combustibles fósiles tradicionales [126].

En la figura 5 se detalla la distribución porcentual del consumo de GLP en el Ecuador, datos obtenidos de la Agencia de Regulación y control Hidrocarburífero.

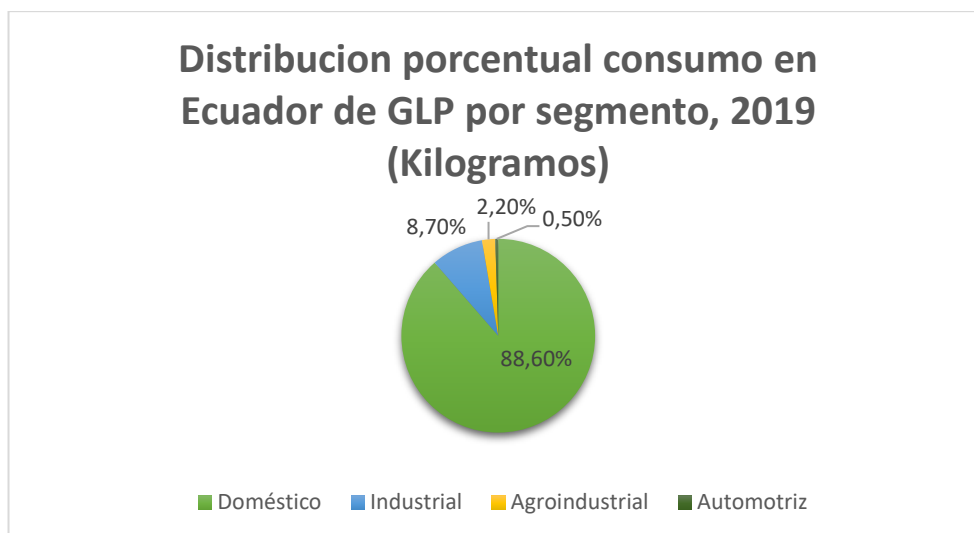


Figura 5. Segmentos de mercado de GLP en Ecuador [127].

Dado que Ecuador solo produce el 20% del GLP que consume, el 80% restante debe importarse a precios internacionales. El balance entre los ingresos y los costos del comercio de GLP es negativo para el país, a pesar de que el GLP se vende a un precio fijo y subsidiado [83]. Un informe de Petroecuador de enero a noviembre de 2019

indica que, a pesar de obtener USD 155,1 millones por la venta de GLP, el país solo perdió USD 192,5 millones [128]. Esto se debió principalmente a los elevados costos de importación de gasolina y petróleo (GLP). En síntesis, Ecuador depende en gran medida de la importación de gasolina debido a su déficit significativo en su producción de gasolina. Como resultado, el país está experimentando una pérdida financiera en la industria de la gasolina [129].

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Generar una alternativa energética para mejorar el sistema de agua caliente sanitaria en la Compañía de Economía Mixta Hotelera y Turística Ambato.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Examinar los equipos existentes que cumplan la función de abastecer agua caliente sanitaria en la Compañía de Economía Mixta Hotelera y Turística Ambato.
- Calcular el consumo energético empleado para la producción de agua caliente sanitaria en la Compañía de Economía Mixta Hotelera y Turística Ambato.
- Analizar diferentes alternativas para el calentamiento de agua sanitaria en la Compañía de Economía Mixta Hotelera y Turística Ambato.
- Proponer una alternativa de mejora en el sistema de agua caliente sanitaria en base a los estudios realizados.

1.3. Planteamiento de hipótesis

La implementación de un sistema energético alternativo para el calentamiento de agua sanitaria en la Compañía de Economía Mixta Hotelera y Turística Ambato, aumentará la eficiencia energética y reducirá los costos operativos.

1.3.1. Distinción de variables de la hipótesis

1.3.1.1 Variable dependiente

Eficiencia energética y reducción de costos operativos en la Compañía de Economía Mixta Hotelera y Turística Ambato.

1.3.1.2 Variable independiente

Implementación de un sistema energético alternativo para el calentamiento de agua sanitaria.

CAPÍTULO II

1.4. Métodos y análisis de un sistema alterativo de calentamiento de agua sanitaria

La mayoría de los hogares y edificios requieren agua caliente sanitaria. Sin embargo, los sistemas convencionales utilizados para este propósito pueden resultar costosos tanto en términos de energía como de recursos financieros [130]. Por lo tanto, el análisis de alternativas para el calentamiento de agua sanitaria, que sean más eficientes en términos de energía y respetuosas con el medio ambiente, está ganando popularidad [131].

Para analizar adecuadamente los diversos sistemas de calentamiento de agua, se deben tener en cuenta factores como el clima, la ubicación geográfica, la disponibilidad de recursos y el tipo de vivienda. Una evaluación adecuada puede ayudar a elegir el mejor sistema alternativo para una persona o una familia[132].

Es crucial enfatizar que la elección de un sistema de calentamiento de agua saludable alternativo no solo permite ahorrar dinero y energía, sino que también ayuda a reducir la huella de carbono y salvaguardar el medio ambiente. Como resultado, el análisis de un sistema alternativo para el calentamiento de agua sanitaria es un tema actualmente importante, pertinente y de gran interés[133].

Para el calentamiento de agua sanitaria, la tecnología solar térmica es empleada para convertir la energía radiante del sol en calor, a este proceso se le llama calentamiento solar.

El calor es transmitido a un fluido de trabajo (aire, agua, aceite, u otros) para elevar su temperatura y así satisfacer los requerimientos de calor en distintos servicios. La forma más sencilla de obtener agua caliente sanitaria es mediante la energía solar. Los colectores solares son los encargados de captar la radiación solar que calienta el agua que circula por su interior.

Existen diferentes métodos para calcular la fracción solar, la cual se define como la cantidad de energía solar obtenida a través de la tecnología solar utilizada, dividido por el total de la energía requerida. A continuación, se presentan los métodos más empleados:

Método F-CHART

Este método, también conocido como el método de las curvas f , es una herramienta que permite estimar el desempeño promedio a largo plazo de un sistema solar térmico. Su creador fue Sandfor Klein de la Universidad de Wisconsin el cual desarrollo el estudio en 1976 [134]. Es un método en base diaria que permite calcular el rendimiento de un sistema solar para producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y/o calefacción a partir de valores medios diarios en base mensual. La ecuación inicial para determinar f o fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar es:

$$f = 1.029 * Y - 0.065 * X - 0.245 * Y^2 + 0.0018 * X^2 + 0.0215 * Y^3$$

Ecuación que cambia su nomenclatura por la Norma Ecuatoriana de la Construcción / NEC-HS-ER Energías Renovables, SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS PARA AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) – APLICACIONES MENORES A 100 °C, debido a que toma consideraciones climáticas específicas que se presentan en Ecuador.

Método CHEQ4

Es un método de cálculo empleado para el análisis de las prestaciones de los sistemas solares a baja temperatura. Es una herramienta informática diseñada por Aiguasol para el IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) y ASIT (Asociación Solar de la Industria Térmica), este método es útil para validar el cumplimiento de la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, en instalaciones solares térmicas. Considerando los diferentes métodos presentados optamos por realizar los cálculos con el Método F-Chart, puesto que es el método más empleado en nuestro país y tenemos consideraciones previstas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-HS-ER Energías Renovables, obteniendo la información necesaria para dimensionar la instalación adecuadamente [135].

2. Materiales y recursos

- Recursos Humanos

Los autores y el tutor desarrollan este proyecto técnico. Los autores son los responsables de llevar a cabo la investigación, y el tutor es el responsable de brindar orientación y apoyo durante todo el proceso.

Estudiantes: Gamboa Vargas Luis Alberto, Gavilanes Martínez Sebastián Raúl.



Docente tutor: Ing. Mg. Jorge Enrique López Velástegui.


- Recursos institucionales

La biblioteca física y virtual de la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica se utiliza para obtener información confiable para el proyecto técnico, Diferentes materiales de investigación que pueden ayudar al autor a recopilar y analizar datos y analizar los resultados

- Recursos Materiales

Tabla 1. Recursos Materiales

Equipo	Función	Grafico
Cámara Termográfica	Permite detectar la temperatura de un objeto o cuerpo sin necesidad de estar cerca, siempre que emita niveles superiores a los 0 Kelvin. Esta cámara capta temperaturas y graba imágenes utilizando tecnología infrarroja.	
Termómetro Digital	El funcionamiento del termómetro digital para agua es similar al de otros termómetros digitales. utiliza un sensor de temperatura rápido y eficiente. Para usarlo, el termómetro generalmente se coloca en el agua y se mantiene hasta que el aparato indica que ha registrado la temperatura.	

Laptop	Computadora portátil de peso y tamaño ligero, la cual nos permite sintetizar todos los datos, realizar las investigaciones pertinentes y desarrollar el tema de investigación en diferentes softwares para su comprobación	
--------	--	---

2.1. Análisis de la demanda de agua caliente sanitaria según la norma NEC-HS-ER

El análisis de la demanda de agua caliente sanitaria se basa en la Tabla 2, que muestra que el consumo de una persona en un Hotel 4 estrellas es de 55 litros a 60 °C [136]. En la provincia de Tungurahua, hay 3,54 personas por hogar, lo que indica que una familia promedio necesita 164 litros de agua caliente sanitaria al día, según la NEC [137].

Tabla 2. Criterio de demanda de ACS según NEC [138].

Criterio de demanda	Litros/día persona
Vivienda unifamiliar	28
Hospitales y clínicas	55
Ambulatorio y centro de salud	41
Hotel *****	69
Hotel ****	55
Hotel ***	41
Hotel/hostal **	34
Camping	21
Hostal/pensión *	28
Residencia multifamiliar	41
Centro penitenciario	28
Albergue	24
Vestuarios/Duchas colectivas	21
Escuela sin ducha	4
Escuela con ducha	21
Cuarteles	28
Fábricas y talleres	21
Oficinas	2
Gimnasios	21
Restaurantes	8
Cafeterías	1

2.2. Análisis de condiciones de energía solar en el sitio y superficies

Para proceder con el respectivo análisis establecemos la ubicación geográfica: latitud -1.242886 y longitud -78.631713 datos obtenidos del satélite de Google Maps como se observa en la figura 6 [139].

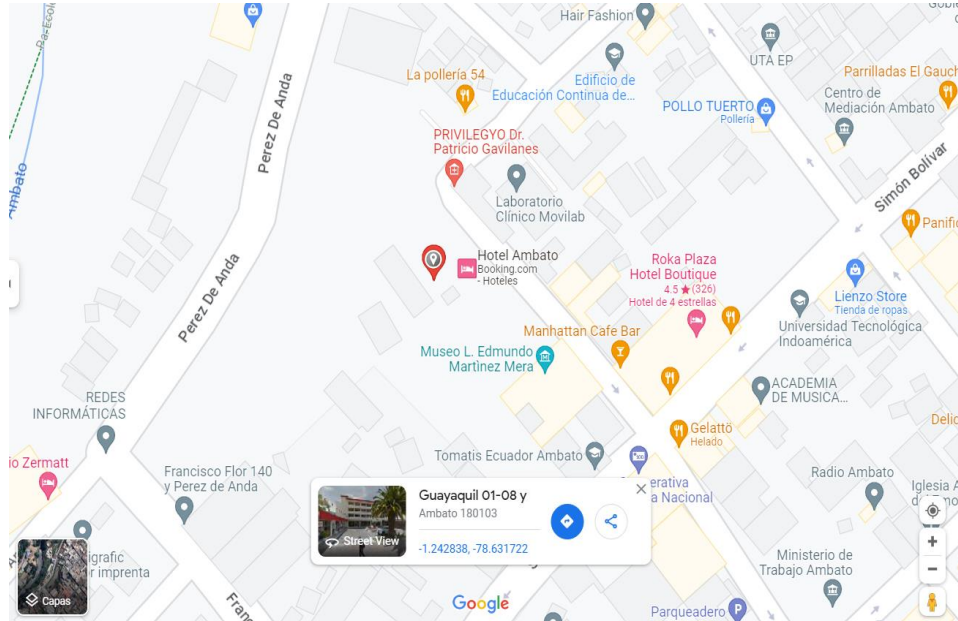


Figura 6. Coordenadas Google Maps Hotel Ambato [140].

- Radiación Solar

En base a la siguiente expresión se representa el flujo la radiación total recibida por la tierra.

$$H_T = H_b + H_d$$

Ec.1

Donde:

$$H_T = \text{Radiación total}; \left(\frac{w * h}{m^2 * dia} \right)$$

$$H_b = \text{Radiación directa}; \left(\frac{w * h}{m^2 * dia} \right)$$

$$H_d = \text{Radiación difusa}; \left(\frac{w * h}{m^2 * dia} \right)$$

	Unidad	Ubicación de datos meteorológicos	Localización de la instalación	Fuente
Latitud		-1,2	-1,2	
Longitud		-78,6	-78,6	
Zona climática		4A - Mixto - Húmedo		NASA
Elevación	m	3100	0	NASA - NASA
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	11,0		NASA
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	21,9		NASA
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	11,1		NASA

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Precipitación	Radiación solar diaria - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Días-grado de calentamiento 18 °C	Días-grado de enfriamiento 10 °C
	°C	%	mm	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Enero	16,6	80,7%	170,96	4,39	82,4	1,7	18,1	42	206
Febrero	16,6	82,2%	209,34	4,46	82,4	1,6	17,9	38	186
Marzo	16,9	80,5%	227,42	4,64	82,4	1,6	18,4	33	215
Abril	16,6	80,1%	225,69	4,45	82,4	1,7	17,9	43	197
Mayo	16,1	76,2%	179,17	4,26	82,5	1,8	17,3	60	189
Junio	15,5	72,0%	140,62	4,23	82,5	2,3	16,6	76	164
Julio	15,7	61,8%	111,01	4,32	82,6	2,4	17,5	71	177
Agosto	16,8	54,8%	95,76	4,64	82,5	2,4	19,4	36	212
Setiembre	17,8	55,2%	111,19	4,62	82,5	2,1	20,7	6	234
Octubre	18,2	59,9%	135,58	4,61	82,4	1,9	21,4	0	254
Noviembre	17,5	70,3%	145,79	4,70	82,3	1,9	20,1	15	225
Diciembre	16,9	79,3%	161,69	4,45	82,3	1,8	18,6	35	213
Anual	16,8	71,0%	1.914,20	4,48	82,4	1,9	18,6	453	2.473
Fuente	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA
Medido a					m	10	0		

Figura 7. Promedio de radiación Mensual RETScreen Expert [141].

Análisis Figura 7

- El mes de menor radiación solar es junio con $4.23 \text{ Kwh/m}^2/\text{d}$.
- El mes de menor temperatura aire/suelo es junio con $15,5 \text{ °C}$ y $16,6 \text{ °C}$ respectivamente.

- Declinación solar

La cantidad de radiación que alcanza la superficie está influenciada por la posición del sol en el cielo, y esta posición se puede expresar como una declinación que varía entre $-23,45^\circ$ δ $+23,45$ [142]°.

Con la fórmula de Cooper se puede calcular la declinación solar:

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 * \left(\frac{284 + n}{365} \right) \right)$$

Ec.2

Donde:

$\delta =$ Declinación solar; (grado sexagesimal)

$n =$ Número del día año seleccionado;

- Cálculo de Declinación seleccionado (δ)

Para realizar los cálculos relacionados con la radiación solar, es importante elegir un día específico del año, como se muestra en la Figura 7, para evaluar la cantidad de radiación que llegaría ese día. En este proyecto, se eligió el un día del mes con menos índice de radiación obtenida, en este caso sería en el mes de junio debido a que posee un rango de radiación solar de 4.23 KWh/m²/d [143].

$$\delta = 23,45 \times \sin \left(360 * \left(\frac{284 + 162}{365} \right) \right)$$
$$\delta = 23.08^\circ$$

- Ángulo cenital (θ_z)

El término "ángulo cenital" se refiere a la posición del sol en el cielo. Se define como el ángulo entre el rayo de sol al mediodía solar y una línea vertical la cual debe ser perpendicular a la superficie terrestre [144]. El valor del ángulo cenital, que se mide en grados, depende de la latitud, la hora del día y el año. Un ángulo de 90 grados indica que el sol está justo en el horizonte, mientras que un ángulo cenital de cero grados indica que el sol está en el cenit [145].

$$\cos \theta_z = \sin \delta * \sin \emptyset + \cos \delta * \cos \emptyset * \cos \omega_s$$

Ec.3

Donde:

$\theta_z =$ ángulo cenital solar; (grado sexagesimal)

$\delta =$ declinación solar; (grado sexagesimal)

$\emptyset =$ latitud; (grado sexagesimal)

$\omega_s =$ ángulo puesto del sol; (grado sexagesimal)

- Ángulo puesta sol (ω_s)

El ángulo de la puesta de sol como se ve detallado en la figura 8 es el ángulo que forma la dirección de los rayos solares con el horizonte cuando el sol se oculta detrás del horizonte. Este ángulo puede variar dependiendo de la ubicación y el año, y también puede afectar la cantidad y calidad de luz disponible durante la puesta del sol y el crepúsculo [146].

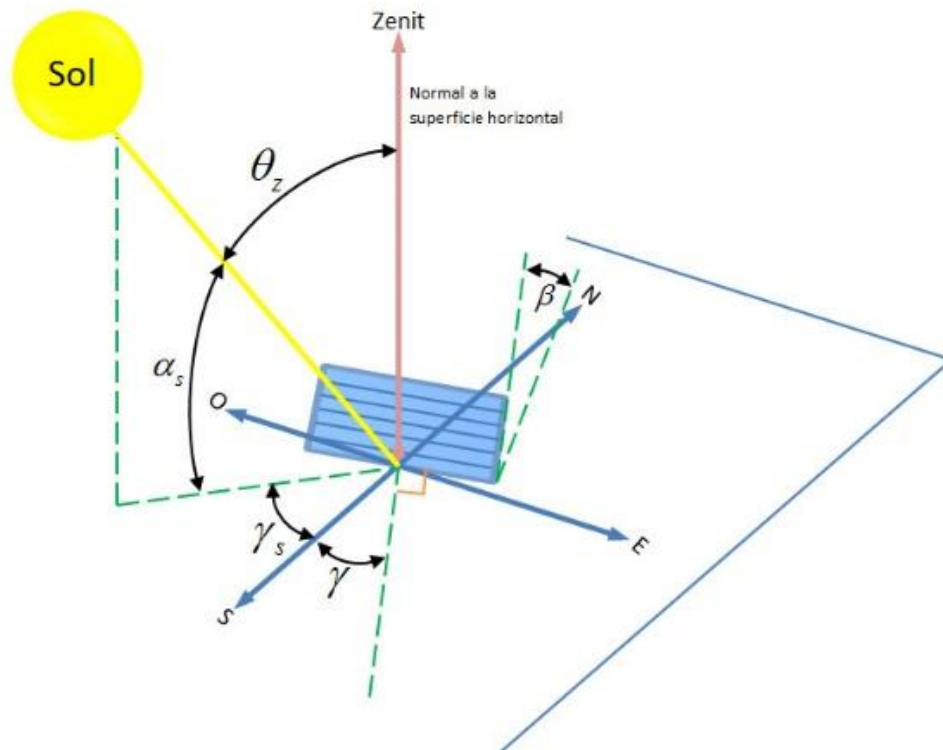


Figura 8. Ángulo cenital y puesta sol respecto a la normal del plano horizontal [147].

$$\omega_s = \cos^{-1}(-tg\phi * tg\delta)$$

Ec.4

$$\omega_s = \cos^{-1}(-tg - 1.2428 * tg23.08)$$

$$\omega_s = 89.470^\circ$$

Remplazando los datos obtenemos la Ecuación 3.

$$\cos\theta_z = \sin 23.08 * \sin - 1.2428 + \cos 23.08 * \cos - 1.2428 * \cos 89.470$$

$$\theta_z = 89.999^\circ$$

- Duración del día solar (T_d)

$$T_d = \frac{2}{15} \cos^{-1}[-tg\phi * tg\delta]$$

Ec.5

La duración del día solar es un factor importante a tener en cuenta debido a su influencia directa en el rendimiento; esta diferencia ocurre entre la puesta del sol y el inicio del ciclo al amanecer [148].

Donde:

δ = Declinación solar. (grado sexagesimal)

ϕ = latitud, (grado sexagesimal)

$$T_d = \frac{2}{15} \cos^{-1}[-tg - 1.2428 * tg 23.08]$$

$$T_d = 11.929 \text{ horas}$$

- Radiación solar extraterrestre (H_o)

La cantidad de energía solar que ingresa a la capa superior de la atmósfera terrestre desde el espacio exterior se conoce como radiación extraterrestre. El cálculo de la radiación solar que se recibe en la superficie terrestre se basa en esta energía, también conocida como radiación solar extraterrestre [149].

$$H_o = \frac{24 * 3600 * G_{se}}{\pi} * \left[1 + 0.033 \cos\left(\frac{360 * n}{365}\right) \right]$$

$$* \left[\cos\phi * \cos\delta * \sin w_s + \left(\frac{\pi * w_s}{180}\right) * \sin\phi * \sin\delta \right]$$

Ec.6

$$\text{Constante solar } (G_{se}) = 1367 \frac{W}{m^2} \pm 3$$

$$H_o = \frac{24 * 3600 * 1367}{\pi} * \left[1 + 0.033 \cos\left(\frac{360 * 162}{365}\right) \right] \\ * \left[\cos - 1.2428 * \cos 23.08 * \sin 89.470 + \left(\frac{\pi * 89.470}{180}\right) * \sin \right. \\ \left. - 1.2428 * \sin 23.08 \right]$$

$$H_o = 23489082.93 \frac{J}{m^2}$$

$$H_o = 6524.74 \frac{W * h}{m^2 * dia}$$

- Índice de claridad (K_T)

Relación entre la radiación solar que se recibe horizontalmente en un día promedio del mes y la radiación solar que proviene del espacio exterior, determinada por la siguiente Expresión [150].

$$K_T = \frac{H}{H_o}$$

Ec.7

Donde:

H= Radiación solar horizontal diaria promedio; $\left(\frac{W * h}{m^2 * dia}\right)$

H_o = Radiación solar extraterrestre; $\left(\frac{W * h}{m^2 * dia}\right)$

K_T = Índice de claridad

$$K_T = \frac{4230}{H_o}$$

$$K_T = \frac{4230}{6524.74}$$

$$K_T = 0.648$$

- Radiación solar horizontal diaria en promedio mensual (H)

Datos obtenidos mediante el uso del software RETScreen Expert, utilizando el promedio mensual más bajo del año como lo muestra la figura 9, para nuestra investigación utilizaremos datos obtenidos en el mes de junio con un valor de 4,23 kWh/m²/día [151].

Radiación solar diaria - horizontal	
kWh/m ² /d	
4,39	
4,46	
4,64	
4,45	
4,26	
4,23	
4,32	
4,64	
4,62	
4,61	
4,70	
4,45	
4,48	
NASA	

Figura 9. Promedio mensual de radiación RETScreen Expert

$$H = 4,23 \frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot dia}$$

$$H = 4230 \frac{W \cdot h}{m^2 \cdot dia}$$

- Radiación solar difusa sobre una superficie horizontal (H_d)

La radiación solar difusa es la radiación solar que llega a una superficie después de haber sido dispersada o reflejada por partículas atmosféricas y nubes [153]. Al contrario que la radiación solar directa, que proviene directamente del sol y llega a la superficie sin sufrir ninguna alteración, la radiación solar difusa se esparce en todas direcciones, iluminando indistintamente todas las superficies expuestas al cielo. La radiación solar difusa es por tanto aquella que llega a una superficie horizontal desde todas las direcciones visibles del cielo [154].

$$\frac{H_d}{H} = 1.09401 - 1.21299 * (K_T)$$

Ec.8

$$\frac{H_d}{4230} = 1.09401 - 1.21299 * (0.648)$$

$$H_d = 1302.808 \frac{W * h}{m^2 * dia}$$

- Radiación solar directa sobre una superficie horizontal (H_b)

La parte de la radiación solar que llega a una superficie sin ser dispersada por la atmósfera u otros elementos se conoce como radiación solar directa. Se refiere a la radiación que proviene directamente del sol, sin que las nubes o la atmósfera terrestre la reflejen o dispersen. Como resultado, la radiación solar directa es la que llega a una superficie horizontal del sol en una dirección específica [155].

$$H_b = H - H_d$$

Ec.9

Donde:

H_b = Radiación solar horizontal diaria en promedio mensual; $\left(\frac{W * h}{m^2 * dia}\right)$

$$H_b = 4230 - 1302.808$$

$$H_b = 2921.192 \frac{W * h}{m^2 * dia}$$

- Demanda Total de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

La demanda total de agua caliente sanitaria (ACS) es la cantidad total de agua caliente que se necesita para satisfacer las necesidades de higiene y confort de los ocupantes en un edificio o instalación [156]. El número de trabajadores, sus hábitos de consumo de agua caliente, el tipo de instalaciones sanitarias disponibles (como duchas y lavabos, etc.) y las regulaciones locales o nacionales sobre los estándares mínimos de suministro de agua potable son algunos de los factores que contribuyen a la determinación de esta demanda ya que es imprescindible el uso del servicio [157].

$$DT_{acs} = Demanda ACS * (\#huespedes)$$

Ec.10

- Demanda Total de Energía (DTE)

La Demanda Total de Energía (DTE) es la cantidad total de energía que se necesita para satisfacer todas las necesidades de energía de una entidad, ya sea una persona o grupo de personas, un hogar, una empresa o un país. Esta demanda incluye la energía necesaria para calefacción, refrigeración, iluminación, electrodomésticos, industria, transporte y otras aplicaciones [158].

En términos técnicos, la DTE se mide en unidades de energía como kilovatios-hora (kWh) o Joules, y puede variar significativamente según una variedad de factores [159]. Estos pueden incluir el tamaño y la eficiencia energética de la entidad, las condiciones climáticas, los patrones de comportamiento y uso, y las políticas de eficiencia y energía en vigor [160].

$$DTE = DT_{acs} * CP_{agua} * \Delta T$$

Ec.11

Donde:

DT_{acs} = Demanda Total agua caliente sanitaria.

CP_{agua} = Calor específico a presión constante del agua.

ΔT = Variación de temperatura.

- Energía Térmica generada por el sistema solar ($ET_{sistema solar}$)

En términos técnicos, la medición en kilovatios por año proporciona una medida estandarizada de la producción de energía del sistema, lo que permite comparar la eficiencia de diferentes sistemas y tecnologías de calentamiento de agua [161]. Esta medida es particularmente útil para planificar el uso y la gestión de la energía y para evaluar el rendimiento de los sistemas de calentamiento de agua a lo largo del tiempo [162].

Varios factores, como la orientación y el ángulo de los tubos, las condiciones climáticas locales y la eficiencia del sistema de transferencia de calor y almacenamiento de agua caliente, afectan la eficiencia de estos sistemas [163].

$$ET_{sist.solar} = DTE * (\% \text{ demanda a cubrir})$$

Ec.12

- Energía Térmica sistema auxiliar ($ET_{sistema\ auxiliar}$)

Las instalaciones de energía solar térmica dependen de un sistema auxiliar de energía térmica, también conocido como sistema modulante en línea. Este sistema complementa la función del acumulador, que ya proporciona agua caliente a una temperatura específica, calentando el agua requerida [164].

El funcionamiento del sistema auxiliar es simple: si la temperatura del agua que sale del acumulador no es suficiente para satisfacer la demanda, el sistema auxiliar se activa para aumentar la temperatura del agua hasta que alcance el nivel deseado [165].

$$ET_{sist.\ auxiliar} = DTE * (\% \text{ demanda a cubrir})$$

Ec.13

2.3. Fichas Técnicas del sistema de generación y captación de energía térmica para la obtención de ACS en el Hotel Ambato.

Los equipos destinados para generar ACS mediante la captación de energía térmica que están operando en las instalaciones del Hotel Ambato, se detallan a continuación:

- Colectores Solares
- Tanque Acumulador
- Bomba Centrifuga
- Bomba centrifuga vertical
- Calefones

Dichos equipos forman parte del sistema de captación térmica y son los encargados de generar y cubrir con la demanda de ACS que actualmente requiere el hotel.

- Colectores Solares

Como parte primordial para el funcionamiento del sistema, se cuenta por un conjunto de captadores solares térmicos de tubos al vacío con CPC (compound parabolic concentrator) ubicados en la cubierta del edificio. El fluido de trabajo es agua.


El campo de captadores está compuesto por 56 captadores que se conectan en grupo de dos captadores conectados en serie y estos a su vez conectados en paralelo entre sí (sistema low-flow). El área total de captación es de 107 m² y se sitúan en la cubierta superior de la planta.

El sistema se divide en dos subsistemas:

- Subsistema 1: Esta formado con 32 colectores solares
- Subsistema 2: Esta formado con 24 colectores solares

Estos dos subsistemas se unen en la recolección de agua caliente en donde se puede observar la temperatura de mezcla en el termómetro (B1), como también la presión a la que se encuentra todo el sistema de colectores solares de acuerdo a la presión del manómetro (A1), para posterior acumular el calor en el tanque acumulador (Q2).

Tabla 3. Dossier Colectores Solares de tubos al vacío.

EQUIPO	Colectores Solares de Tubos al Vacío		
PROCESO	Calentar el agua aprovechando la energía solar		
FABRICANTE	SUNTAX	CÓDIGO	ENE001
CANTIDAD	56	TECNOLOGÍA	Alemana
MATERIAL	Varios / Ensamble	FECHA DE INSTALACIÓN	2013
PESO	12,5 Kg		
ÍTEM	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
1	Colectores Solares Térmicos		
2	Válvulas de Alivio de Presión		
3	Termómetro		
4	Manómetro		

- Tanque Acumulador

El sistema está equipado con dos tanques de acero negro de 2500 litros como se detalla en la tabla 4 y un tanque de 500 litros como se detalla en la tabla 5 que están pintados con pintura epóxica anticorrosiva y cuentan con cuatro ánodos de sacrificio para su funcionamiento. Estos dos tanques están conectados en serie cruzada para aumentar la estratificación del sistema y su eficiencia. Estos acumuladores no tienen agua de consumo, y su temperatura del agua se eleva instantáneamente a través de un intercambiador de calor de placas. La presión máxima del acumulador es de 35 psi y la temperatura máxima es de 90 °C.

Tabla 4. Dossier Tanque Acumulador.

EQUIPO	Tanque Acumulador		
PROCESO	Almacenamiento de Agua Caliente Sanitaria		
FABRICANTE	INDUACERO	CÓDIGO	ENE0014
CANTIDAD	2	ORIGEN	Ecuador
MATERIAL	Acero Negro	FECHA DE INSTALACIÓN	2013
PESO	720 Kg		
ÍTEM	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
1	Tanque Acumulador (2500 litros)		
2	Válvula de Alivio de Presión		
3	Manómetro		
4	Termómetro		
5	RDT (Detector de Temperatura por Resistencia)		
6	4 Ánodos de Sacrificio		

Tabla 5. Dossier Tanque Acumulador.

EQUIPO	Tanque Acumulador		
PROCESO	Almacenamiento de Agua Caliente Sanitaria		
FABRICANTE	INDUACERO	CÓDIGO	ENE0025
CANTIDAD	1	ORIGEN	Ecuador
MATERIAL	Acero Inoxidable	FECHA DE INSTALACIÓN	2013
PESO	250 Kg		
ÍTEM	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
1	Tanque Acumulador (500 litros)		
2	Válvula de Alivio de Presión		
3	Manómetro		
4	Termómetro		
5	RDT (Detector de Temperatura por Resistencia)		


- Bomba Centrifuga

El sistema tiene dos bombas centrifugas como se detalla en la tabla 6 y 7 marca Foras de 1 HP, que normalmente funcionan mediante el encendido y apagado de una sola bomba. En caso de una falla inoportuna en la primera bomba, la segunda bomba se instala para succionar agua caliente del tanque de 500 litros y enviarla a todo el hotel, incluyendo la recirculación del agua caliente al tanque de 500 litros.

Tabla 6. Dossier Bomba Centrífuga 1HP.

EQUIPO	Bomba Centrífuga		
PROCESO	Enviar Agua Caliente Sanitarial al Hotel		
FABRICANTE	FORAS	CÓDIGO	ENE00025
CANTIDAD	1	ORIGEN	Italia
MODELO	KM 100	POTENCIA	1 HP
MOTOR	Eléctrico	FECHA DE INSTALACIÓN	2013
PESO	10,2 Kg		
VOLTAJE	220/440 V	Nro. FASE	TRIFÁSICO
PROVEDOR	IMPEX C.A.	EMPRESA	ENYATEC

Tabla 7. Dossier Bomba Centrífuga 245W.

EQUIPO	Bomba Centrífuga		
PROCESO	Enviar Agua Caliente y Fría al Intercambiador		
FABRICANTE	GRUNDFOS	CÓDIGO	ENE00025
CANTIDAD	2	ORIGEN	Italia
MODELO	UP 26-99F	POTENCIA	245 W
MOTOR	Eléctrico	FECHA DE INSTALACIÓN	2013
PESO	5,22 Kg		
VOLTAJE	110 V	Nro. FASE	MONOFÁSICO
PROVEDOR	DISMACON CIA LTDA.	EMPRESA	ENYATEC

De igual manera las bombas centrifugas que se detallan en la tabla 8 y 9 son las encargadas de trasportar el agua de los tanques acumuladores de agua fría proveniente de la red hacia el sistema de colectores solares.

Tabla 8. Dossier Bomba Centrífuga 2HP.

EQUIPO	Bomba Centrífuga		
PROCESO	Enviar Agua Fría a los Calefones		
FABRICANTE	FORAS	CÓDIGO	ENE00025
CANTIDAD	2	ORIGEN	Italia
MODELO	KB-210/1	POTENCIA	2 HP
MOTOR	Eléctrico	FECHA DE INSTALACIÓN	2013
PESO	16,3 Kg		
VOLTAJE	220 V	Nro. FASE	TRIFÁSICO
PROVEDOR	IMPEX C.A.	EMPRESA	ENYATEC

Tabla 9. Dossier Bomba Centrífuga 0.5HP.

EQUIPO	Bomba Centrífuga		
PROCESO	Enviar Agua Fría a los Colectores Solares		
FABRICANTE	FORAS	CÓDIGO	ENE00025
CANTIDAD	2	ORIGEN	Italia
MODELO	PE 50F	POTENCIA	0,5 HP
MOTOR	Eléctrico	FECHA DE INSTALACIÓN	2013
PESO	5,7 Kg		
VOLTAJE	110 V	Nro. FASE	MONOFASICO
PROVEDOR	DISMACON S.A.	EMPRESA	ENYATEC

- Bomba Centrífuga Vertical

Un tipo de bomba centrífuga llamada bomba centrífuga vertical que se detalla en la tabla 10 se utiliza para transportar agua limpia y otros líquidos con características físicas y químicas similares a las del agua limpia. Es adecuado para el suministro, drenaje y presurización de agua industrial y urbana, así como para la presurización de edificios de gran altura. Esta bomba puede ser parte de un sistema de agua caliente sanitaria en un hotel.

La bomba centrífuga vertical se puede utilizar en un sistema de suministro de agua caliente sanitaria de un hotel para llevar agua caliente desde el sistema de calentamiento a las áreas del hotel que necesitan agua caliente, como las habitaciones, la cocina y los baños, entre otras. La bomba garantiza que el agua caliente se distribuya de manera eficiente y constante a todas las áreas necesarias.

Tabla 10. Dossier Bomba Centrífuga vertical.

EQUIPO	Bomba Centrífuga Vertical		
PROCESO	Enviar Agua Caliente a los Calefones		
FABRICANTE	GRUNDFOS	CÓDIGO	ENE00025
CANTIDAD	1	ORIGEN	Hungría
MODELO	A96517820P31426	POTENCIA	1,10 kW
MOTOR	Eléctrico	FECHA DE INSTALACIÓN	2015
PESO	25,7 Kg		
VOLTAJE	220/480 V	Nro. FASE	TRIFÁSICO
PROVEDOR	CONAUTO	EMPRESA	ENYATEC

- Calefones

Cuando la energía solar no es suficiente para satisfacer las necesidades del hotel, se dispone de cuatro calefones marca BOSH de 25 KW como lo detalla la tabla 11. Estos calefones calientan el agua del tanque de 500 litros.

Cada calentador tiene la tarea de calentar rápidamente 16 litros por minuto de agua.

Tabla 11. Dossier calefones.

EQUIPO	Calefones		
PROCESO	Calentamiento de Agua		
FABRICANTE	YANG	CÓDIGO	ENE00032
CANTIDAD	4	ORIGEN	Ecuador
MODELO	TW-990	POTENCIA	25 kW
CAPACIDAD	28 litros	FECHA DE INSTALACIÓN	2015
PESO	28 Kg		
COMBUSTIBLE	GLP		
PROVEDOR	K. KRAAEE	IGNICIÓN	Chispa

2.4. Análisis de ocupación y de consumos energéticos en las instalaciones del hotel Ambato

- Ocupación Porcentual anual Hotel Ambato

La ocupación hotelera es un indicador importante en el sector de la hospitalidad porque muestra la cantidad de habitaciones ocupadas en relación con la cantidad total disponible de habitaciones. Para comprender mejor el rendimiento y la dinámica del mercado en los últimos años del Hotel Ambato, una prestigiosa propiedad ubicada en Ecuador, es crucial analizar las tendencias de ocupación.

Al igual que el resto de la industria hotelera, el Hotel Ambato ha experimentado una serie de cambios y desafíos desde 2018. Durante este tiempo, se han producido eventos

importantes a nivel mundial, como la pandemia de COVID-19, que ha tenido un impacto significativo en el turismo y la hospitalidad.

En la tabla 12 y en la figura 10 se muestra el porcentaje ocupacional que el hotel a registrado en el periodo del 2018 hasta el 2023, tomando en cuenta que en el año 2020 en los meses de Julio hasta diciembre de dicho año por temas de la pandemia de COVID-19, el hotel no estuvo en funcionamiento por lo cual el porcentaje de ocupación es 0 en dichos meses y en 2023 los datos faltantes se deben a que no se ha obtenido una nómina actualizada por este motivo no se registran datos.

Tabla 12. Ocupación porcentual Hotel Ambato.

OCUPACION TOTAL DEL HOTEL						
MESES	AÑO 2018	AÑO 2019	AÑO 2020	AÑO 2021	AÑO 2022	AÑO 2023
ENERO	58%	43%	42%	19%	18%	40%
FEBRERO	50%	61%	56%	24%	44%	46%
MARZO	54%	58%	22%	38%	42%	45%
ABRIL	53%	53%	0%	22%	42%	43%
MAYO	48%	51%	1%	27%	34%	37%
JUNIO	50%	52%	12%	25%	22%	46%
JULIO	51%	52%		34%	43%	
AGOSTO	42%	51%		35%	42%	
SEPTIEMBRE	39%	51%		43%	39%	
OCTUBRE	51%	35%		41%	47%	
NOVIEMBRE	62%	53%		41%	47%	
DICIEMBRE	35%	35%		28%	26%	
PROMEDIO	49%	53%	22%	31%	37%	43%
DIFERENCIAS	51,00%	47,00%	78,00%	69,00%	63,00%	57,00%
Capacidad Total	108	108	108	108	104	104

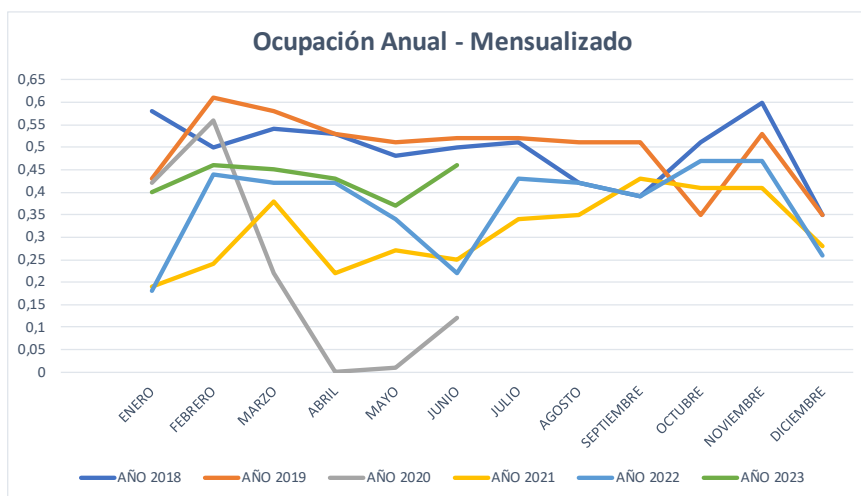


Figura 10. Ocupación Anual-Mensualizado.

- Análisis del consumo de gas licuado de petróleo (GLP) en las instalaciones del Hotel Ambato

La industria hotelera utiliza con frecuencia el gas licuado de petróleo (GLP) para una variedad de tareas, como la calefacción y la cocina y el suministro de agua caliente. El GLP es fundamental para el funcionamiento diario del Hotel Ambato.

Nos proponemos examinar el consumo de GLP en las instalaciones del Hotel Ambato en este análisis como se demuestra en la tabla 13 con el consumo anual de GLP en el periodo 2018-2023. Nuestro objetivo es comprender cómo se utiliza el GLP dentro del hotel y dónde ha cambiado con el tiempo. Al hacerlo, esperamos encontrar formas de reducir los costos operativos y aumentar la eficiencia energética.

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) tiene dos tipos de poder calorífico, los cuales son: el superior (PCS) y el inferior (PCI). El PCS es la cantidad total de calor que se genera durante la combustión, mientras que el PCI es el calor que se puede aprovechar energéticamente.

El PCI del propano, gas que es parte de la composición del GLP, es de 12,68 kWh/kg, mientras que el PCS es de 13,97 kWh/kg. Para el butano comercial, el cual es otro componente del GLP, el PCI es de 12,46 kWh/kg y el PCS es de 13,79 kWh/kg.

Por lo tanto, el PCI y PCS del GLP está estrechamente ligada de la proporción específica de propano y butano en la mezcla. Sin embargo, en promedio, el GLP tiene un poder calorífico de aproximadamente PCI 12,58 kWh/kg y de PCS de 13,88 kWh/kg

Pasando a nuestra realidad con respecto a términos de costos operativos, generalmente se utiliza el PCI ya que este representa la cantidad de calor que se puede aprovechar efectivamente, cambiando de unidades obtenemos 45.312,72 kJ/kg, dato similar al contemplado por el distribuidor.

**Tabla 13. Consumo promedio
GLP**

Consumo GLP		
Mes	Kg	USD
2018	24957	18258,52
2019	23514	14863,0491
2020	7591	4273,15
2021	3785	2887,96831
2022	5280	4768,26693
2023	6791	4689,83
TOTAL	71918	49740,78

Una vez establecido los consumos anuales de GLP determinamos una comparativa anual de consumo en kg y el gasto economico como se ven detallados en la figura 11 y 12.

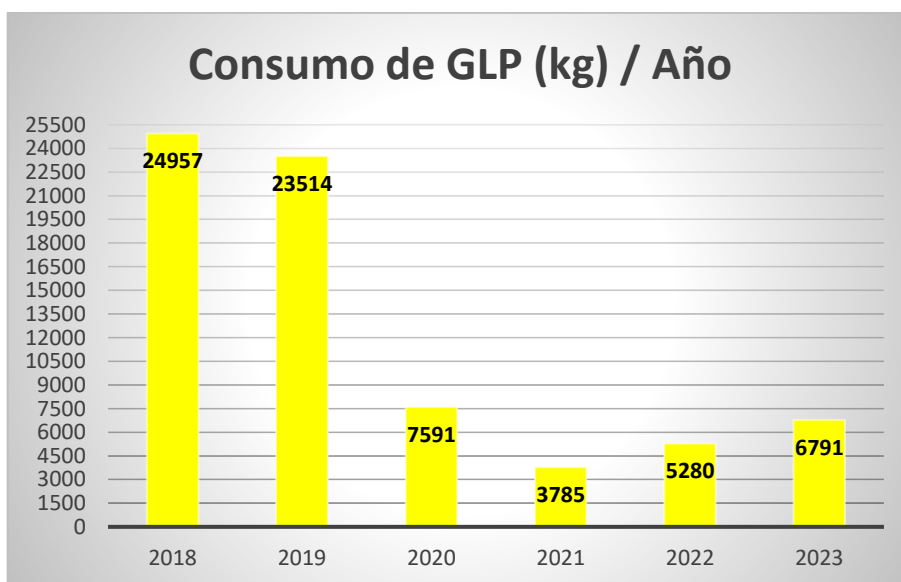


Figura 11. Consumo GLP/Meses

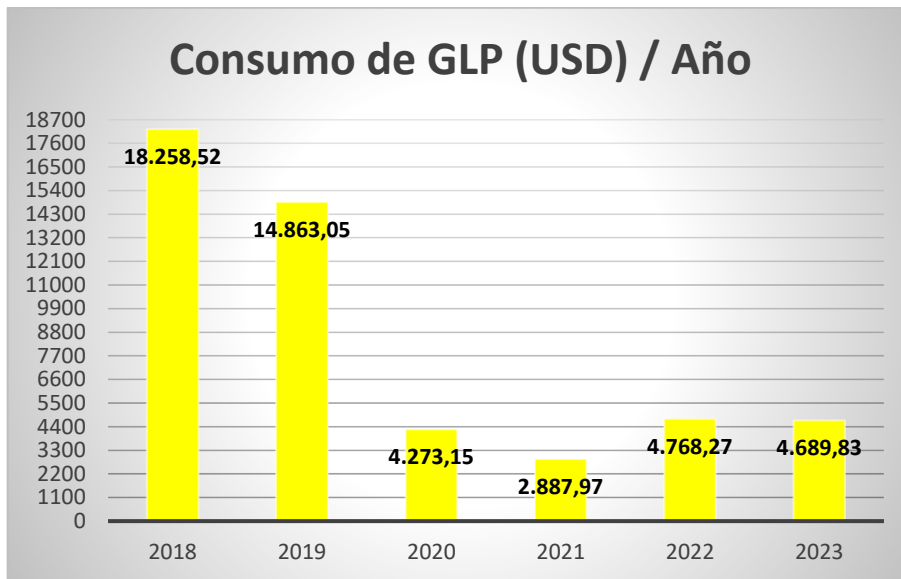


Figura 12. Consumo GLP (USD)/Meses Hotel Ambato

En la figura 13 se evidencia el consumo de GLP total que el hotel demanda en todas las áreas de servicio.

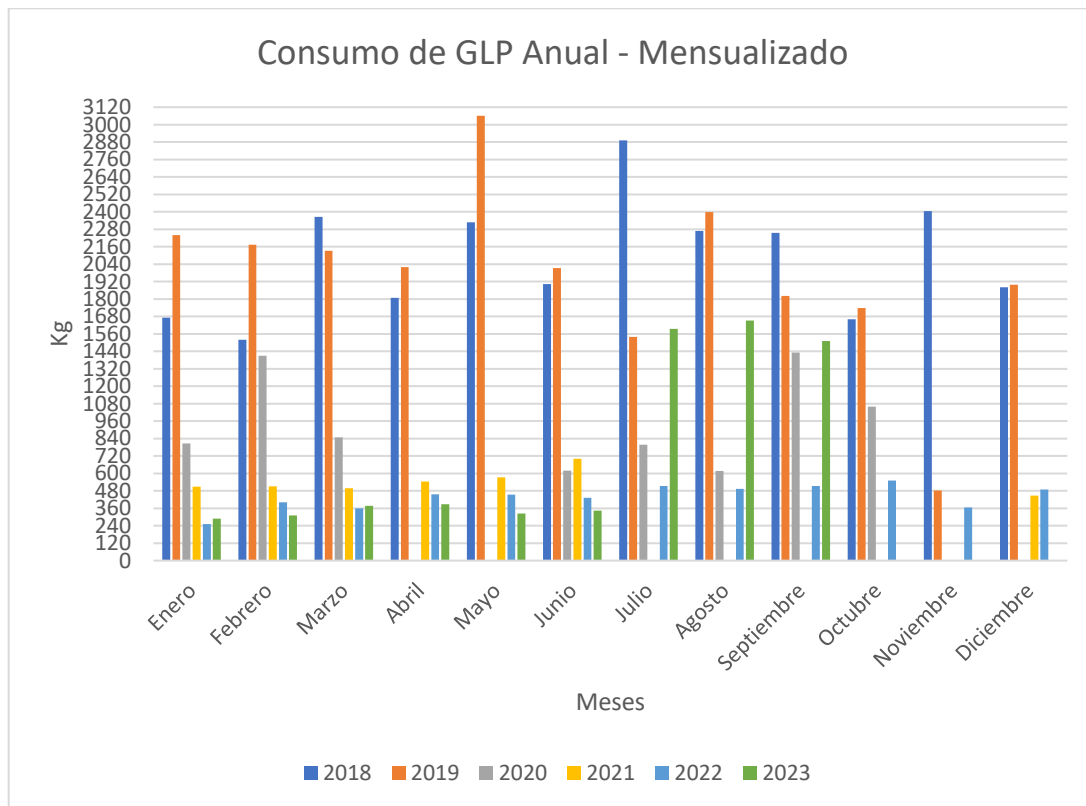


Figura 13. Consumo GLP Total Anual-Mensualizado.

- Análisis del consumo eléctrico en las instalaciones del Hotel Ambato

En este análisis, vamos a determinar el uso de energía eléctrica en las instalaciones del Hotel Ambato. Buscamos comprender cómo este consumo se distribuye entre las diversas áreas y servicios del hotel y cómo ha evolucionado con el tiempo. Al hacerlo, esperamos encontrar formas de reducir los costos operativos y aumentar la eficiencia energética.

Además, este análisis nos permitirá evaluar las prácticas de gestión de energía de los hoteles y cómo se relacionan con los esfuerzos de sostenibilidad generales de la industria hotelera. Al comprender mejor el uso de energía del Hotel Ambato como se detalla en la tabla 14 y en la figura 16 sobre el consumo total anual en el periodo 2018-2023, podemos ayudarlo a reducir su impacto de carbono y operar de una manera más ecológica y responsable. Este análisis tiene la intención de brindar una perspectiva útil para el sector hotelero y la industria en general.

Tabla 14. Consumo Eléctrico

Consumo Eléctrico		
Mes	kWh	USD
2018	152680	15878,72
2019	139611	14519,544
2020	70481	7330,024
2021	98957	10291,528
2022	83764,64	8711,52256
2023	33080,26	3440,34704
TOTAL	578573,9	60171,69

Una vez establecido los consumos anuales de energía eléctrica determinamos una comparativa anual de consumo en kWh/año y el gasto económico como se ven detallados en la figura 14 y 15.

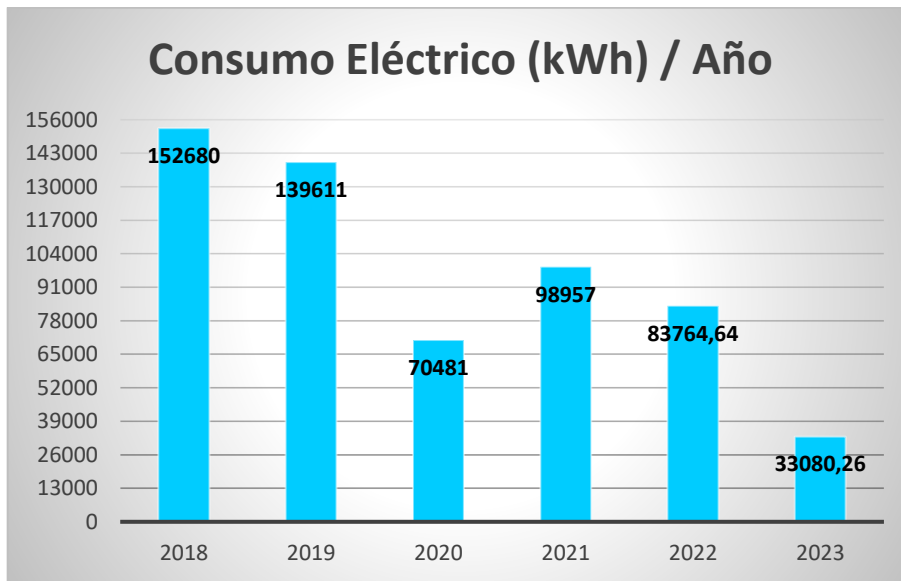


Figura 14. Consumo Eléctrico (kWh)/Meses

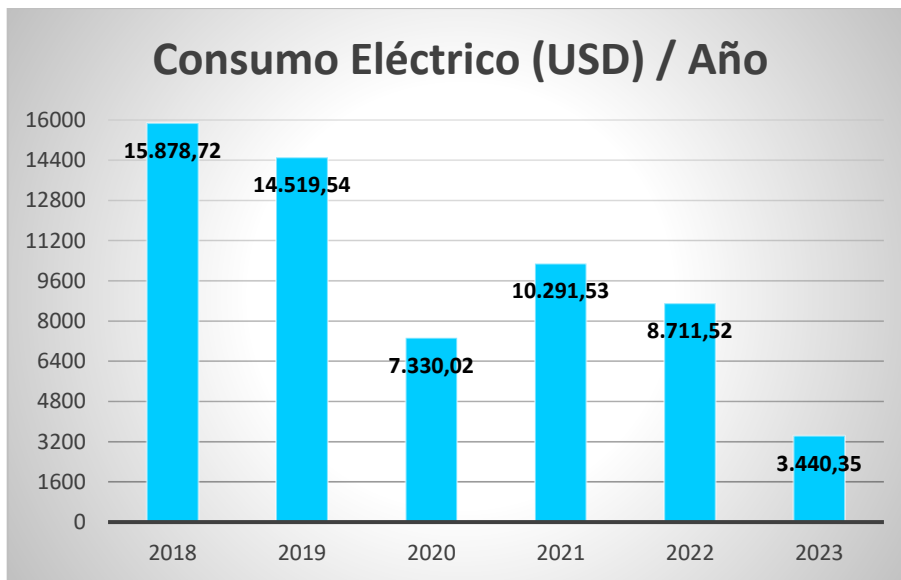


Figura 15. Consumo Eléctrico (USD)/Meses

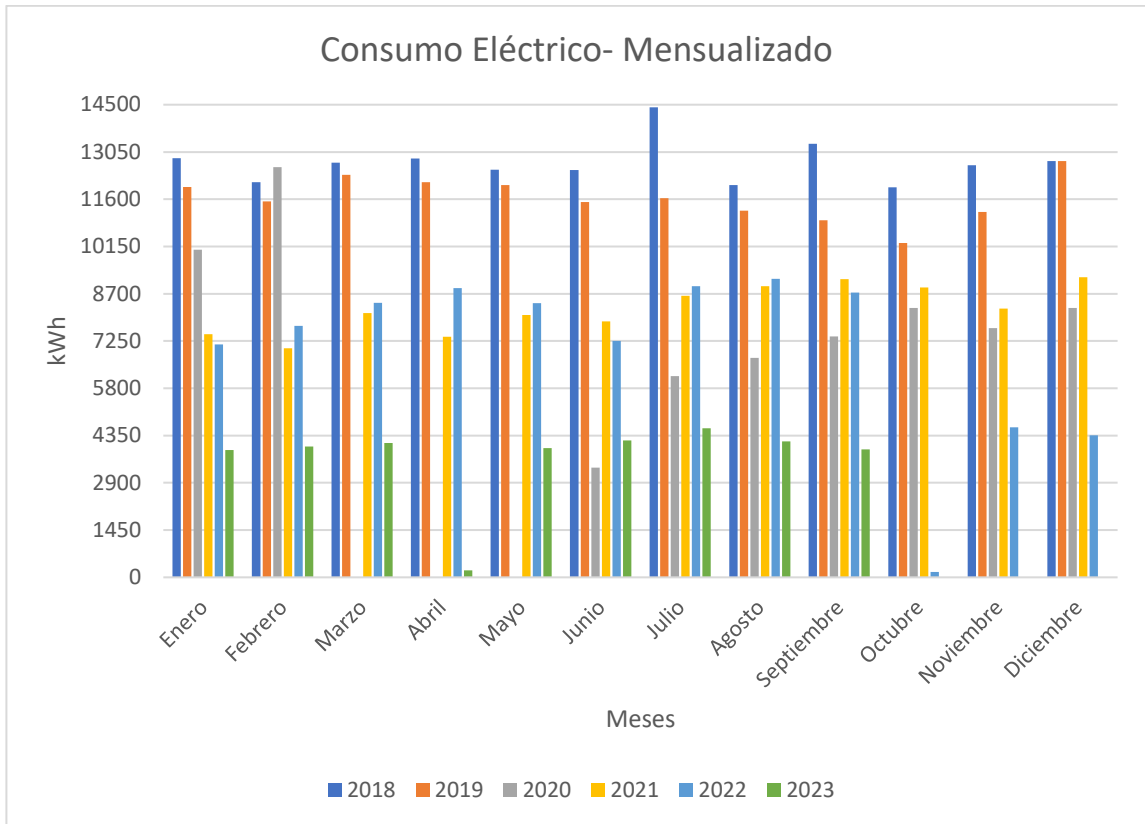


Figura 16. Consumo Eléctrico Anual-Mensualizado.

- Análisis del consumo Agua Potable en las instalaciones del Hotel Ambato

El agua potable es un recurso crítico para el funcionamiento de cualquier hotel, ya que se utiliza en una variedad de tareas, desde la limpieza y la cocina hasta para brindar agua a los huéspedes. El uso de agua potable es fundamental para el funcionamiento diario del Hotel Ambato, así como se ve detallado en la tabla 15 y en la figura 19 el consumo total de agua potable en el periodo 2018-2023 y su impacto en el medio ambiente.

Nuestro objetivo es comprender cómo este consumo se distribuye entre las diversas áreas y servicios del hotel, así como cómo ha cambiado con el tiempo. Al hacerlo, esperamos encontrar formas de reducir los costos operativos y mejorar la eficiencia del uso del agua.

Tabla 15. Consumo de agua Promedio

Consumo Agua		
Mes	m3	USD
2018	6598,48	11745,3
2019	6852,01	12196,57
2020	3201,32	5698,35
2021	6046,49	10762,75
2022	4981,70	8867,43
2023	3983,00	7114,0363
TOTAL	31663,00	56384,44

Una vez establecido los consumos anuales de agua potable determinamos una comparativa anual de consumo en m3/año y el gasto económico como se ven detallados en la figura 17 y 18.



Figura 17. Consumo de Agua(m3) /Meses

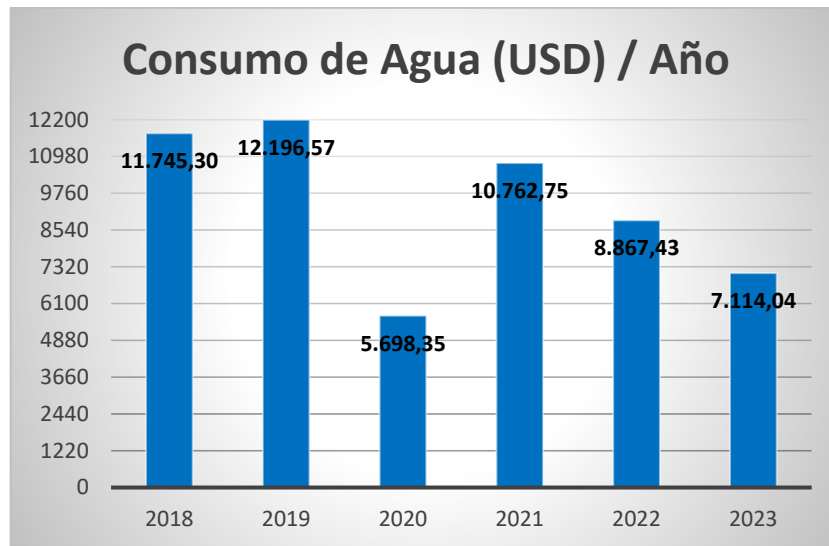


Figura 18. Consumo Agua Potable Hotel Ambato.

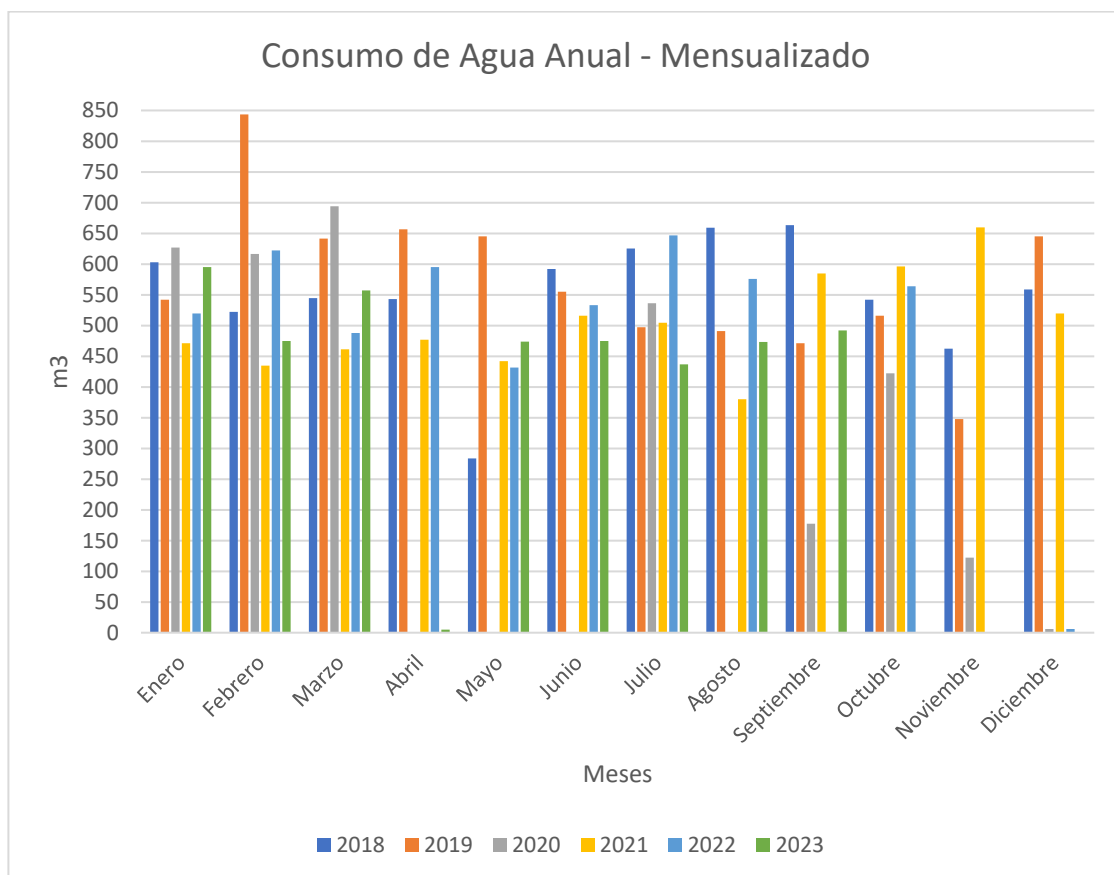


Figura 19. Consumo Agua Anual-Mensualizado.

- Análisis de Radiación solar en las inmediaciones del Hotel Ambato

La radiación solar es una variable climática importante que tiene un impacto directo en una variedad de campos, como la energía solar, la arquitectura y la agricultura. Debido a la ubicación geográfica única del Hotel Ambato, el análisis de la radiación solar es particularmente relevante.

La intensidad de la radiación solar, la variabilidad diurna y estacional, así como la incidencia de la radiación solar directa y difusa en las inmediaciones del Hotel Ambato serán evaluadas en este estudio, mediante el software RETScreen obtenemos un promedio mensual que se ve detallado en la figura 20.

Radiación Solar		
Mes	KWh/m ²	MJ/m ²
Enero	4,39	15,80
Febrero	4,46	16,06
Marzo	4,64	16,70
Abril	4,45	16,02
Mayo	4,26	15,34
Junio	4,23	15,23
Julio	4,42	15,55
Agosto	4,64	16,70
Septiembre	4,62	16,63
Octubre	4,61	16,60
Noviembre	4,70	16,92
Diciembre	4,45	16,02
PROMEDIO	4,49	16,13

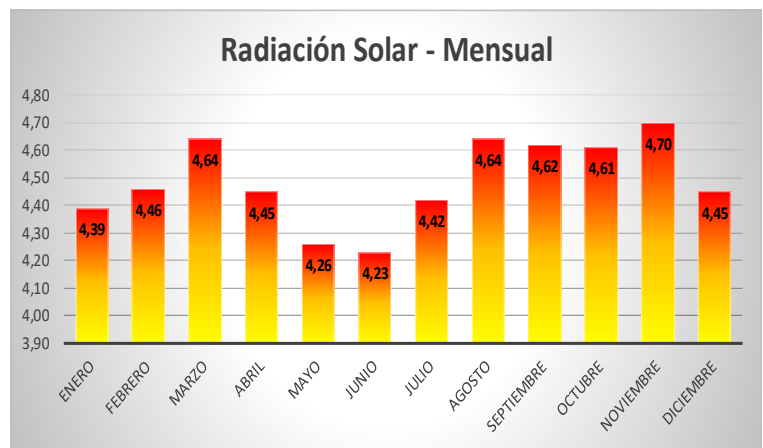


Figura 20. Radiación solar mensual.

Temperatura		
Mes	Aire	Suelo
	°C	°C
Enero	16,60	18,10
Febrero	16,60	17,90
Marzo	16,90	18,40
Abril	16,60	17,90
Mayo	16,10	17,30
Junio	15,50	16,60
Julio	15,70	17,50
Agosto	16,80	19,40
Septiembre	17,80	20,70
Octubre	18,20	21,40
Noviembre	17,50	20,10
Diciembre	16,90	18,60
PROMEDIO	16,77	18,66

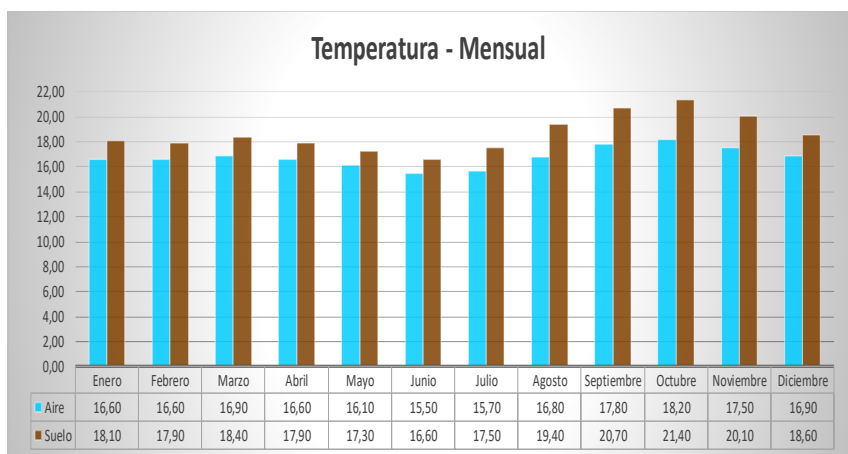


Figura 21. Temperatura Ambiente Mensual.


- Análisis de variación de Precio de GLP en el Ecuador

Hay varias razones por las que el precio del gas licuado de petróleo (GLP) en Ecuador puede variar como se detalla en la tabla 16. La política de precios del gobierno es una de las principales. De acuerdo con los datos disponibles, parece que el gobierno ha establecido el precio del GLP en Ecuador. Esto significa que el gobierno sería responsable de cualquier cambio en el precio del GLP.

Además, factores como los precios internacionales del petróleo y las tasas de cambio pueden tener un impacto en los precios del GLP. Estos factores pueden tener un impacto en el costo de importación de GLP, lo que puede tener un impacto en el precio al consumidor.

Tabla 16. Variación Consumo/Precio GLP Hotel Ambato

Variación Precio GLP			
Mes	Kg	USD	USD/Kg
2018	24957	18258,52	0,73159915
2019	23514	14863,0491	0,63209361
2020	7591	4273,15	0,5629232
2021	3785	2887,96831	0,76300352
2022	5280	4768,26693	0,90308086
2023	6791	4689,83	0,69059491
TOTAL	71918	49740,78	0,69163192

Variación del Precio del GLP (Gas Licuado de Petróleo)
Consideraciones
1. El GLP empleado por el hotel se cataloga como Industrial
2. Los datos reflejados están en función de las tablas oficiales de Petroecuador
3. Realizamos un calculo promedio del valor con respecto a su variacion

ARGUMENTOS DE LA VARIACIÓN DEL PRECIO DEL GLP
Precio internacional del petróleo: El GLP es un subproducto del petróleo crudo, por lo que su precio está vinculado al precio del petróleo en los mercados internacionales. Si hay cambios significativos en los precios del petróleo, es probable que también haya impacto en el precio del GLP.
Costos de producción y distribución: Los costos asociados con la producción, transporte y distribución del GLP también pueden influir en su precio. Esto incluye los costos de extracción, refinación, almacenamiento y logística.
Políticas gubernamentales: Las decisiones del gobierno, como los impuestos y subsidios, tienen un impacto directo en el precio del GLP. Cambios en la política o decisiones sobre subsidios pueden afectar los costos y los precios al consumidor.
Demanda y oferta local: Factores como la demanda y la oferta locales también pueden influir en los precios. Si hay un aumento en la demanda o una disminución en la oferta, los precios pueden subir.
Condiciones del mercado: Las condiciones del mercado, como la competencia entre proveedores y la situación económica general, pueden afectar los precios del

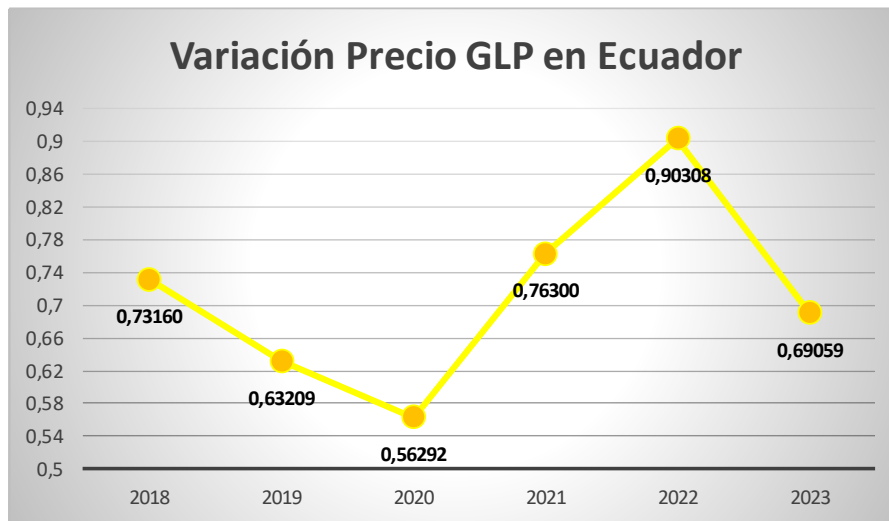


Figura 22. Variación Precio GLP en Ecuador

2.5. Consumo energético empleado para la producción de agua caliente sanitaria en la Compañía de Economía Mixta Hotelera y Turística Ambato.

Actualmente el sistema que esta operando en las instalaciones del Hotel Ambato para la generación de ACS comprende de 56 colectores solares de tubos al vacío y de un sistema auxiliar de 4 calefones que operan con la combustión de GLP, la demanda energética total a cubrir es de 59.533,43 kWh/año.

Mediante la aplicación del método F-chart obtenemos la fracción solar en la que los colectores solares están operando actualmente, con un valor 57% lo que equivale a 33.934,05 kWh/año, por lo tanto, el sistema auxiliar aporta el 43% lo que equivale a 25.599,37 kWh/año.

Para la recolección de datos se tabularon los valores reflejados en los medidores presentes en el área de lavandería y cocina, tomando lecturas cada 3 días durante el mes de febrero del 2023 como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Datos Consumo GLP febrero 2023

Datos Meses Consumo GLP [m3]		
Fecha	Lavandería	Cocina
02/02/2023	21817,121	22601,496
05/02/2023	21842,741	22623,949
08/02/2023	21868,360	22646,401
11/02/2023	21893,980	22668,853
14/02/2023	21919,599	22691,305
17/02/2023	21945,219	22713,757
20/02/2023	21970,838	22736,210
23/02/2023	21995,755	22757,995
27/02/2023	22032,867	22790,749
01/03/2023	22044,593	22804,077
Val f - Val i	227,472	202,581
GLP [kg]	113,281	100,885

En los registros observamos un consumo de 312 kg de GLP en el mes de febrero de 2023, para obtener el consumo de GLP para la generación de ACS restamos los consumos destinados a lavandería y cocina, obteniendo los resultados que se ven reflejados en la tabla 18.

Tabla 18. Consumo GLP Total febrero 2023

Consumo GLP		
Mes	Kg	USD
Febrero	312	216,2
Suma [m3]	GLP (kg)	
430,052	214,166	
Consumo GLP Cuarto de Máquinas		
Mes	Kg	USD
Febrero	97,83	73,38

Estos valores nos permiten tener una referencia porcentual que se puede aplicar para calcular un estimado del consumo en las diferentes áreas de servicio, como se muestra en la figura 23.

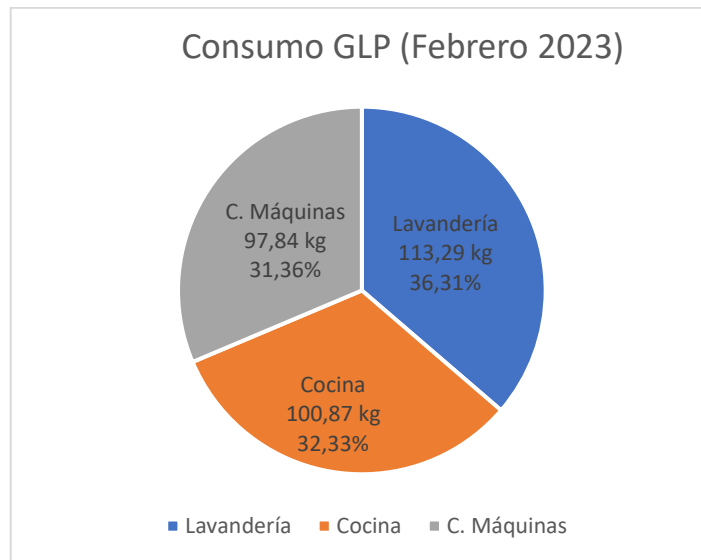


Figura 23. Distribucion porcentual- consumo GLP.

En la figura 23 se evidencia el consumo de GLP total que el hotel demanda en todas las áreas de servicio, mientras tanto en la figura 24 se muestra el consumo destinado para la generación de ACS en base a la demanda total requerida.

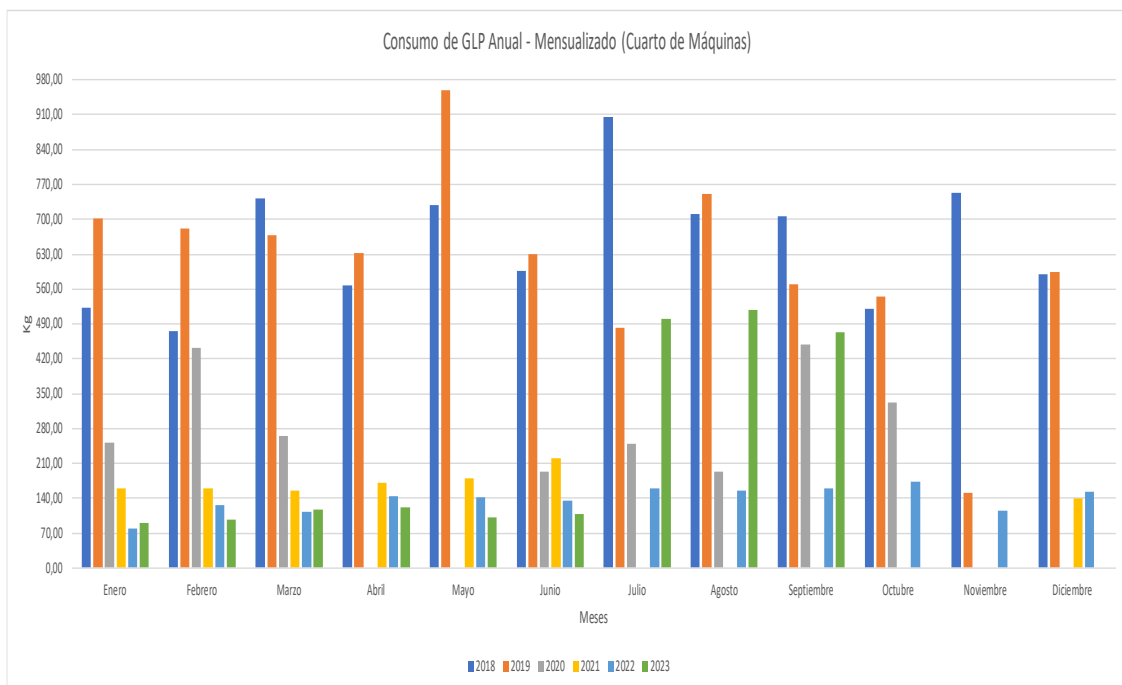


Figura 24. Consumo GLP anual-Mensualizado para ACS.

Determinada la demanda energética que debe cubrir el sistema auxiliar para abastecer el 47% obtenemos un consumo y costo operativo diario de 8,45 kg GLP de 5,83 USD respectivamente, lo que resulta al Hotel Ambato un costo anual de 2.114,21. USD para la generación de ACS.

2.6. Alternativas de sistemas para la generación de ACS

- Caldera de gas de condensación

Posterior al análisis de la situación actual en la que se encuentra el sistema de ACS (Agua Caliente Sanitaria), para mejorar el rendimiento energético se propone el uso de una caldera de gas de condensación, misma que brinda ampliar la sostenibilidad, seguridad y confort de la instalación.

Una caldera de gas de condensación basa su funcionamiento en aprovechar el calor latente propio del cambio de fase existente en el vapor de agua residual del proceso de calentamiento inicial [166]. De esta forma, la caldera consigue economizar hasta en un 30% el consumo de energía y disminución de emisiones, dióxido de carbono en un 35% como de óxido de nitrógeno hasta en 70%, comparándolo con los sistemas convencionales [167]. Un beneficio adicional de este sistema es la reducción de los niveles de contaminación acústica, debido a que evita el ruido de encendido y apagado, esto se refleja en los niveles por debajo de los 50 decibelios en operación.

La tabla 19, muestra el rendimiento mínimo de calderas según su tipo, enfocándose en la potencia nominal y la carga parcial [168].

Tabla 19. Comparativa de rendimiento entre los tipos de caldera[169].

Tipo	Potencia	Potencia nominal		Carga parcial	
	kW	T. Media °C	Rendimiento	T. Media °C	Rendimiento
Estándar	4 a 400	70	> 84	> 50	> 80
Baja Temperatura	4 a 400	70	> 87.5	> 40	> 87.5
Condensación	4 a 400	70	> 90	> 30	> 97

Como se mencionó anteriormente, el sistema se basa en aprovechar el calor de los productos de la combustión que en sistemas tradicionales son completamente desechados. En la figura 25 observamos como el humo que se produce durante la combustión disminuye su temperatura hasta llegar al punto de rocío, logrando de esta forma liberar el calor latente de este vapor y transferirlo al agua de la caldera para elevar su temperatura, [170].

En un sistema de condensación podemos encontrar dos secciones diferenciadas por el sistema de transmisión de calor. En la primera sección, predomina la radiación producida por las llamas resultantes de la ignición del combustible. En la segunda, predomina la convección con cambio de fase, esta es la parte más importante debido a que en esta se aprovecha la energía de condensación [171].

A continuación, vamos a detallar el proceso paso a paso que sigue una caldera de gas de condensación:

1. Se inicia el proceso, alimentando gas a la caldera y se produce la combustión del GLP junto al aire el ambiente.
2. La llama generada calienta el agua de impulsión a través del primer intercambiador de calor.
3. Esta agua caliente se impulsa hacia la instalación de radiadores mediante una bomba, en este momento se produce un intercambio de energía con el ambiente.
4. Debido a la pérdida de energía con el ambiente, el agua de calefacción reduce su temperatura, por ende, el circuito de retorno tendrá una temperatura menor a la de impulsión.
5. La superficie de este circuito de retorno se pone en contacto con los vapores producidos en la combustión produciendo un segundo intercambio de calor. Este proceso busca disminuir lo máximo que se pueda la temperatura del humo, hasta lograr una temperatura de rocío. El vapor de agua se empieza a condensar y liberar una considerable cantidad de energía.
6. La energía liberada se aprovecha para calentar el agua de retorno de tal forma que, a comparación con el primer intercambio de calor, la energía necesaria sea mucho menor.
7. El humo cuyo vapor de agua fue condensado se pone en contacto con los conductores de admisión exterior, se produce un tercer intercambio de calor que tiene el objetivo de

incrementar la temperatura de este aire para que al llegar al quemador se favorezca y ahorro energético en la combustión.

8. Finalmente, el agua condensada se evacua del sistema.

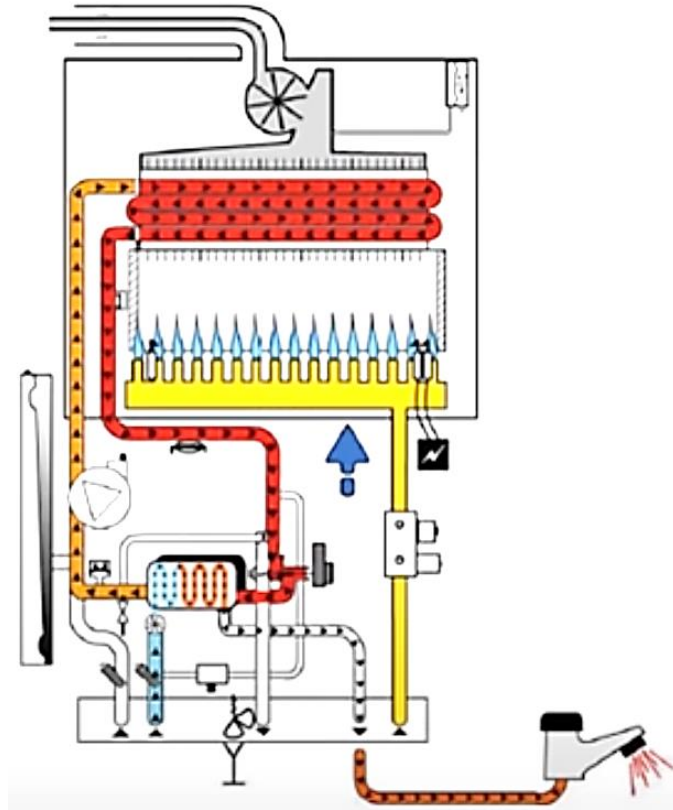


Figura 25. Caldera de gas de condensación [172].

Las especificaciones técnicas de este tipo de calderas varían dependiendo el modelo y fabricante, pero a términos generales, el rango de ajuste de potencia varía entre 5 a 25 kW, resultando en una temperatura máxima de ida de 85 C. Tiene una presión máxima de 43, 511 psi con un volumen de agua circulante de 1075 L/h y una presión de bomba disponible promedio de 3.62594 psi.

Para la comparativa de este trabajo se va a utilizar la caldera de condensación Cointra Superlative Plus 24 C, del fabricante Cointra, considerada una de las más eficientes del mercado [173].

En la tabla 20 se enumeran las especificaciones técnicas más importantes del modelo.

Tabla 20. Características calefón a condensación.

Características técnicas de la caldera de condensación	
Capacidad térmica máxima (kW)	20.4
Capacidad térmica mínima (kW)	5
Potencia térmica máxima (80/60°C) (kW)	20
Potencia térmica mínima (80/60°C) (kW)	4.9
Potencia térmica máxima (50/30°C) (kW)	21.7
Potencia térmica mínima (50/30°C) (kW)	5,4
Producción de agua caliente l/m	14
Tipo de gas	Gas natural/Gas propano (La adaptación a gas propano requiere la modificación de los parámetros de la caldera) ³
Salida máxima de humos 60/100	2.5 mts y 1 codo

-Bombas de calor

Las bombas de calor son dispositivos que utilizan la energía térmica del entorno para calentar agua sanitaria (ACS) o calentar el agua como se muestra en la figura 26. El funcionamiento de este sistema que es amigable con el medio ambiente opera de la siguiente manera:

1. Extracción de energía: La bomba de calor extrae energía térmica del medio ambiente. Este tipo de energía puede provenir del aire, el agua o el suelo.

2. Transferencia de energía: La bomba de calor transmite energía térmica al agua sanitaria a través de un intercambiador de calor. El refrigerante se utiliza como medio portador que circula en el sistema.
3. Compresión: El refrigerante ingresa al compresor, donde aumenta la presión y la temperatura.
4. Condensación: Después, el refrigerante pasa al condensador, que es la unidad interna, donde transmite su calor al agua, lo que produce agua caliente para calefacción o ACS.

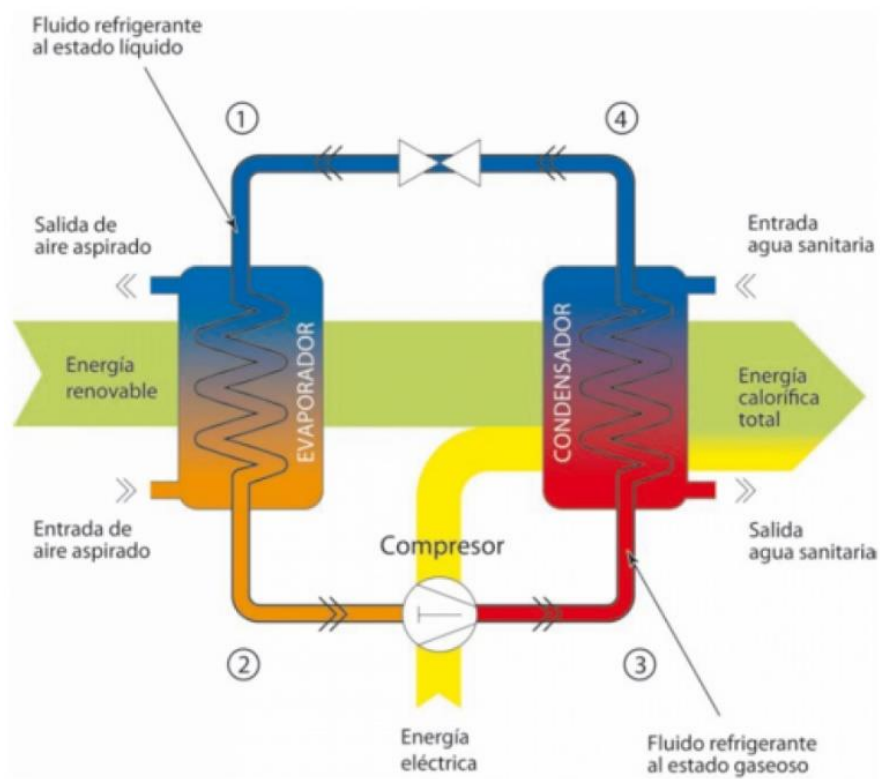


Figura 26. Bomba de calor aire-agua [174].

Las bombas de calor son altamente eficientes porque pueden usar hasta el 75% de la energía del aire. Es decir, con solo 1 kW de electricidad, las bombas de calor pueden generar hasta 4 kW de calor. Como resultado, son un sistema de energía renovable.

Para ACS, hay dos tipos principales de bombas de calor:

Equipo de aerotermia para ACS compacto: Estos kits compactos tienen una entrada, una salida de aire y un sistema de ventilación para su unidad condensadora.

El equipo de aerotermia utilizado para el ACS partido: Para aprovechar mejor la energía del aire en este caso, la entrada y la salida deben conducirse al exterior mediante tubos de PVC.

En la tabla 21 se muestran las especificaciones técnicas más importantes del sistema de bombas de calor.

Tabla 21. Características funcionales bomba de calor [175].

Característica	Valor Aproximado
Potencia eléctrica	1-5 kW
Capacidad de calefacción	4-20 kW
Producción de ACS	40-200 Litros/hora
Coficiente de rendimiento (COP)	3-6
Tipo de refrigerante	R134a, R410A, etc.
Nivel de ruido	40-60 dB

El Coeficiente de Rendimiento (COP) de una bomba de calor puede verse afectado por varios factores, uno de ellos es la temperatura ambiente. En términos generales, el COP está estrechamente ligado a las condiciones de operación, específicamente a la temperatura absoluta y la temperatura relativa entre el disipador de calor y el sistema. Al tener aire frío se puede obtener menos energía que del aire caliente.

En cuanto a la presión atmosférica, no se menciona un factor que afecte directamente al COP. Sin embargo, la presión puede influir en la eficiencia de la bomba de calor de manera

indirecta, ya que puede afectar a las propiedades termodinámicas del refrigerante utilizado en la bomba de calor.

Trasladando estos conceptos a nuestra instalación tenemos que el COP de la bomba de calor que planteamos comprende un rango de 3.8 – 6, estos valores son especificados por el fabricante Industek, para lo cual usamos el COP menor, debido a que nuestra instalación se va a realizar en Ambato ciudad céntrica de la Sierra – ecuatoriana y la temperatura ambiente no es constante, pues oscila entre 16,1 a 18,2 °C.

2.7. Métodos

Para calcular la demanda energética del sistema de calentamiento de agua sanitaria, se realizó un cálculo energético por el método F-Chart para establecer la fracción solar, que permitió especificar el calor producido que emplea el sistema. Paralelamente, un pirómetro fue utilizado para medir la temperatura en áreas que pueden ser frías o calientes.

Los resultados obtenidos ayudaron a comprender la regresión y emisividad, todo esto en relación al área estudiada. Una vez completadas las fases de recopilación de datos, el cálculo energético y eficiencia del sistema actual, se estudiaron otras fuentes de energía que podrían ajustarse al suministro energético. De acuerdo con esto, se lleva a cabo un análisis de la demanda energética por los recursos caloríficos que podrían ser utilizados. Para reducir la cantidad de dióxido de carbono producido por el sistema actual, el objetivo de este trabajo es encontrar sistemas amigables con el medio ambiente.

Para comparar los resultados obtenidos y obtener la viabilidad de las fuentes de calor, se realizó una serie de investigaciones preliminares, recolección de datos y análisis de información. De mismo modo, se desarrolló un estudio que compare la factibilidad de emplear sistemas energéticos para ACS, para elegir el sistema auxiliar que sea eficiente y reduzca las emisiones de GEI hacia la atmosfera.

2.8. Modalidad de investigación

Se detallan las distintas modalidades de investigación que se emplearon para el desarrollo del proyecto.

2.8.1. Investigación Exploratoria

El desarrollo del proyecto se debe inspeccionar y conocer la sala de máquinas de la “COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA HOTELERA Y TURÍSTICA AMBATO.” En esta zona se tomaron medidas de los distintos parámetros, como dimensiones y temperatura, así como otros aspectos técnicos relacionados con el trabajo de investigación.

2.8.2. Investigación Descriptiva

Este tipo de metodología de investigación es fundamental para el desarrollo del proyecto siendo necesario especificar cómo funcionan los componentes primarios y auxiliares para el suministro de agua potable.

2.8.3. Investigación Explicativa

El objetivo es buscar sistemas que reduzcan el impacto ambiental y minimicen la huella de carbono causada por el suministro actual, se emplea esta modalidad de investigación para examinar otras fuentes de calor que puedan ser implementadas al suministro de energía, mejorando las condiciones vigentes del sistema.

2.8.4. Investigación Bibliográfica

Con esta metodología pudimos recopilar información relacionada con el tema principal de nuestro proyecto de investigación, que implicó la extracción de fuentes tanto nacionales como internacionales.

2.9. Procedimiento

El proceso oportuno para desarrollar la hipótesis está estrechamente ligado al desarrollo del trabajo de investigación, para lo cual desarrollamos el flujograma de la figura 27.

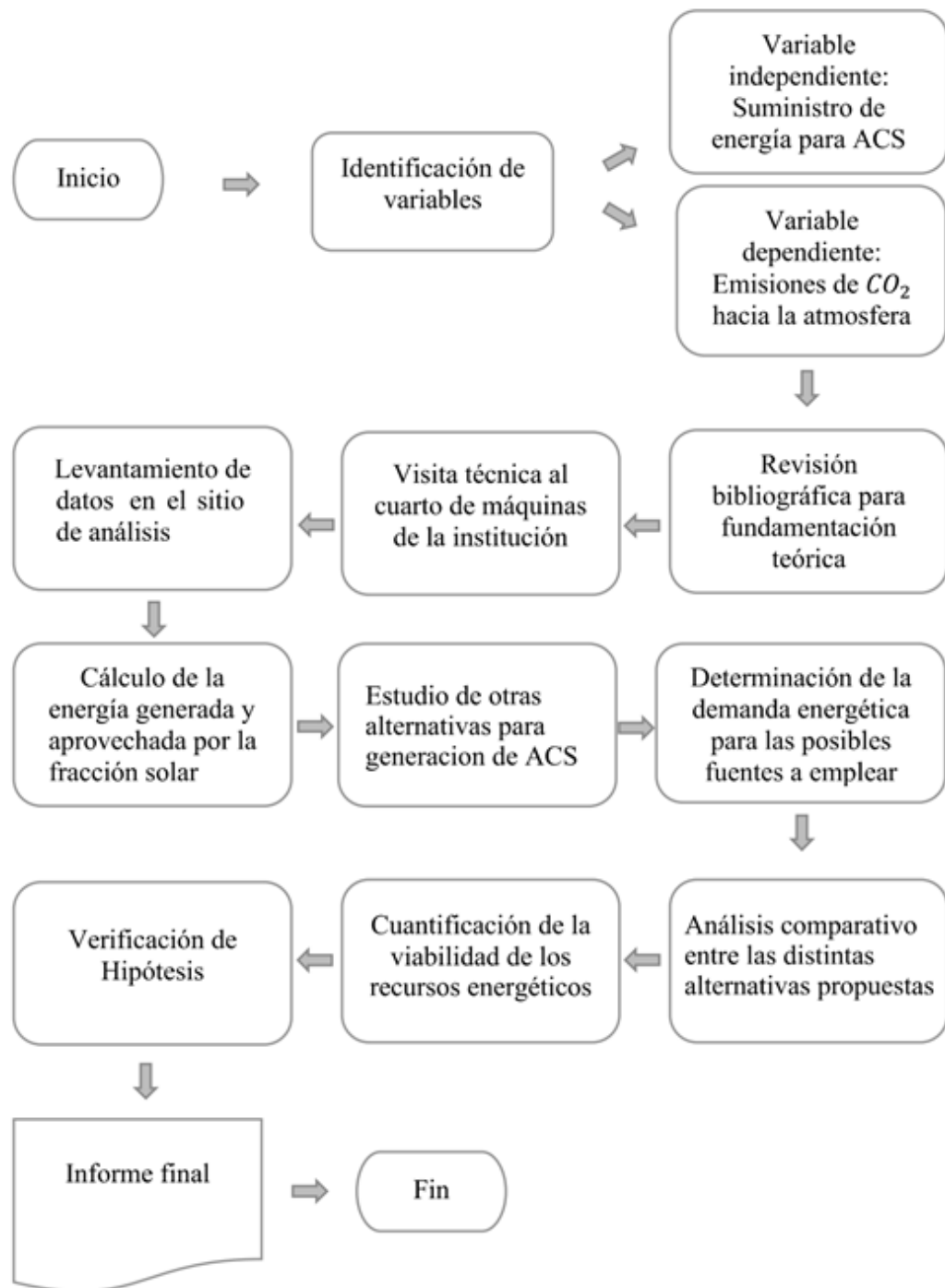


Figura 27. Flujograma verificación de Hipótesis.

CAPÍTULO III

3. Análisis de demandas Energéticas en las instalaciones del hotel Ambato

- Demanda de Agua Potable anual

En las instalaciones del hotel Ambato el máximo consumo agua potable registrado es en el año 2019 en el mes de febrero, con un valor de 843.603,74 litros, en base a la figura 20 sobre el consumo anual mensualizado en el periodo desde el 2018 hasta el 2023.

$$D_{anualAP} = 843.603,74 \frac{l}{mes} * 12 meses \quad \text{Ec.14}$$

$$D_{anualAP} = 10.123.244,9 \frac{l}{año}$$

- Demanda de ACS anual

El Hotel Ambato está diseñado para recibir a 104 personas, en base a los datos de la figura 26 considerando que, del consumo total de Agua potable según el artículo publicado por Hosteltur en el año 2016 [176], el cual menciona que el 24% corresponde al consumo de agua caliente sanitaria, obteniendo un valor de 67,60 lt/día por persona, un consumo mayor a lo que recomienda la Norma Ecuatoriana de Construcción lo que ocasiona una demanda diaria de 7.030,4 lt/día en el Hotel, lo cual en la figura 26 observamos una comparativa entre el consumo recomendado y el consumo real del Hotel Ambato. De tal manera la demanda de ACS anual se determina de la siguiente manera.

$$D_{anualACS} = 7.030,4 \frac{lt}{día} * 365 días$$

Ec.15

$$D_{anualACS} = 2.566.096 \frac{lt}{año}$$

En un hotel de 4 estrellas, el agua caliente sanitaria se utiliza en varios servicios. Según las normativas americanas y europeas, el consumo por cliente es de 55 litros, por lo cual se detalla:

-Duchas

El consumo en ducha se estima en 30 litros. Es importante controlar que el caudal de la ducha sea de 5 litros por minuto.

- Lavabos y bidés

Se recomienda que el caudal de los lavabos y bidés sea de 5 litros por minuto. El agua caliente sanitaria se utiliza en estos servicios durante las horas restantes del día.

Es importante mencionar que estos son valores estimados y el consumo real puede variar dependiendo de varios factores como el comportamiento de los huéspedes, el uso de la cocina, la eficiencia de los sistemas de agua caliente, entre otros.

En nuestro caso particular obtenemos una demanda de (67,60 litros/día-persona), siendo superior a la demanda de (55 litros/día-persona), establecida por diferentes normas tanto nacionales como internacionales, esto se debe a que el Hotel Ambato cuenta con un servicio de Catering, el cual se encarga de entregar comida a oficinas fuera de las instalaciones lo cual eleva el consumo de ACS en la cocina, además las mejores habitaciones cuentan con hidromasajes lo cual también eleva el consumo.

Los 55 litros/día por persona de agua caliente sanitaria en hoteles de 4 estrellas que está estipulado por la NEC, generalmente se refieren al uso personal de cada huésped en su habitación, como ducharse, lavarse las manos, afeitarse, etc.

El uso de agua caliente en áreas como la lavandería y la cocina del hotel se maneja por separado, se calcula con respecto a sus necesidades específicas. Por ejemplo, la lavandería de un hotel puede demandar una gran cantidad de agua caliente para el servicio de lavar la ropa de los huéspedes, la utilería de las habitaciones y las toallas. Del mismo modo, la cocina requiere agua caliente para la limpieza, desinfección y preparación de alimentos. Estos usos no están contemplados en los 55 litros/día por persona.

- Demanda energética inicial de ACS

La demanda calorífica anual del sistema de calentamiento de agua sanitaria, se involucra la demanda anual de agua caliente sanitaria, el calor específico del agua a presión constante y la diferencia de temperaturas de entrada y de salida del fluido.

$$D_{\text{energetica anual ACS}} = D_{\text{anual ACS}} * C_{pc} * (\Delta T) \quad \text{Ec. 16}$$

$$D_{\text{energetica anual ACS}} = 2.566,1 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} * 1.16 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{°C}} * (50 - 15)\text{°C}$$

$$D_{\text{energetica anual ACS}} = 102.516,56 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

- **Demanda Energética en circuito cerrado de ACS**

$$D_{\text{energetica anual ACS}} = D_{\text{anual ACS}} * C_{pc} * (\Delta T)$$

$$D_{\text{energetica anual ACS}} = 2.566,1 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} * 1.16 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3\text{°C}} * (50 - 30)\text{°C}$$

$$D_{\text{energetica anual ACS}} = 59.533,43 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

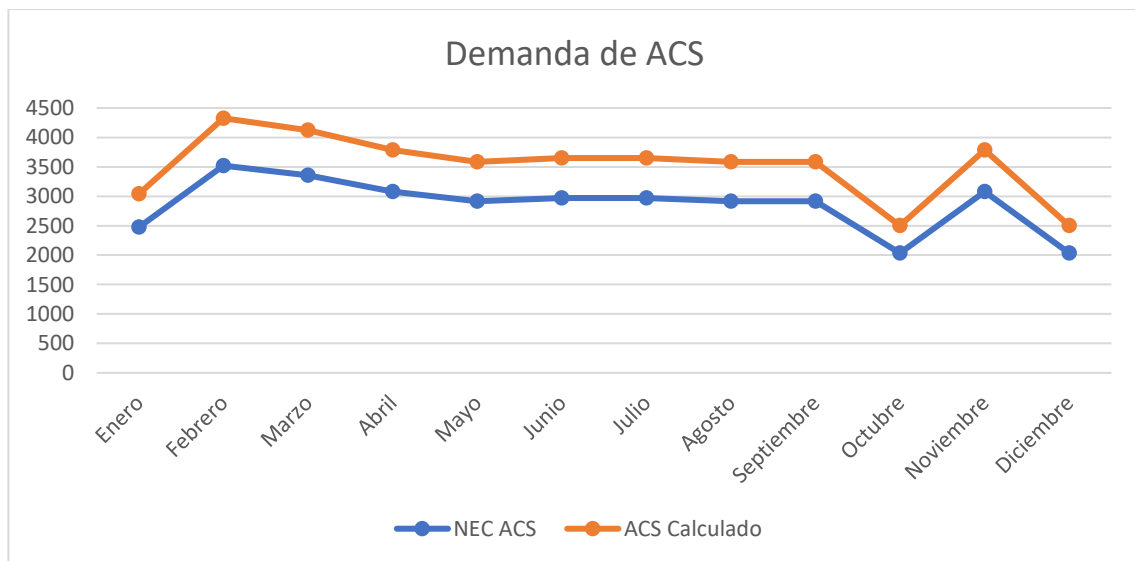


Figura 28. Comparativa Consumo NEC/ Consumo Real.

En la figura 28 observamos una comparativa del consumo real en el Hotel Ambato en relación al consumo estimado en la norma ecuatoriana de construcción, en la cual observamos una variación del 18% del consumo calculado en relación al consumo recomendado.

- Sistema Solar Térmico (SST)

Cálculo actual del rendimiento del colector solar Suntax, la cual compara con una curva de rendimiento dos tipos de colectores solares: placas planas y tubos al vacío, como se detalla en la figura 29.

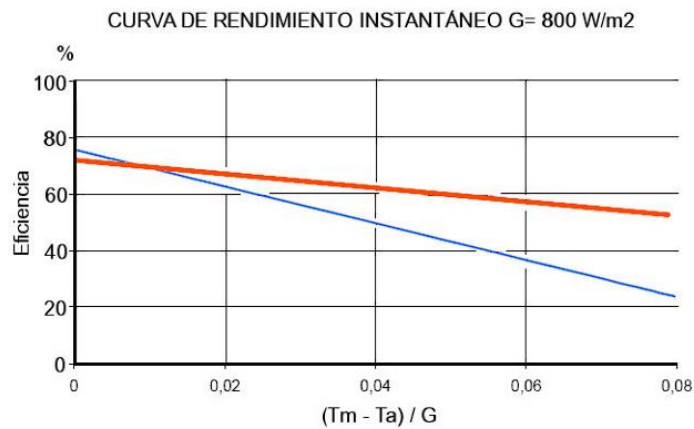


Figura 29. Comparativa Colectores solares.

Donde:

Curva Azul: Rendimiento colector solar plano de tipo medio.

Curva Roja: Rendimiento colector solar de tubo de vacío

Se usa la Ecuación 17 para graficar la eficiencia de los colectores solares de Tubos al Vacío.

$$X = \frac{T_m - T_a}{G}$$

Ec.17

Para lo cual se detalla:

$$T_m = \frac{T_{Salida} + T_{Entrada}}{2}$$

Ec.18

Donde:

T_m : Media de la temperatura del colector [°C]

T_a : Temperatura Ambiente [°C]

G : Irradiación solar (Wh/m²)

Y la ecuación de rendimiento se muestra a continuación:

$$\eta = 0.7170 - 1.5281 X - 0.0156 X^2$$

Se desarrolla:

$$T_m = \frac{50 + 30}{2}$$

$$T_m = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$G = 4,23 \frac{kWh}{m^2} * 1000$$

$$G = 4.230 \frac{Wh}{m^2}$$

$$X = \frac{40 - 16.6}{4.230}$$

$$X = 0,0053$$

$$\eta = 0.7170 - 1.5281 (0,0053) - 0.0156 (0,0053)^2$$

$$\eta = 0.7085$$

$$\eta = 70,85 \%$$

Cálculo y dimensionamiento de un Sistema Solar Térmico para un hotel de 4 estrellas ubicado en la ciudad de Ambato. El hotel dispone de una capacidad para 104 personas.

$$V_{ACS} = V_{ref} * n \text{ personas}$$

Ec.19

$$V_{ACS} = 67,60 \frac{lt}{dia} * 104 \text{ personas} = 7.030,4 \frac{litros}{dia}$$

A partir del volumen de ACS diario, para la aplicación del método f-chart se determinará la demanda térmica mensual correspondiente, para lo cual se aplica la expresión:

$$L_{mes} = Q_{día} * N * (T_{ACS} - T_{red}) * 1,16 * 10^{-3}$$

Ec.20

Donde:

L_{mes} : es la demanda energética mensual, kWh .

$Q_{día}$: es el consumo diario de agua caliente sanitaria a la temperatura de referencia T_{ACS} , expresado en litros (l).

N : es el número de días del mes.

T_{ACS} : es la temperatura de referencia utilizada para la cuantificación del consumo de agua caliente, en °C; en este caso es 50 °C.

T_{red} : es la temperatura del agua fría de la red, en °C. (los valores considerados en la tabla son tentativos).

$1,16 \frac{kWh}{m^3 \cdot ^\circ C}$: Calor específico del agua.

10^{-3} : Factor de conversión litros a m³

Se realiza el cálculo para el caso del mes de enero:

$$L_{enero} = 7.030,4 * 31 * (50 - 30) * 1,16 * 10^{-3}$$

$$L_{enero} = 5.056,26 \frac{kWh}{mes}$$

En la tabla 22 se aplica la fórmula para realizar el cálculo de todo el año:

Tabla 22. Consumo energético anual.

MES	T_{ACS}	N (Días)	$Q_{día} \left(\frac{l}{día}\right)$	T_{red}	L_{mes} (kWh)
ENERO	50	31	7030,4	30	5056,26
FEBRERO	50	28	7030,4	30	4566,95
MARZO	50	31	7030,4	30	5056,26
ABRIL	50	30	7030,4	30	4893,16
MAYO	50	31	7030,4	30	5056,26
JUNIO	50	30	7030,4	30	4893,16
JULIO	50	31	7030,4	30	5056,26
AGOSTO	50	31	7030,4	30	5056,26
SEPTIEMBRE	50	30	7030,4	30	4893,16
OCTUBRE	50	31	7030,4	30	5056,26
NOVIEMBRE	50	30	7030,4	30	4893,16
DICIEMBRE	50	31	7030,4	30	5056,26
TOTAL	Suma	365			59533,43
	Promedio	50	30,417	7030,4	30,000

El software RETScreen, nos permite ver los valores de Radiación Solar diaria, Temperatura del Aire (Ambiente) las cuales vamos a denotar con las siglas EI y T_{amb} respectivamente, según la norma NEC-HS-ER-Energías-Renovables, obteniendo una medición precisa ya que está en función de las coordenadas que previamente establecimos y la base de datos del software se actualiza constantemente.

Unidad	Ubicación de datos meteorológicos		Localización de la instalación		Fuente
	Latitud	Longitud	Ubicación de datos meteorológicos	Localización de la instalación	
Latitud	-1,2	-1,2			NASA
Longitud	-78,6	-78,6			NASA - NASA
Zona climática	4A - Mixto - Húmedo				NASA
Elevación	m	3100		0	NASA
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	11,0			NASA
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	21,9			NASA
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	11,1			NASA

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Precipitación	Radiación solar diaria - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Días-grado de calentamiento 18 °C	Días-grado de enfriamiento 10 °C
	°C	%	mm	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Enero	16,6	80,7%	170,96	4,39	82,4	1,7	18,1	42	206
Febrero	16,6	82,2%	209,34	4,46	82,4	1,6	17,9	38	186
Marzo	16,9	80,5%	227,42	4,64	82,4	1,6	18,4	33	215
Abril	16,6	80,1%	225,69	4,45	82,4	1,7	17,9	43	197
Mayo	16,1	76,2%	179,17	4,26	82,5	1,8	17,3	60	189
Junio	15,5	72,0%	140,62	4,23	82,5	2,3	16,6	76	164
Julio	15,7	61,8%	111,01	4,32	82,6	2,4	17,5	71	177
Agosto	16,8	54,8%	95,76	4,64	82,5	2,4	19,4	36	212
Setiembre	17,8	55,2%	111,19	4,62	82,5	2,1	20,7	6	234
Octubre	18,2	59,9%	135,58	4,61	82,4	1,9	21,4	0	254
Noviembre	17,5	70,3%	145,79	4,70	82,3	1,9	20,1	15	225
Diciembre	16,9	79,3%	161,69	4,45	82,3	1,8	18,6	35	213
Anual	16,8	71,0%	1.914,20	4,48	82,4	1,9	18,6	453	2.473
Fuente	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA
Medido a					m	10	0		

Figura 30. Captura RETScreen [151].

Tabla 23. Consumo Mensualizado radiación solar.

MES	T_{ACS}	N (Días)	$EI \left(\frac{kWh}{m^2 * día} \right)$	$EI \left(\frac{kWh}{m^2 * mes} \right)$	$T_{ambiente}$
ENERO	50	31	4,39	136,09	16,6
FEBRERO	50	28	4,46	124,88	16,6
MARZO	50	31	4,64	143,84	16,9
ABRIL	50	30	4,45	133,50	16,6
MAYO	50	31	4,26	132,06	16,1
JUNIO	50	30	4,23	126,90	15,5
JULIO	50	31	4,32	133,92	15,7
AGOSTO	50	31	4,64	143,84	16,8
SEPTIEMBRE	50	30	4,62	138,60	17,8
OCTUBRE	50	31	4,61	142,91	18,2
NOVIEMBRE	50	30	4,7	141,00	17,5
DICIEMBRE	50	31	4,45	137,95	16,9
TOTAL	Suma	365	53,77	1635,49	
	Promedio	50	30,417	4,481	136,291

Como se puede observar en la tabla 23 el valor anual es de 1.635,49 kWh/m², lo que equivale a un promedio diario de 4,48 kWh/m².

Debido a la radiación solar diaria horizontal promedio anual de 4,48 kWh/(m²*día), el objeto de estudio se ubica en la Zona Climática III. De acuerdo a la tabla 24.

Tabla 24. Irradiación diaria para las regiones del Ecuador [177].

Zona climática	kWh/m ²	MJ/m ²
I	$H < 3,8$	$H < 13,68$
II	$3,8 \leq H < 4,2$	$13,68 \leq H < 15,12$
III	$4,2 \leq H < 4,6$	$15,12 \leq H < 16,56$
IV	$4,6 \leq H < 5,0$	$16,56 \leq H < 18,00$
V	$5,0 \leq H < 5,4$	$18,00 \leq H < 19,44$
VI	$H \geq 5,4$	$H \geq 19,44$

La contribución solar se determina a partir de la tabla 25, en donde se tiene en cuenta la demanda total diaria. En este caso 7.030,4 litros, que se sitúa en el rango de 5001 –10.000; y la zona climática, III para el caso de estudio. Por tanto, la contribución mínima requerida es del 55%.

Tabla 25. Contribución solar mínima para obtener ACS [177].

Demanda total ACS del edificio (l/d)	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Zona V	Zona VI
50 – 5.000	30%	40%	50%	55%	60%	65%
5.001 – 10.000	35%	45%	55%	60%	65%	70%
> 10.000	40%	50%	60%	65%	70%	75%

Una vez definida la demanda térmica mensual se procede a aplicar la expresión de trabajo del método F-chart, según (Beckman, Klein y Duffie, 1977) la fracción solar es:

$$f = 1,029 * Y - 0,065 * X - 0,245 * Y^2 + 0,0018 * X^2 + 0,0215 * Y^3$$

Ec. 21

Para lo cual necesitamos esta consideración del parámetro Y y X respectivamente:

$$0 < Y < 3$$

$$0 < X < 25$$

Donde:

Y, es el cociente entre la energía absorbida por el captador y la carga térmica mensual.

X, es el cociente entre las pérdidas del captador o campo de captadores a una T_{ref} y la carga mensual.

Para el cálculo se procederá conforme a la siguiente secuencia:

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento agua destinada a la producción de ACS.
2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del campo de colectores.
3. Cálculo del parámetro Y.
4. Cálculo del parámetro X.
5. Determinación de la gráfica f.
6. Valoración de la cobertura solar mensual.
7. Valoración de la cobertura solar anual y formación de tablas.

(D. Transformación de la ecuación de cuadrática del rendimiento a ecuación lineal)

Generalmente la curva del rendimiento de los colectores solares suele expresarse en función de la temperatura media del fluido en el colector y en su expresión cuadrática, según la Norma UNE-EN-12975-2 se transforma en una ecuación lineal en función de la temperatura media del fluido.

La ecuación del rendimiento en función de la temperatura del fluido a la entrada del colector es:

$$\eta = 0,741 - 7,074 * \frac{(t_e - t_a)}{G_\beta}$$

Ec.22

- η , es el rendimiento del colector solar.
- (0,741) y (7,074) son constantes de corrección específicas para el colector solar.
- t_e , es la temperatura del fluido dentro del colector solar.
- t_a , es la temperatura ambiente.
- G_β , es la irradiancia solar incidente en el colector.

A continuación, se procede con el cálculo del parámetro Y, el cual se define como el cociente entre la energía absorbida por el captador y la carga térmica mensual.

$$Y = \frac{EA_{mes}}{L_{mes}}$$

Ec.23

$$Y = F_R(\tau\alpha)_n * \frac{F'_R}{F_R} * \frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n} * \overline{H}_{\beta\gamma} * S_c * \frac{N}{L_{mes}}$$

Ec.24

La fórmula proporcionada es una ecuación utilizada en el cálculo de la energía solar térmica. Aquí está la interpretación de los términos en la fórmula:

Y : es la energía solar útil obtenida del colector solar.

F_R : es el factor de reducción, que tiene en cuenta las pérdidas de calor del colector.

$(\tau\alpha)_n$ y $(\overline{\tau\alpha})$: son la transmitancia solar y la absorbancia del colector en condiciones normales y reales, respectivamente.

F'_R : es el factor de reducción modificado.

$\overline{H}_{\beta\gamma}$: es la radiación solar incidente en el colector.

S_c : es la superficie del colector.

N : es el número de días de cálculo.

L_{mes} : es la carga energética mensual.

El factor de reducción, que tiene en cuenta las pérdidas de calor del colector y la transmitancia solar, se considera constante siendo su valor.

$$F_R(\tau\alpha)_n = 0,741$$

Obtenemos el factor captador-intercambiador corregido.

$$\frac{F'_R}{F_R} = 0,95$$

Donde:

$\frac{F'_R}{F_R}$: es factor captador-intercambiador. Corrige el factor de rendimiento del captador teniendo en cuenta la presencia del intercambiador. Valor recomendado 0,95.

Obtenemos el modificador del ángulo de incidencia.

$\frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n}$: es el modificador del ángulo de incidencia, se expresa como: $K_{\tau\alpha}$

$$K_{\tau\alpha} = \frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n}$$

Ec.25

$$K_{\tau\alpha} = 1 - b_0 * \left(\frac{1}{\cos \theta} - 1 \right) - b_1 * \left(\frac{1}{\cos \theta} - 1 \right)^2$$

Dónde:

$(\overline{\tau\alpha})$: es el producto de los coeficientes de transmisión y absorción para el ángulo de incidencia θ sobre la superficie del captador.

$(\tau\alpha)_n$: es el producto de los coeficientes de transmisión y absorción para el ángulo de incidencia normal a superficie del captador.

θ : es el ángulo de incidencia.

b_0 : es 0,1 para el caso de un vidrio.

b_1 : es 0 para el caso de un vidrio.

Este valor es considerado **0,96** para simple vidrio y **0,94** para doble vidrio.

- Irradiación total diaria

$\bar{H}_{\beta\gamma}$, se utiliza el valor de **4,23** correspondiente a **junio** siendo el mes con menor radiación.

- Superficie Útil de Captación

Para el cálculo de S_c se tiene en cuenta un número total de 56 colectores, con una superficie unitaria útil de **2,50 m²**, siendo la superficie total de **140 m²**.

- Relación entre el volumen de acumulación y el área total de captación

Los acumuladores seleccionados son de 3.000 litros cada uno dando un total de 6.000 litros en los dos captadores, al ser el valor comercial más próximo a la demanda de ACS.

$$40 \leq \frac{V}{A} \leq 180 \frac{\text{litros}}{\text{m}^2 * \text{día}}$$

Ec.26

Donde:

A : es la suma de las áreas de apertura de los colectores (m^2)

V : es el volumen que calienta el sistema térmico (*litros*)

$$40 \leq \frac{4.000}{98} \leq 180 \frac{\text{litros}}{m^2 * \text{día}}$$

$$40 \leq 40,82 \leq 180 \frac{\text{litros}}{m^2 * \text{día}}$$

La relación $\frac{V}{A}$ es de $42,86 \frac{\text{litros}}{m^2 * \text{día}}$, por lo cual se cumpliría con la norma.

En nuestro caso de estudio se confirma que se cumple el criterio de relación entre volumen de acumulación y la demanda diaria.

$$0,8 \leq \frac{V}{M} \leq 1,2$$

Ec.27

Dónde:

V : Es el volumen de acumulación en litros.

M : Demanda diaria de almacenamiento en litros

$$0,8 \leq \frac{4.000}{7.030,4} \leq 1,2$$

$$0,8 \leq 0,8 \leq 1,2$$

Previamente a la determinación del parámetro Y , se deben considerar los valores de radiación.

Retornando a la expresión del parámetro Y , sustituimos los valores y obtenemos:

$$Y = F_R(\tau\alpha)_n * \frac{F'_R}{F_R} * \frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n} * \overline{H}_{\beta\gamma} * S_c * \frac{N}{L_{mes}}$$

Ec.28

$$Y_{enero} = 0,741 * 0,95 * 0,96 * 4,23 * 98 * \frac{31}{5.056,26}$$

$$Y_{enero} = 1,72$$

El siguiente paso es la determinación del parámetro X, que se define como el cociente entre las pérdidas del captador o campo de captadores a una T_{ref} y la carga mensual.

$$X = F_R U_L * \left(\frac{F'_R}{F_R} \right) * 10^{-3} * (T_{ref} - \bar{T}_a) * \Delta t * \frac{S_c}{L_{mes}} * k_1 * k_2$$

Ec.29

Las letras en la fórmula podrían representar lo siguiente, pero esto es solo una suposición y podría variar dependiendo del contexto:

$F_R U_L$: es el coeficiente global de pérdidas.

T_{ref} : es la temperatura de referencia, se selecciona en 100 °C.

\bar{T}_a : es la temperatura ambiente media mensual (°C).

Δt : es el número de segundos durante un mes (horas).

S_c : Superficie útil de captación, área de apertura (m²).

L_{mes} : es la carga térmica mensual de ACS (kWh).

El método F-Chart plantea inicialmente el dimensionamiento de SST para calefacción y ACS, por lo cual para el caso únicamente de ACS se introduce los siguientes factores de corrección sobre el parámetro X.

k_1 y k_2 , son factores de corrección.

Este método se ha diseñado con almacenamiento de $75 \frac{\text{litros}}{\text{m}^2}$, por lo cual se introduce un factor de corrección de k_1 para el parámetro X:

$$k_1 = \frac{X_c}{X} = \left(\frac{C_A}{75} \right)^{-0.25}$$

Ec.30

$$C_A = \frac{V}{S_c}$$

$$k_1 = \left(\frac{V}{75 * S_c} \right)^{-0.25}$$

Donde:

k_1 : es el factor de corrección.

X_c : es el valor corregido del parámetro X.

C_A : capacidad del acumulador en litros por m^2 de captador.

V : es el volumen del acumulador en litros.

S_c : es la superficie de captación en m^2 .

$$k_1 = \left(\frac{4000}{75 * 98} \right)^{-0.25}$$

$$k_1 = 1,16$$

Se introduce un factor de corrección de k_2 para el parámetro X:

$$k_2 = \left(\frac{X_c}{X} \right) = \frac{11,6 + 1,18 * T_{AC} + 3,86 * T_{red} - 2,32 * \bar{T}_a}{(100 - \bar{T}_a)}$$

Ec.31

Donde:

T_{AC} : es la temperatura mínima de agua caliente 50°C .

T_{red} : es la temperatura a la que ingresa el agua potable al sistema.

\bar{T}_a : es la temperatura ambiente media mensual ($^\circ\text{C}$).

$$k_2 = \frac{11,6 + 1,18(50) + 3,86(30) - 2,32(16,6)}{(100 - 16,6)}$$

$$k_2 = 1,77$$

Valores de k1 y k2 para los meses se detallan en la tabla 26.

Tabla 26. Consumo mensualizado Temperatura ambiente.

MES	T_{ACS}	N (Días)	$T_{ambiente}$	Y	k_1	k_2	X
ENERO	50	31	16,6	1,72	1,16	1,77	16,69
FEBRERO	50	28	16,6	1,72	1,16	1,77	16,69
MARZO	50	31	16,9	1,72	1,16	1,77	16,61
ABRIL	50	30	16,6	1,72	1,16	1,77	16,69
MAYO	50	31	16,1	1,72	1,16	1,78	16,82
JUNIO	50	30	15,5	1,72	1,16	1,78	16,97
JULIO	50	31	15,7	1,72	1,16	1,78	16,92
AGOSTO	50	31	16,8	1,72	1,16	1,77	16,63
SEPTIEMBRE	50	30	17,8	1,72	1,16	1,77	16,37
OCTUBRE	50	31	18,2	1,72	1,16	1,76	16,27
NOVIEMBRE	50	30	17,5	1,72	1,16	1,77	16,45
DICIEMBRE	50	31	16,9	1,72	1,16	1,77	16,61
TOTAL	Suma	365					
	Promedio	50	30,417	16,767	1,72	1,16	1,77

$$X = F_R U_L * \left(\frac{F'_R}{F_R} \right) * 10^{-3} * (T_{ref} - \bar{T}_a) * \Delta t * \frac{S_c}{L_{mes}} * k_1 * k_2$$

Ec.32

$$X_{enero} = 7,074 * 0,95 * 10^{-3} * (100 - 16,6) * 744 * \frac{98}{5.056,26} * 1,16 * 1,77$$

$$X_{enero} = 16,69$$

El parámetro X cumple con la condición:

$$0 < X < 25$$

Una vez calculados los parámetros X, Y se sustituye en la expresión para obtener la fracción solar, previamente establecida y aclarada como se detalla en la tabla 27:

$$f = 1,029 * Y - 0,065 * X - 0,245 * Y^2 + 0,0018 * X^2 + 0,0215 * Y^3$$

$$f_{enero} = 1,029 * 1,72 - 0,065 * 16,69 - 0,245 * 1,72^2 + 0,0018 * 16,69^2 + 0,0215 * 1,72^3$$

$$f_{enero} = 0,57$$

Tabla 27. Comparativa mensualizada de Energía Útil.

MES	T_{ACS}	N (Días)	L_{mes} (kWh)	$EI \left(\frac{kWh}{m^2 * día} \right)$	f	EU_{mes}	F_{anual}	η_{anual}
ENERO	50	31	5056,26	4,39	0,57	2882,70	57,04	21,19
FEBRERO	50	28	4566,95	4,46	0,57	2603,73	57,04	21,19
MARZO	50	31	5056,26	4,64	0,57	2884,71	57,04	21,19
ABRIL	50	30	4893,16	4,45	0,57	2789,71	57,04	21,19
MAYO	50	31	5056,26	4,26	0,57	2879,59	57,04	21,19
JUNIO	50	30	4893,16	4,23	0,57	2783,49	57,04	21,19
JULIO	50	31	5056,26	4,32	0,57	2877,33	57,04	21,19
AGOSTO	50	31	5056,26	4,64	0,57	2884,03	57,04	21,19
SEPTIEMBRE	50	30	4893,16	4,62	0,57	2798,15	57,04	21,19
OCTUBRE	50	31	5056,26	4,61	0,57	2894,73	57,04	21,19
NOVIEMBRE	50	30	4893,16	4,7	0,57	2795,88	57,04	21,19
DICIEMBRE	50	31	5056,26	4,45	0,57	2884,71	57,04	21,19
TOTAL	Suma	365	59533,43	53,77		33958,75		
	Promedio	50	30,417	4961,12	4,481	0,57	2829,90	57,04

El siguiente paso es el cálculo de la energía útil mensual

$$EU_{enero} = f_{enero} * L_{enero}$$

Ec.33

$$EU_{enero} = 0,57 * 5.056,26$$

$$EU_{enero} = 2.882,70 \frac{kWh}{mes}$$

A partir de los datos mensuales se calcula la fracción solar anual, que se define como el porcentaje de demanda energética anual satisfecha por el SST a lo largo del año, se expresa como:

$$F_{anual} = \frac{\sum_1^{12} EU_{mes}}{\sum_1^{12} L_{mes}}$$

Ec.34

$$F_{anual} = \frac{33.958,75}{59.533,43} * 100 = 57,04 \%$$

A continuación, se determina el rendimiento anual del SST, que se define como el cociente entre la energía térmica aportada por el SST, entregada al consumo, y la energía solar

incidente sobre el plano del captador, refiriéndose a un periodo de tiempo. El rendimiento anual se define, como:

$$\eta_{anual} = \left(\frac{Q_{solar}}{H_{\beta} * S} \right) * 100$$

$$\eta_{anual} = \frac{33.958,75}{1.635,49 * 98} * 100$$

$$\eta_{anual} = 21,19 \%$$

El rendimiento medio anual se sitúa por encima del 20% cumpliendo con lo estipulado en la norma NEC-HS-ER Energías Renovables, SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS PARA AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) – APLICACIONES MENORES A 100 °C. En la tabla 28 se resume la distribución porcentual de requerimiento energético que abastece el SST (Sistema Solar Térmico) y el sistema Auxiliar (Actualmente Calefones a GLP).

Tabla 28. Porcentaje de Trabajo sistemas operativos para generar ACS.

Aportación			
SISTEMA	%	kWh/año	kWh/mensual
SST	57,04	33958,747	2829,896
Auxiliar	42,96	25574,680	2131,223

NEC: Norma Ecuatoriana de la Construcción

HS: Habitabilidad y Salud

ER: Energías Renovables

3.1. Análisis de Alternativas para la generación de ACS

Los calentadores solares de agua, las bombas de calor y los sistemas de cogeneración son ejemplos de tecnologías más modernas y sostenibles, así como sistemas tradicionales como calderas de gas y eléctricas. La ubicación geográfica, el clima, la disponibilidad de recursos, las necesidades de agua caliente y los objetivos de sostenibilidad son algunos de los factores que afectan la elección entre estas opciones.

En las siguientes secciones, analizaremos cada una de estas alternativas en detalle, examinando su funcionamiento, eficiencia, costos asociados y efectos ambientales. Nuestro objetivo es brindar una visión integral para que las personas tomen decisiones informadas sobre la mejor forma de generar ACS de manera eficiente y sostenible.

Para generar los costos operativos en la tabla 29 tenemos varios datos tales como: potencia nominal, rendimiento y COP. Con respecto a los diferentes sistemas con los diferentes porcentajes de utilización con sus respectivas horas para lo cual definimos:

Actual: Sistema de 4 calefones YANG TW-990 de 28 litros, del fabricante industria KKRAAEE.

Auxiliar 1: Caldera de Condensación Cointra Superlative Plus 24 C, del fabricante Cointra.

Auxiliar 2: Bomba de calor ID120H60, del fabricante Industek

Tabla 29. Datos Generales Sistemas Auxiliares.

Datos			
Sistema	Actual	Auxiliar 1	Auxiliar 2
Potencia Nominal (kW)	26,59	21,7	5,7
Rendimiento [Actual y Aux.1] (%) /COP [Aux. 2]	75	109,5	3,8

Demanda Energética Anual (kWht/año)	59533,43
--	----------

Poder Calorífico GLP (kJ/kg)	45312,72
Valor GLP (kg/USD)	0,695
Valor kWh (kWh/USD)	0,104

Tabla 30. Aportación Energética porcentual.

Aportación			
SISTEMA	%	Anual	Mensual
SST	0	0,00	0,00
Auxiliar	100	59533,43	4961,12

Aportación			
SISTEMA	%	Anual	Mensual
SST	30	17860,03	1488,34
Auxiliar	70	41673,40	3472,78

Aportación			
SISTEMA	%	Anual	Mensual
SST	57	33934,05	2827,84
Auxiliar	43	25599,37	2133,28

- Caldera de gas de condensación

En términos energéticos, la demanda del caso de estudio anualmente es de 59.533,43 kWh/año de los cuales, de acuerdo con la fracción solar anteriormente calculada de 57,84%, el sistema solar abastece con 49.640,676 kWh/año. El sistema auxiliar debe aportar con 9.892,751 kWh/año a la demanda energética.

Con el sistema actual de 4 calefones YANG TW-990 de 28 litros, se consume un total de 97,83 kg de GLP mensual, considerando que este tipo de máquina tiene una eficiencia promedio de 75%.

La primera propuesta para mejorar el rendimiento del sistema auxiliar, es sustituir los calefones convencionales por calentadores de agua por condensación, de los cuales de acuerdo con la ficha técnica tienen un rendimiento de 109,5%.

Para ejemplificar el consumo teórico de GLP que tendría el nuevo sistema, tomamos como objetivo la producción de 2.133,28 kWh/mensuales correspondiente al 43% de aporte energético del sistema auxiliar.

Además, utilizamos el rendimiento de 109,5% para una potencia útil nominal de 21,7 kW y un tiempo de funcionamiento de 4 horas diarias.

Empezamos calculando el consumo de GLP por hora, para ello utilizamos el poder calorífico del combustible y realizamos el siguiente proceso.

$$\text{Consumo GLP hora} = \frac{21,7 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} * 3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}{45.312,72 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

Ec.35

$$\text{Consumo GLP hora} = 1,72 \text{ kg}$$

Sin embargo, dado que el calentador tiene un rendimiento de 109,5% el consumo real será menor, este se calcula a continuación:

$$\text{Consumo GLP hora real} = \frac{1,72 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1,095}$$

$$\text{Consumo GLP hora real} = 1,57 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Para el consumo diario, se obtiene como el producto entre el consumo por hora y el tiempo efectivo de funcionamiento.

$$\text{Consumo GLP diario real} = 1,57 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 4 \text{ h}$$

$$\text{Consumo GLP diario real} = 6,3 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

A continuación, se calcula el consumo mensual que resulta de multiplicar el consumo diario y el número de días en un mes.

$$\text{Consumo GLP mensual real} = 6,3 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} * 30 \text{ dias}$$

$$\text{Consumo GLP mensual real} = 188,93 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}$$

Finalmente, la energía total producida mensualmente por el calentador de agua se obtiene multiplicando la potencia del calentador con el tiempo de trabajo.

$$\text{Energía producida} = 21,7 \text{ kW} * 4 \frac{\text{h}}{\text{dia}} * 30 \text{ dias}$$

$$\text{Energía producida} = 2.604 \text{ kWh/mes}$$

Es decir, con un consumo de 188,4 kg de GLP al mes producimos un total de 2.604 kWh/mes de energía, superior a los 2.133,28 kWh/meses requeridos, datos que se ven detallados en la tabla 31.

Tabla 31. Cálculo Operativo de caldera de gas de condensación.

		Sistemas Alternativos Comparativa		
		Caldera De Gas de Condensación		
Porcentaje Operacional		43%	70%	100%
Consumo GLP Real		1,574	1,574	1,574
Diario	Horas de Trabajo	4	5,5	8
	Consumo GLP/Energía	6,30	8,66	12,60
Mensual	Horas de Trabajo	120	165	240
	Consumo GLP/Energía	188,93	259,78	377,87
Anual	Horas de Trabajo	1440	1980	2880
	Consumo GLP/Energía	2267,20	3117,40	4534,41

Bajo las mismas condiciones de uso y considerando una potencia nominal de 26,59 kW con un rendimiento del 75% de un modelo elaborado por la industria KKRAAEE Modelo YANG TW-990 de 28 litros, a continuación, se muestra el consumo mensual necesario de GLP al igual que la energía producida.

$$\text{Consumo GLP hora} = \frac{\text{Potencia Nominal} * 3.600 \frac{s}{h}}{\text{Poder Calorífico GLP}}$$

Ec.36

$$\text{Consumo GLP hora} = \frac{26,59 \frac{kJ}{s} * 3.600 \frac{s}{h}}{45.312,72 \frac{kJ}{kg}}$$

$$\text{Consumo GLP hora} = 2,11 \text{ kg}$$

$$\text{Consumo GLP hora real} = \frac{\text{Consumo GLP hora}}{\text{Rendimiento}}$$

$$\text{Consumo GLP hora real} = \frac{2,11 \frac{kg}{h}}{0,75}$$

$$\text{Consumo GLP hora real} = 2,82 \frac{kg}{h}$$

$$\text{Consumo GLP mensual real} = \text{Consumo GLP hora real} * \text{horas de trabajo} * 30 \text{ dias}$$

$$\text{Consumo GLP mensual real} = 2,82 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 3 \text{ horas} * 30 \text{ dias}$$

$$\text{Consumo GLP mensual real} = 253,5 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}$$

$$\text{Energia producida} = 26,59 \text{ kW} * 3 \frac{\text{h}}{\text{dia}} * 30 \text{ dias}$$

$$\text{Energia producida} = 2.393,1 \text{ kWh}$$

Con los resultados obtenidos, detallamos en la tabla 32 y 33 los costos operativos del sistema actual y del sistema de calefones de gas de condensación respectivamente.

Tabla 32. Cálculo Operativo de calefón.

		Sistema Actual		
		Calefón 28 litros		
	Porcentaje Operacional	43%	70%	100%
	Consumo GLP Real	2,82	2,82	2,82
Diario	Horas de Trabajo	3	4,5	6,5
	GLP Empleado	8,45	12,68	18,31
	Costo de Operación	5,87	8,81	12,72
	Horas de Trabajo	90	135	195
Mensual	GLP Empleado	253,50	380,25	549,26
	Costo de Operación	176,18	264,28	381,73
	Horas de Trabajo	1080	1620	2340
Anual	GLP Empleado	3042,03	4563,04	6591,06
	Costo de Operación	2114,21	3171,31	4580,79

La diferencia entre la energía producida es de 210,9 kWh, sin embargo, el consumo de GLP es de 65,4 kg lo que representa en una reducción del 25,76%.

Teniendo en cuenta el precio del GLP que actualmente rodea los \$0,705 se calcula mensualmente un ahorro de \$ 44,88 USD mensuales. El precio comercial del modelo de calentador de agua por condensación es de \$1.300,85 según el proveedor.

Tabla 33. Cálculo Operativo económico.

		Sistemas Alternativos Comparativa			
		Caldera De Gas de Condensación			
		Porcentaje Operacional	43%	70%	100%
		Consumo GLP Real	1,574	1,574	1,574
Diario		Horas de Trabajo	4	5,5	8
		Consumo GLP/Energía	6,30	8,66	12,60
		Costo de Operación	4,38	6,02	8,75
		Ahorro	1,50	2,79	3,97
Mensual		Horas de Trabajo	120	165	240
		Consumo GLP/Energía	188,93	259,78	377,87
		Costo de Operación	131,31	180,55	262,62
		Ahorro	44,88	83,73	119,11
Anual		Horas de Trabajo	1440	1980	2880
		Consumo GLP/Energía	2267,20	3117,40	4534,41
		Costo de Operación	1575,71	2166,60	3151,41
		Ahorro	538,50	1004,72	1429,37

- Sistema mixto Colectores Solares- Bombas de Calor

El sistema de colectores solares térmicos Operando al 57% y el sistema auxiliar de las bombas de calor a un 43% nos arroja los siguientes datos de consumo.

Demanda energética para cubrir con bombas de calor.

$$D_{energetica\ B.C} = D_{energetica\ anual\ ACS} * Fr_{B.C}$$

Ec.37

$$Fr_{B.C} = 0,43$$

$$D_{energetica\ B.C} = 59.533,52 \frac{kwh}{año} * 0.43$$

$$D_{energetica\ B.C} = 25.599,41 \frac{kWh}{año}$$

Demanda Eléctrica para abastecer el 43% de la demanda energética.

$$D_{electrica\ B.C} = \frac{D_{energetica\ B.C.}}{COP}$$

Ec.38

$$D_{\text{eléctrica B.C}} = \frac{25.599,41 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}}{3,8}$$

$$D_{\text{eléctrica B.C}} = 6.736,69 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Con un 43% del consumo total de energía destinado al calentamiento de agua sanitaria, se necesitan 6.736,69 kWh/año de energía eléctrica. Para satisfacer esta demanda, se requiere el uso de 1 bomba de calor, con una capacidad de 120.000 BTU/h.

- Cálculo de Horas de trabajo de bombas de calor

Para calcular el tiempo de trabajo de una bomba de calor, necesitamos conocer la potencia de la bomba en kWh que se detalla en la figura 28 y la demanda de energía que necesita cubrir.

$$Potencia \text{ Efectiva Energetica}_{B.C} = Potencia \frac{\text{kW}}{\text{h}} * COP$$

Ec.39

Tomando en cuenta un coeficiente de rendimiento (COP) de 3.8, la potencia efectiva es la siguiente.

$$Potencia \text{ Efectiva Energetica}_{B.C} = 5,7 \text{ kWh} * 3,8$$

$$Potencia \text{ Efectiva Energetica}_{B.C} = 21,66 \text{ kWh}$$

Para calcular el tiempo de trabajo de la bomba de calor para cubrir la demanda de energía anual, dividimos la demanda eléctrica anual para la potencia eléctrica de la bomba de calor en kWh.

$$Tiempo \text{ trabajo} = \frac{Demanda \text{ de energía anual}}{Potencia \text{ eléctrica efectiva}}$$

Ec.40

$$Tiempo \text{ de trabajo anual} = \frac{6.739,69 \text{ kWh/año}}{5,7 \text{ kWh}}$$

$$\text{Tiempo de trabajo anual} = 1.181,87 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

$$\text{Tiempo de trabajo diario} = \frac{1.181,87 \frac{\text{horas}}{\text{año}}}{365 \text{ dias/año}}$$

$$\text{Tiempo de trabajo diario} = 3,24 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

- Consumo Eléctrico Anual Bombas de calor

Para calcular el consumo eléctrico mensual de la bomba de calor, primero calculamos el consumo diario y luego lo multiplicamos por el número de días del mes.

$$\text{Consumo Diario}_{B,C} = \text{Potencia nominal} * \text{Tiempo de funcionamiento diario}$$

Ec.41

$$\text{Consumo Diario}_{B,C} = 5,7 \text{ kWh} * 3,5 \text{ horas}$$

$$\text{Consumo Diario}_{B,C} = 19,95 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo mensual}_{B,C} = 598,5 \text{ kWh}$$

$$\text{consumo anual}_{B,C} = 7.182 \text{ kWh}$$

Para calcular el costo mensual, multiplicamos el consumo mensual por el costo del kWh de electricidad:

$$\text{Costo mensual} = \text{consumo mensual} * \text{costo del kwh}$$

Ec.42

$$\text{Costo mensual} = 598,5 * 0,104 \text{ c/usd}$$

$$\text{Costo mensual} = \$62,24$$

$$\text{Costo anual} = \$746,99$$

En conclusión, el costo mensual de operación de la bomba de calor MOD.IDH120 DIGITAL 60. 220V MONO del fabricante Industek Brasil para la generación de ACS es de \$746,99 para cubrir el 43% de la demanda energética total requerida en el Hotel Ambato como se muestra detalladamente en la tabla 27.

Tabla 34. Cálculo Operativo de Bomba de Calor al 43%

	Porcentaje Operacional	43%
	Consumo GLP Real	NA
Diario	Horas de Trabajo	3,5
	Consumo GLP/Energía	19,95
	Costo de Operación	2,07
Mensual	Horas de Trabajo	105
	Consumo GLP/Energía	598,50
	Costo de Operación	62,24
Anual	Horas de Trabajo	1260
	Consumo GLP/Energía	7182,00
	Costo de Operación	746,93

- Sistema mixto Bombas de Calor- Colectores Solares

El sistema de bombas de calor Operando al 70% y el sistema térmico auxiliar de colectores solares a un 43% nos arroja los siguientes datos de consumo.

Demanda energética para cubrir 70% con bombas de calor en base a la ecuación Ec.35.

$$D_{energetica\ B.C} = D_{energetica\ anual\ ACS} * Fr_{B.C}$$

$$Fr_{B.C} = 0,70$$

$$D_{energetica\ B.C} = 59.533,52 \frac{kwh}{año} * 0.70$$

$$D_{energetica\ B.C} = 41.673,46 \frac{kWh}{año}$$

Demanda Eléctrica para abastecer el 70% de la demanda energética empleando la ecuación Ec.36.

$$D_{electrica\ B.C} = \frac{D_{energetica\ B.C.}}{COP}$$

$$D_{electrica\ B.C} = \frac{41.673,46 \frac{kWh}{año}}{3,8}$$

$$D_{\text{eléctrica B.C}} = 10.966,70 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Con un 70% del consumo total de energía destinado al calentamiento de agua sanitaria, se necesitan 10.966,70 kWh/año. Para satisfacer esta demanda, se requiere el uso de 1 bomba de calor, con una capacidad de 120.000 BTU/h.

- Cálculo de Horas de trabajo de bombas de calor

Para calcular el tiempo de trabajo de una bomba de calor, necesitas conocer la potencia de la bomba en kWh que se detalla en la figura 28 y la demanda de energía que necesita cubrir.

Para calcular el tiempo de trabajo de la bomba de calor para cubrir la demanda de energía anual empleamos la Ec.38.

$$\text{Tiempo trabajo} = \frac{\text{Demanda de energía anual}}{\text{Potencia eléctrica efectiva}}$$

$$\text{Tiempo de trabajo anual} = \frac{10.966,70 \text{ kWh/año}}{5,7 \text{ kWh}}$$

$$\text{Tiempo de trabajo anual} = 1.923,98 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

$$\text{Tiempo de trabajo diario} = \frac{1.923,98 \frac{\text{horas}}{\text{año}}}{365 \text{ días/año}}$$

$$\text{Tiempo de trabajo diario} = 5,5 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

- Consumo Eléctrico Anual Bombas de calor

Para calcular el consumo eléctrico mensual de la bomba de calor, primero calculamos el consumo diario y luego lo multiplicamos por el número de días del mes empleando la Ec.39.

$$\text{Consumo Diario}_{B,C} = \text{Potencia nominal} * \text{Tiempo de funcionamiento diario}$$

$$\text{Consumo Diario}_{B,C} = 5,7 \text{ kWh} * 5,5 \text{ horas}$$

$$\text{Consumo Diario}_{B,C} = 31,35 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo mensual}_{B.C} = 940,5 \text{ kWh}$$

$$\text{consumo anual}_{B.C} = 11.286 \text{ kWh}$$

Para calcular el costo mensual, multiplicamos el consumo mensual por el costo del kWh de electricidad empleando la Ec.40.

$$\text{Costo mensual} = \text{consumo mensual} * \text{costo del kwh}$$

$$\text{Costo mensual} = 901,37 * 0,104 \text{ c/usd}$$

$$\text{Costo mensual} = \$93,74$$

$$\text{Costo anual} = \$1.124,91$$

En conclusión, el costo mensual de operación de la bomba de calor MOD.IDH120 DIGITAL 60. 220V MONO del fabricante Industek Brasil para la generación de ACS es de \$1.124,91 para cubrir el 70% de la demanda energética total requerida en el Hotel Ambato como se muestra detalladamente en la tabla 28.

Tabla 35. Cálculo Operativo de Bomba de Calor al 70%

	Porcentaje Operacional	70%
	Consumo GLP Real	NA
Diario	Horas de Trabajo	5,5
	Consumo GLP/Energía	31,35
	Costo de Operación	3,26
Mensual	Horas de Trabajo	165
	Consumo GLP/Energía	940,50
	Costo de Operación	97,81
Anual	Horas de Trabajo	1980
	Consumo GLP/Energía	11286,00
	Costo de Operación	1173,74

- Bombas de Calor

Demanda energética para cubrir el 100% con bombas de calor aplicando la Ec.35.

$$D_{\text{energetica B.C}} = D_{\text{energetica anual ACS}} * Fr_{B.C}$$

$$Fr_{B.C} = 1$$

$$D_{energetica\ B.C} = 59.533,52 \frac{kwh}{año} * 1$$

$$D_{energetica\ B.C} = 59.533,52 \frac{kWh}{año}$$

De acuerdo al catálogo de un proveedor local que se muestra en la figura 31, para la propuesta hemos seleccionado la bomba de calor de agua sanitaria MOD.IDH120 DIGITAL 60. 220V MONO del fabricante Industek Brasil. Las características técnicas se destacan en la figura que se muestra a continuación.

CARACTERISTICAS	UNID.	ID50H55	ID80H55	ID120H60
TENSIÓN	220V 1 ~	220V 1~	220V 1~	220V 1~
	220V 3 ~	----	220V 3~	220V 3~
	380V 3N ~	----	380V 3N~	380V 3N~
FRECUENCIA	HZ	60	60	60
CAPACIDAD TÉRMICA	KCAL	11.600	18.720	25.600
TEMP. MÁXIMA DEL ÁGUA	°C	55	55	60
CONSUMO DE ENERGIA	KW/H	2,6	4,3	5,8
COP	---	3,7	3,8	3,8
DIÁMETRO DE LA TUBERÍA	POL	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"
TUBO DE CENTRO A CENTRO	MM	160	200	250
PESO	KG	49	89	102
NIVEL DE RUIDO	dB(A)	68	71	71
COMPRESOR	---	ROTATIVO	SCROLL	SCROLL
CONDENSADOR	---	TITANIO	TITANIO	TITANIO

Figura 31. Catalogo Bombas de Calor Industek.

Para el cálculo de la demanda Eléctrica para abastecer el 100% de la demanda energética aplicamos la ecuación Ec.36.

$$D_{electrica\ B.C} = \frac{D_{energetica\ B.C.}}{COP}$$

$$D_{electrica\ B.C} = \frac{59.533,52 \frac{kWh}{año}}{3,8}$$

$$D_{electrica\ B.C} = 15.666,72 \frac{kWh}{año}$$

Para suplir los requerimientos en su totalidad de energía para el calentamiento de agua sanitaria, se necesitan 59.533,52 kWh/año de energía calorífica. Para lograr esto, se deben utilizar 2 bombas de calor, cada una con una capacidad de 120.000 BTU/h

- Cálculo de Horas de trabajo de bombas de calor

Para calcular el tiempo de trabajo de una bomba de calor, necesitas conocer la potencia de la bomba de calor en kWh y la demanda de energía que necesita cubrir.

Para calcular el tiempo de trabajo de la bomba de calor para cubrir la demanda de energía anual aplicamos la Ec.38.

$$\text{Tiempo trabajo} = \frac{\text{Demanda de energía anual}}{\text{Potencia eléctrica efectiva}}$$

$$\text{Tiempo de trabajo anual} = \frac{15.666,72 \text{ kWh/año}}{5,7 \text{ kWh}}$$

$$\text{Tiempo de trabajo anual} = 2.748,55 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

$$\text{Tiempo de trabajo diario} = \frac{2.748,55 \frac{\text{horas}}{\text{año}}}{365 \text{ días/año}}$$

$$\text{Tiempo de trabajo diario} = 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

- Consumo Eléctrico Anual Bombas de calor

Para calcular el consumo eléctrico mensual de la bomba de calor aplicamos la Ec.39, primero calculamos el consumo diario y luego lo multiplicamos por el número de días del mes.

$$\text{Consumo Diario}_{B,C} = \text{Potencia nominal} * \text{Tiempo de funcionamiento diario}$$

$$\text{Consumo Diario}_{B,C} = 5,7 \text{ kWh} * 8 \text{ horas}$$

$$\text{Consumo Diario}_{B,C} = 45,6 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo mensual}_{B,C} = 1.368 \text{ kWh}$$

$$\text{consumo anual}_{B,C} = 16.416 \text{ kWh}$$

Para calcular el costo mensual aplicamos la Ec.40, multiplicamos el consumo mensual por el costo del kWh de electricidad:

$$\text{Costo mensual} = \text{consumo mensual} * \text{costo del kwh}$$

$$\text{Costo mensual} = 1368 * 0,104 \text{ c/USD}$$

$$\text{Costo mensual} = \$142,27$$

$$\text{Costo anual} = \$1.707,26$$

El costo mensual de operación de la bomba de calor MOD.IDH120 DIGITAL 60. 220V MONO del fabricante Industek Brasil para la generación de ACS es de \$1.707,26 para cubrir el 100% de la demanda energética total requerida en el Hotel Ambato como se muestra detalladamente en la tabla 36.

Tabla 36. Cálculo Operativo de Bomba de Calor al 100%

	Porcentaje Operacional	100%
	Consumo GLP Real	NA
Diario	Horas de Trabajo	8
	Consumo GLP/Energía	45,60
	Costo de Operación	4,74
Mensual	Horas de Trabajo	240
	Consumo GLP/Energía	1368,00
	Costo de Operación	142,27
Anual	Horas de Trabajo	2880
	Consumo GLP/Energía	16416,00
	Costo de Operación	1707,26

En conclusión, el porcentaje de energía que debe ser aportada por los diferentes sistemas auxiliares, cumplen con la demanda previamente obtenida, en las diferentes horas de trabajo previamente calculadas como se detalla en la tabla 37.

Tabla 37. Aporte energético de los sistemas auxiliares.

	Sistema		
	43%	70%	100%
Porcentaje			
Calefon	2393,10	3589,65	5185,05
Caldera de gas de Condensación	2604,00	3580,50	5208,00
Bomba de Calor	2274,30	3573,90	5198,40

3.2. Comparativa de alternativas Planteadas

Se utilizó el software especializado en proyectos de energía para realizar el análisis económico y financiero de cada opción propuesta para el calentamiento de agua sanitaria. El estudio permite comparar los sistemas planteados para descubrir sus características, como se muestra en las siguientes tablas:

- En la tabla 38 se indica el sistema mixto actual SST- Calefones GLP, en el cual se emplean: 56 colectores térmicos, Suntax de 2,5 m² cada uno y 24 tubos al vacío y 4 calefones con una potencia de 25 kW y una capacidad de 28 litros.
- En la tabla 39 se planteó un Sistema mixto SST- Caldera de gas a condensación en el cual se emplean: 56 colectores térmicos, Suntax de 2,5 m² cada uno 24 tubos al vacío y 4 calderas a gas de condensación con una potencia 21,7 kW y una producción de ACS de 14 litros.
- En la tabla 40 se planteó un sistema mixto SST-Bombas de Calor en el cual se emplean: 56 colectores térmicos, Suntax de 2,5 m² cada uno 24 tubos al vacío y 1 bomba de calor 120.000 BTU/h.
- En la tabla 41 se propone el empleo de 2 bombas de calor de 120.000 BTU/h cada una de la marca Industek.

Tabla 38. Sistema Actual para la generación de ACS.

PROPUESTA	DESCRIPCIÓN	Porcentaje Operacional (%)	DEMANDA ENERGÉTICA (kWh/año)	COSTO OPERATIVO (USD/año)
Sistema Mixto: SST + Calefones GLP	56 Colectores Solares (Suntax) de 2,5 m ² y 4 Calefones (Yang) de 28 litros	57% SST 43% GLP	25.599,37	2.114,21

PROPUESTA	DESCRIPCIÓN	Porcentaje Operacional (%)	DEMANDA ENERGÉTICA (kWh/año)	COSTO OPERATIVO (USD/año)
Sistema Mixto: Calefones GLP + SST	56 Colectores Solares (Suntax) de 2,5 m ² y 4 Calefones (Yang) de 28 litros	70% GLP (Calefones) 30% SST	41.673,40	3.171,31

Tabla 39. Propuesta 1 para generar ACS.

PROPUESTA	DESCRIPCIÓN	Porcentaje Operacional (%)	DEMANDA ENERGÉTICA (kWh/año)	COSTO OPERATIVO (USD/año)	AHORRO ECONÓMICO ANUAL (USD/año)	INVERSIÓN (USD)	RETORNO (MESES)	RETORNO (AÑOS)
Sistema Mixto: SST + Caldera De Gas de Condensación	56 Colectores Solares (Suntax) de 2,5 m2 y 4 Caldera De Gas de Condensación 21,7 Kw	57% SST 43% GLP (Calderas de Gas de Condensación)	25.599,37	1.575,71	538,50	5.203,40	116	10

PROPUESTA	DESCRIPCIÓN	Porcentaje Operacional (%)	DEMANDA ENERGÉTICA (kWh/año)	COSTO OPERATIVO (USD/año)	AHORRO ECONÓMICO ANUAL (USD/año)	INVERSIÓN (USD)	RETORNO (MESES)	RETORNO (AÑOS)
Sistema Mixto: Caldera De Gas de Condensación + SST	20 Colectores Solares (Suntax) de 2,5 m2 y 4 Caldera De Gas de Condensación 21,7 Kw	70% GLP (Calderas de Gas de Condensación) ³ 0% SST	41.673,40	2.166,60	1.004,72	5.203,40	63	6

Tabla 40. Propuesta 2 para generar ACS.

PROPUESTA	DESCRIPCIÓN	Porcentaje Operacional (%)	DEMANDA ENERGÉTICA (kWh/año)	COSTO OPERATIVO (USD/año)	AHORRO ECONÓMICO ANUAL (USD/año)	INVERSIÓN (USD)	RETORNO (MESES)	RETORNO (AÑOS)
Sistema Mixto: SST + Bomba de Calor	56 Colectores Solares (Suntax) de 2,5 m2 y 1 Bomba de Calor 5,8 kW	57% SST 43% Bomba de Calor	25.599,37	746,93	1.367,28	6.637,15	59	5

PROPUESTA	DESCRIPCIÓN	Porcentaje Operacional (%)	DEMANDA ENERGÉTICA (kWh/año)	COSTO OPERATIVO (USD/año)	AHORRO ECONÓMICO ANUAL (USD/año)	INVERSIÓN (USD)	RETORNO (MESES)	RETORNO (AÑOS)
Sistema Mixto: Bomba de Calor + SST	56 Colectores Solares (Suntax) de 2,5 m2 y 1 Bomba de Calor 5,8 kW	30% SST 70% Bomba de Calor	41.673,40	1.173,74	1.997,57	6.637,15	40	4

Tabla 41. Propuesta 3 para generar ACS.

PROPUESTA	DESCRIPCIÓN	Porcentaje Operacional (%)	DEMANDA ENERGÉTICA (kWh/año)	COSTO OPERATIVO (USD/año)	AHORRO ECONÓMICO ANUAL (USD/año)	INVERSIÓN (USD)	RETORNO (MESES)	RETORNO (AÑOS)
Sistema Bomba de Calor	2 Bombas de Calor 5,8 kW	100% Bombas de Calor	59.533,43	1.707,26	2.873,52	13.274,30	56	5

3.3. Verificación de Hipótesis

Para cumplir con la hipótesis, se utilizó software especializado en proyectos energéticos, que creó estrategias para reducir la huella de carbono y mejorar la sostenibilidad.

Las tablas siguientes muestran la comparación de los costos operativos y las emisiones de Co2 que se reducirían cada año utilizando otras fuentes térmicas en comparación con el proceso actual.

Para el sistema actual del hotel que contempla 4 calefones YANG TW-990 de 28 litros, se destina un costo de mantenimiento preventivo y mano de obra de 100 USD anuales para todo el sistema, adicional se cambian 4 serpentines por año con un costo de 126 USD cada uno, dando un costo total del sistema de 604 USD.

Por otra parte, tenemos el costo operativo que calculamos previamente, el cual nos dice que a un porcentaje de 43% y 70% de la demanda energética los 4 calefones, su costo es de 2.114,21 USD y 3.171,31 USD, respectivamente.

Para el sistema auxiliar 1 propuesto para el hotel, que contempla Caldera de Condensación Cointra Superlative Plus 24 C, se destina un costo de mantenimiento preventivo 112 USD anuales para una caldera, adicional el mantenimiento correctivo es de 28 USD cada uno, dando un costo total del sistema de 140 USD por cada caldera, en las 4 solicitadas, obtenemos un costo total del sistema de 672 USD.

Por otra parte, tenemos el costo operativo que calculamos previamente, el cual nos dice que a un porcentaje de 43% y 70% de la demanda energética las 4 calderas, su costo es de 1.575,71 USD y 2.166,60 USD, respectivamente. Obteniendo los resultados que se reflejan en la tabla 42:

Tabla 42. Comparación de emisiones GEI/Costo Operativo en sistema actual y Propuesta 1

Emisiones GEI/ Costo Operativo	GEI [$\frac{tCO_2}{año}$]	Costo Operativo + Mantenimiento [\$]
Sistema Actual	96,64	2718,21
Sistema Mixto: SST (57%) + Caldera De Gas de Condensación (43%)	72,03	2247,71
Reducción GEI/ Costo Operativo	24,62	470,50
Reducción GEI (%)/ Costo Operativo	25,47	17,31

Emisiones GEI/ Costo Operativo	GEI [$\frac{tCO_2}{año}$]	Costo Operativo + Mantenimiento [\$]
Sistema Actual	144,96	3775,31
Sistema Mixto: Caldera De Gas de Condensación (70%) + SST (30%)	99,04	2838,60
Reducción GEI/ Costo Operativo	45,93	936,72
Reducción GEI (%)/ Costo Operativo	31,68	24,81

Para el sistema auxiliar 2 propuesto para el hotel, que contempla Bomba de calor ID120H60, se destina un costo de mantenimiento preventivo 132 USD anuales para una bomba de calor, adicional el mantenimiento correctivo es de 33 USD cada una, dando un costo total del sistema de 165 USD por cada Bomba, en las 2 primeras alternativas usamos solo 1 bomba, en la última opción usamos 2 por lo cual obtenemos un costo total del sistema de 330 USD.

Por otra parte, tenemos el costo operativo que calculamos previamente, el cual nos dice que a un porcentaje de 43%, 70% y 100% la demanda energética de las bombas de calor, su costo es de 1.367,28 USD, 1.997,57 USD y 2.873,52 USD, respectivamente. Obteniendo los resultados que se reflejan en la tabla 43:

Tabla 43. Comparación de emisiones GEI/Costo Operativo en sistema actual y Propuesta 2

Emisiones GEI/ Costo Operativo	GEI [$\frac{tCO_2}{año}$]	Costo Operativo + Mantenimiento [\$]
Sistema Actual	96,64	2718,21
Sistema Mixto: SST (57%) + Bombas de Calor (43%)	1,19	911,93
Reducción GEI/ Costo Operativo	95,45	1806,28
Reducción GEI (%)/ Costo Operativo	98,77	66,45

Emisiones GEI/ Costo Operativo	GEI [$\frac{tCO_2}{año}$]	Costo Operativo + Mantenimiento [\$]
Sistema Actual	144,96	3775,31
Sistema Mixto: Bombas de Calor (70%) + SST (30%)	1,87	1338,74
Reducción GEI/ Costo Operativo	143,09	2436,57
Reducción GEI (%)/ Costo Operativo	98,71	64,54

Tabla 44. Comparación de emisiones GEI/Costo Operativo en sistema actual y Propuesta 3

Emisiones GEI/ Costo Operativo	GEI [$\frac{tCO_2}{año}$]	Costo Operativo + Mantenimiento [\$]
Sistema Actual	209,39	5184,79
Bombas de Calor (100%)	5,45	2037,26
Reducción GEI/ Costo Operativo	203,94	3147,52
Reducción GEI (%)/ Costo Operativo	97,40	60,71

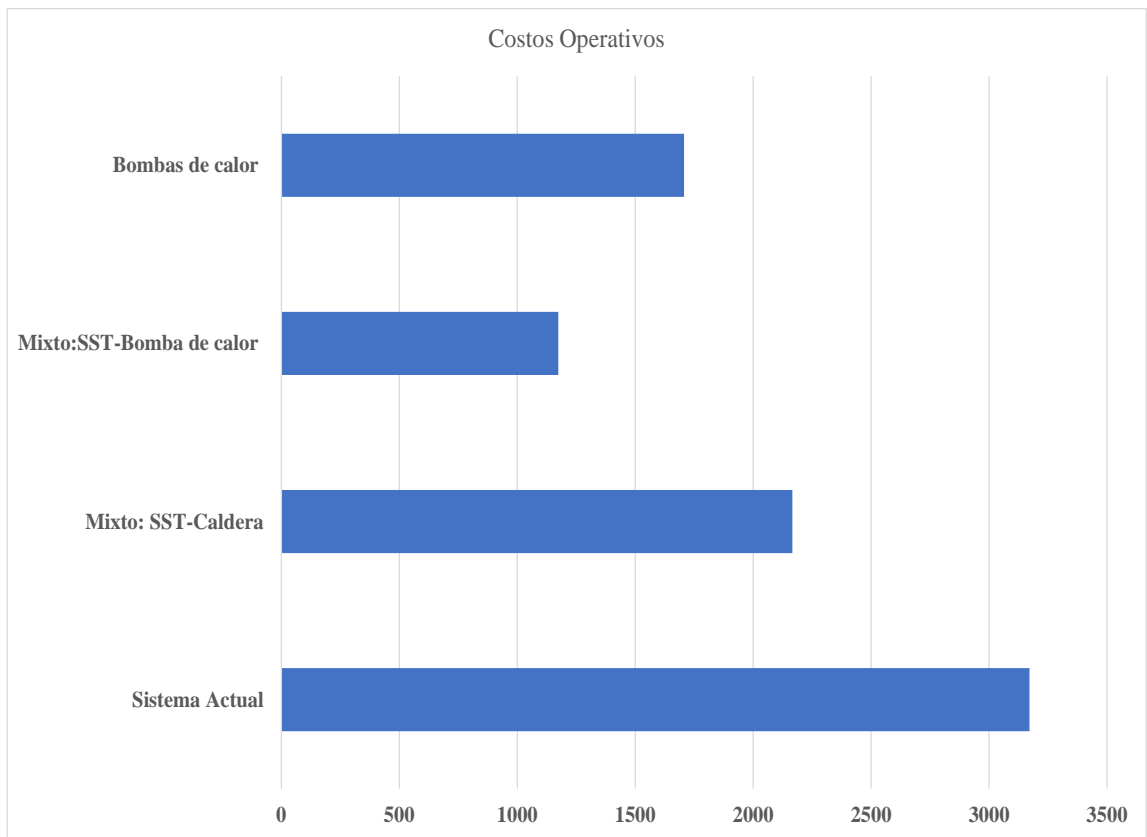


Figura 32. Comparativa Costos Operativos

Capítulo IV

4.1. Conclusiones

- Después de examinar los equipos existentes en la Compañía de Economía Mixta Hotelera y Turística Ambato, se obtuvo una comprensión del sistema de generación de ACS empleada en la actualidad. Este análisis permite identificar las fortalezas y debilidades del sistema, así como oportunidades para mejorar su eficiencia.
- Se estableció que, en las instalaciones del Hotel Ambato con una capacidad de 104 personas, la demanda energética es de $59.533,43 \frac{kWh}{año}$.
- Para analizar las diferentes alternativas para la generación de agua caliente sanitaria en la Compañía de Economía Mixta Hotelera y Turística Ambato, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: reducir los costos operativos, retorno económico y las emisiones de gas de efecto invernadero.
- En función de las alternativas presentadas para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) en el Hotel Ambato, el Sistema Mixto (1 Bomba de calor + sistema solar térmico), es la alternativa más viable en términos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero GEI en un 98% y ahorro de costos operativos en 64%.

4.2. Recomendaciones

- Es recomendable disponer de un dossier de los equipos del cuarto de máquinas del Hotel Ambato, previo al estudio térmico con el objetivo de emplear información veraz para el trabajo de investigación.
- Se sugiere investigar datos técnicos con proveedores locales con el afán de obtener información real sobre las características de los equipos a plantear en las diferentes propuestas como: Potencia nominal, COP, Capacidad térmica operacional, Peso, costo entre otros. De esta manera se asegura el asesoramiento técnico y el stock de repuestos.
- Contemplar los diferentes costos de inversión inicial de las diferentes propuestas, aunque estos requieran una inversión inicial significativa, a largo plazo pueden dar como resultado ahorros significativos en los costos operativos en la generación de ACS, y son una opción sostenible con el medio ambiente.

- Implementar medidas de eficiencia energética en el sistema como el aislamiento adecuado de los tanques y tuberías de agua caliente, la implementación de termostatos y temporizadores para un mayor control en la generación y distribución de agua caliente.
- Programar mantenimientos preventivos de los equipos para garantizar su funcionamiento eficiente y de esta manera lograr optimizar los recursos empleados para generar Agua caliente sanitaria.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BURBANO JUAN CARLOS, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CALENTADOR SOLAR DE AGUA OPERANDO POR TERMOSIFÓN”, *Scientia Et Technica*, vol. 1, núm. 1, ago. 2006, Consultado: el 26 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84911639016.pdf>
- [2] J. Riechmann, “Otro fin del mundo es posible, decían los compañeros”.
- [3] M. de la C. SciELO (Online service) *et al.*, *Pastos y Forrajes.*, vol. 42, núm. 1. [publisher not identified], 2019. Consultado: el 18 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=pt
- [4] E. L. Acuerdo *et al.*, “El acuerdo comercial UE-MERCOSUR y su impacto sobre las emisiones de CO₂. Artículos Analíticos. Boletín Económico 1/2022.”, 2019.
- [5] R. Parra Narváez, “Factor de emisión de CO₂ debido a la generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001-2014”, *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, vol. 7, núm. 2, 2015, doi: 10.18272/aci.v7i2.269.
- [6] X. F. Pons, “The European Union proposal on a carbon border tax and its compatibility with the World Trade Organization rules”, *Revista de Educacion y Derecho*, núm. 21, 2020, doi: 10.1344/REYD2020.21.31302.
- [7] M. Badii, A. Guillen, y O. Lugo Serrato, “Historia y Uso de Energías Renovables History and Use of Renewable Energies”, *Daena: International Journal of Good Conscience*, vol. 10, núm. 1, pp. 1–18, 2015.
- [8] Prado Evelin y Castro Cristhian, “INTENSIDAD ENERGÉTICA DEL ECUADOR Y ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO”, SciELO. Consultado: el 18 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202017000200031&script=sci_arttext
- [9] REYES VILLAMAR ADRIÁN GREGORIO, “ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE CALENTADORES SOLARES DE AGUA POTABLE TIPO ‘PLACA PLANA’ Y ‘TUBOS AL VACÍO’ EN EL ECUADOR”, Guayaquil, 2021.
- [10] Muentes Karla, Pereira Jhon, y Rivadeneira Rodolfo, “Factores determinantes de las emisiones de CO₂ en los sectores industrial y transporte en Ecuador”, vol. 1, núm. 1, pp. 1–7, dic. 2022.
- [11] “SOSTENIBILIDAD DEL CICLO DE VIDA Y VIABILIDAD DE LA COOPERACIÓN TÉCNICA SUR-NORTE ENTRE ARGENTINA (Jujuy) Y ESPAÑA (Almería)-CASO DE TERMOTANQUE SOLAR ‘BRIO 300’ DESARROLLADO POR LA FUNDACIÓN ECOANDINA Y JUYSOLAR”.
- [12] Febrero, “Calentador Solar de Agua para Usos Domésticos con Control de Variables y Funcionamiento con Arduino”.

- [13] ONU, “¿Qué es el cambio climático? | Naciones Unidas”, *Acción por el Clima*. 2020.
- [14] “Políticas públicas y leyes argentinas y salteñas sobre energías renovables en clave de transición energética justa”. Consultado: el 19 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/erma/article/view/3380/3278>
- [15] C. En Materia Ambiental, B. Leonardo, y M. Pinzón, “La implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible sobre acción por el clima y energía asequible y no contaminante a la luz de las obligaciones internacionales de”.
- [16] Laboratorio Nacional de Oak Ridge, “Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita)”, Banco Mundial.
- [17] P. M. Casas-Jiménez *et al.*, “Procesos sustentables para la producción de biocombustibles: a review”, *Jóvenes En La Ciencia*, vol. 10, 2021.
- [18] Badillo Ramiro, Marroquín de Jesús, y Álvarez Sandra, “Caracterización de un calentador solar de bajo costo y con materiales de fácil acceso”, *Artículo Revista de Sistemas Experimentales Septiembre*, vol. 4, pp. 18–35, 2017, Consultado: el 26 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: www.ecorfan.org/bolivia
- [19] J. L. Pelegrí Llopart, “Informe IPCC: Certezas e incertidumbres sobre el cambio climático”, *the conversation*, 2021.
- [20] Bengoechea Camino Iñigo, “DESARROLLO DE UN PROYECTO DE INSTALACIÓN TÉRMICA DE AGUA CALIENTE SANITARIA”, UNIVERSIDAD DE VALLADOLID, Valladolid, 2020. Consultado: el 26 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/45066/TFG-I-1762.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [21] D. E. San, M. Escuela, D. E. Posgrado, y F. De, “Integración de sistemas solares térmicos eficientes para obtener Agua Caliente Sanitaria y disminuir la contaminación ambiental en el cantón Cuenca”.
- [22] A. Bernardo y D. De, “Blogthinkbig.com”, *Blogthinkbig*, vol. 1, 2019.
- [23] Idae, “Guía Técnica de Energía Solar Térmica IDAE - ASIT. Guías IDAE 022”, Consultado: el 23 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: www.idae.es/www.asit-solar.com
- [24] Isamar Olivia Macedo Rodríguez y y Ayoze Piñero Hernández, “Investigación y Aplicación de Sistemas de Energía Solar en el Rendimiento de un Hotel Rural”, Universidad de La Laguna, Tenerife, 2014.
- [25] Ó. Carpintero y J. Nieto, “Transición energética y escenarios postcrecimiento”, *Revista PAPELES*, 2021.

- [26] A. González Rosas *et al.*, “Diseño de un sistema fotovoltaico para el hotel Real M”, 1946, Consultado: el 25 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: www.AcademiaJournals.com
- [27] J. A. Rosales Huamani, L. Centeno Rojas, J. R. Cajacuri Perez, J. Breña Ore, y C. Chávez Chapana, “Identificación de Cadmio y Plomo en los cultivos de Cacao ubicados en la zona de Satipo - Junín”, *TECNIA*, vol. 31, núm. 2, 2021, doi: 10.21754/tecnica.v21i2.1062.
- [28] “Calentador Solar de Agua”, *Secretaría de Extensión*, vol. 1, núm. 1, may 2011.
- [29] C. Vega Gaxiola, “VIII CONGRESO-ARGOS LIBRO DE PONENCIAS”, 2018, Consultado: el 26 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/326160566>
- [30] N. Navas, “ODS 7. Energía asequible y no contaminante”, *Carreteras*, vol. 4, núm. 232, 2021.
- [31] L. S. Orozco-Cantos, E. A. Jácome-Domínguez, E. F. Viteri-Núñez, y P. C. Sinchiguano-Conde, “Aprovechamiento de la energía solar con un colector de tubos al vacío en la ciudad de Riobamba”, *Polo del Conocimiento*, vol. 2, núm. 4, 2017, doi: 10.23857/pc.v2i4.427.
- [32] L. C. Souza, “ENERGIA E SUSTENTABILIDADE HUMANA: Impacto das metas do ODS 7 no Brasil”, *Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo*, vol. 6, núm. 1, 2020, doi: 10.26668/indexlawjournals/2525-9628/2020.v6i1.6486.
- [33] ONU, “Progresos realizados para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible”, *Consejo Económico y Social*, vol. 6, 2022.
- [34] C. Martínez-Guerrero, P. Peña-Prado, y C. M. Jaimes-Torres, “Proyecto LIDERA: Laboratorio de Investigación Didáctica en Energías Renovables – Aplicación (COVID19)”, *Memorias del Concurso Lasallista de Investigación, Desarrollo e innovación*, vol. 8, núm. 1, 2022, doi: 10.26457/mclidi.v8i1.3152.
- [35] J. A. Curipoma Segura, “ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA CONSERVERA DEL GUAYAS EN RELACIÓN AL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SUSTENTABLE (ODS) DE LAS NACIONES UNIDAS’ AUTORES:”, *Molecules*, vol. 9, núm. 1, 2019.
- [36] D. S. Bernatal Saragih, Ika Karyati, “PENGARUH PEWARNA EKSTRAK CAIR ALAMI BAWANG TIWAI (Eleutherine americana Merr) TERHADAP MUTU SELAI KULIT PISANG KEPOK (Musa paradisiaca Linn)”, *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 6, núm. 2, 2010.
- [37] “Ciudades y comunidades sostenibles”, 2020. doi: 10.18356/33794931-es.
- [38] E. A. Gómez Salazar, N. G. Landero, y N. G. García Mendoza, “Ciudades y Comunidades Sostenibles: Revisando el Objetivo # 11 del Desarrollo Sostenible a través de la metodología Design Thinking.”, *Raíces: Revista Nicaragüense de Antropología*, 2020, doi: 10.5377/raices.v3i7.9690.

- [39] J. C. Palacios Mosquera y B. A. Salazar Blandón, “Diseño de un sistema solar fotovoltaico para atender la demanda energética y reducir los gases de efecto invernadero en la población del corregimiento de Boca de León - Alto Baudó”, 2022. doi: 10.26507/paper.2401.
- [40] T. Khan, “ODS 13”, Red de litigios climáticos.
- [41] P. A. Elizalde Monteagudo, “Los ODS y el transporte marítimo en México: el marco legal internacional para alcanzar las metas del ODS 3 buena salud y del ODS 13 acción por el clima”, *Revista de la Facultad de Derecho y Ciencias Políticas*, vol. 52, núm. 136, 2022, doi: 10.18566/rfdcp.v52n136.a02.
- [42] G. Zamignan, A. C. Almeida, R. G. P. Da Silva, L. H. B. Gaivizzo, D. N. Soares, y C. H. Saito, “Agenda 2030: inter-relações sistêmicas entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável”, *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, vol. 60, 2022, doi: 10.5380/dma.v60i0.78530.
- [43] J. I. O. Alvear, “OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) COMO VENTAJA COMPETITIVA EN LA INDUSTRIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CHILE”, *Molecules*, vol. 2, núm. 1, 2020.
- [44] R. Posso, L. Lara, S. López, y R. Garcés, “Objetivo de desarrollo sostenible acción por el clima”, *Ciencia y Deporte*, vol. 7, núm. 2, 2022.
- [45] J. Patricio, M. Vinicio, y C. Raúl, “Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador”, *INGENIUS*, 2018, doi: 10.17163/ings.n19.2018.06.
- [46] E. De y L. Ciencias, “EL CONCEPTO DE ENERGÍA EN LOS LIBROS DE TEXTOS: DE LAS CONCEPCIONES PREVIAS A LA PROPUESTA DE UN NUEVO SUBLENGUAJE”, 1994.
- [47] U. de Valencia, “Qué es la energía cinética: definición | VIU”, *Qué es la energía cinética: definición*. 2018.
- [48] A. González Arias, “El concepto ‘energía’ en la enseñanza de las ciencias”, *Iberoamericana de Educación*, vol. 1, núm. 1, Consultado: el 25 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: www.fisica.uh.cu/biblioteca/revcubfi.
- [49] C. Pastor. A. Belendez, J.G. Bernabeu, “Magnitudes Y Unidades 1. Magnitudes Y Medidas 1.1.-Magnitudes Físicas”, *“Magnitudes como vectores y Campos”*, 1988.
- [50] C. A. Nieto de Castro, M. J. Lourenço, y M. I. Lampreia, “A Escala Internacional de Temperatura de 1990 ITS - 90”, *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 1994, doi: 10.52590/m3.p578.a3000645.
- [51] L. Lobo Guerrero, “Sistema De Medidas”, *Anales de Ingeniería*, vol. 6, núm. cc, 1888.
- [52] “LA ENERGÍA”.
- [53] C. Vidal y W.-R. Külpmann, “Temperatur”, 2019. doi: 10.1007/978-3-662-48986-4_2979.

- [54] E. Gómez-Naranjo, M. Bermeo-García, J. Muyulema-Allaica, y F. Reyes-Soriano, "Sistemas de calentamiento y la energía solar: Una revisión sistemática", *593 Digital Publisher CEIT*, vol. 7, núm. 4–2, 2022, doi: 10.33386/593dp.2022.4-2.1349.
- [55] M. de los Á. Olán-Acosta, J. Barajas-Fernández, y C. Gutiérrez Antonio, "Intensificación de procesos: alternativa sustentable para la producción de biocombustibles para el sector transporte", *Ciencia Nicolaita*, núm. 87, 2023, doi: 10.35830/cn.vi87.675.
- [56] J. Fitch y D. Morillón, "El confort térmico como variable adicional al método tradicional de valuación de inmuebles: Caso vivienda del Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México", *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 5, 2001.
- [57] M. Klug, "Pirólisis, un proceso para derretir la biomasa", *Revista de Química*, vol. 26, núm. 1–2, 2012.
- [58] ARCERNR, "Estadística del Sector Electrico Ecuatoriano 2020", *Ministerio de Regulación y Recursos Naturales no renovables*, 2020.
- [59] R. Calderón, J. A. Arredondo, E. Cadenas, y F. Mayagoitia, "Vivienda net-zero en Mexicali, B.C, un camino hacia las políticas energéticas en desarrollos habitacionales sustentables", 2022. doi: 10.5821/ctv.7634.
- [60] C. D. Míguez Gómez, "La Eficiencia Energética En El Uso De La Biomasa Para La Generación De Energía Eléctrica: Optimización Energética Y Exergética", *Universidad Complutense De Madrid Facultad De Ciencias Políticas Y Sociología*, 2012.
- [61] M. S. Narváez Ortega, J. V. Sánchez Zúñiga, y J. Sánchez Molina, "DESARROLLO DE UNIDAD CONSTRUCTIVA CERÁMICA TERMOAISLANTE PARA ENVOLVENTES DE MAMPOSTERÍA EN CLIMAS CÁLIDOS TROPICALES", *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, vol. 2, núm. 40, 2023, doi: 10.24054/rcta.v2i40.2355.
- [62] N. Y. Rincón-Velásquez y C. Castiblanco-Rozo, "Políticas y normas sobre energías renovables para el desarrollo de biogás en Colombia. Una revisión", *Gestión y Ambiente*, vol. 24, núm. 1, 2021, doi: 10.15446/ga.v24n1.98868.
- [63] R. Miranda, "Calderas: Clasificación, Usos Y Mecanismos De Transferencia De Calor", *Researchgate*, núm. Researchgate, 2018.
- [64] F. R. Villareal Silva, S. Kozhiparambil Chandran?, A. Cerdán-Pasarán, S. Lugo Loredó, y J. A. Hernández Magallanes, "Análisis Energético de una Bomba de Calor Modificada (AHPTP) para Aplicaciones en el Sector Industrial", *Química Hoy*, vol. 11, núm. 03, 2022, doi: 10.29105/qh11.03-299.
- [65] W. Quitiaquez, I. Simbaña, C. A. Isaza-Roldán, P. Quitiaquez, C. Nieto-Londoño, y F. Toapanta-Ramos, "Revisión del estado del arte de sistemas DX-SAHP para la obtención de agua caliente sanitaria", *Enfoque UTE*, vol. 11, núm. 2, 2020, doi: 10.29019/enfoque.v11n2.565.

- [66] F. Rivas-Cruz, E. Gamaliel Hernández-Martínez, Y. Luis, y E. Papadimitriou-Suarez Del Real, "Calefacción y Refrigeración con Bombas de Calor-Proyectos desarrollados en México", 2021.
- [67] I. R. Martín Domínguez, "Distribución de flujos en sistemas de colectores solares planos interconectados", *Academia de*, 2008.
- [68] L. Juanico, "Diseño De Techo Solar Adaptable Innovativo Para Refrigeración Y Calefacción Hogareña Pasivas", *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 10, 2006.
- [69] Juanico Luis, "Diseño de techo solar adaptable innovativo para refrigeración y calefacción hogareña pasiva.", 2006.
- [70] G. Pinto, "Termoquímica de las calderas domésticas de condensación: un caso de aprendizaje contextualizado por indagación dirigida", *Educació Química EduQ*, vol. 14, 2013.
- [71] G. Pinto, "Termoquímica de las calderas domésticas de condensación: un caso de aprendizaje contextualizado por indagación dirigida", *Educació Química EduQ*, vol. 14, 2013.
- [72] Erich A. Müller, "Las máquinas de vapor", *Laboratorio de fisico-química, Termodinámica Básica.*, 2009.
- [73] "FÍSICA Y QUÍMICA 145".
- [74] J. P. Vargas Bautista, P. Yampasi Espejo, X. Tirado Villarroel, y A. Patzi, "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN SOLAR TÉRMICO: ANÁLISIS ENERGÉTICO Y ECONÓMICO", *INVESTIGACION & DESARROLLO*, vol. 16, núm. 1, 2016, doi: 10.23881/idupbo.016.1-4i.
- [75] "Calor". Consultado: el 26 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/inn_doc_ed_cientifica/eu_def/ad_juntos/natur_zientziak/DBH1Z-03-BEROA_TENP/1-DBH1Z-03-IRAKASLE/Beroa.pdf
- [76] S. Elizabeth, O. Ortiz, D. Emerson, y P. Ortiz, "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÒNICA. PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO", 2010.
- [77] Administrador, "La energía y su transferencia: Energía térmica y calor".
- [78] A. L. Chamorro Páez, V. P. Arellano-Manchano, M. A. Ordoñez-Viñán, L. S. Orozco-Cantos, E. F. Viteri-Núñez, y E. A. Jácome-Domínguez, "Evaluación de un calentador solar de agua de cilindro parabólico en la ciudad de Riobamba", *Polo del Conocimiento*, vol. 2, núm. 7, 2017, doi: 10.23857/pc.v2i7.318.

- [79] M. G. Castillo Arteaga, "Termoquímica y Termodinámica", *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4*, vol. 11, núm. 22, 2023, doi: 10.29057/prepa4.v11i22.10916.
- [80] M. F. Martínez-Silíceo, L. F. Cruz-Reyes, L. J. Flores-Monroy, N. Y. García-Novo, y T. Reyes-Ángeles, "Segunda Ley de la Termodinámica", *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, vol. 9, núm. 18, 2022, doi: 10.29057/estr.v9i18.8900.
- [81] L. A. Mendoza Zélis, *Termodinámica*. 2020. doi: 10.35537/10915/68983.
- [82] G. A. coaut Cengel Yunus A, "Transferencia de Calor y Masa : Fundamentos y Aplicaciones. - Cuarta edición", *J Chem Inf Model*, vol. 53, núm. 6, 2020.
- [83] V. D. Jimenez Macedo, C. Rubio Maya, J. J. Pacheco Ibarra, y E. Cortéz Neri, "Estudio experimental de transferencia de calor en motores de combustión interna usando la mezcla etanol-gasolina", *Ciencia Nicolaita*, núm. 83, 2022, doi: 10.35830/cn.vi83.563.
- [84] F. J. Barrera Ríos, S. A. Ramírez León, E. Sánchez Ángeles, J. A. Pérez Trujillo, y A. Cruz Álvarez, "Mecanismos de Transferencia de Calor Heat Transfer Mechanisms", *Publicación semestral*, vol. 8, núm. 16, 2021.
- [85] Ms. G. C. Sánchez, "Coeficiente total de transferencia de calor", Coeficiente total de transferencia de calor.
- [86] MITECO - Ministerio para la Transición Ecológica, "Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización", *Gobierno de España*, 2018.
- [87] José. García-Ochoa, Juan. Quitp-Rodríguez, y J. A. Perdomo Moreno, "Análisis de la huella de carbono en la construcción y su impacto sobre el ambiente.", *Villavicencio: Universidad Cooperativa de Colombia*, 2020.
- [88] M. para la T. E. MITECO, "Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización (MITECO)", *Gobierno de España*, 2018.
- [89] L. A. López, M. Á. Cadarso, y M. Ortiz, "La huella de carbono del comercio internacional español", *ICE, Revista de Economía*, núm. 913, 2020, doi: 10.32796/ice.2020.913.6990.
- [90] N. Steven Pardo, G. León Penagos, y H. Acevedo, "Impactos ambientales asociados a la huella de carbono y la energía incorporada del ciclo de vida de una edificación en Medellín", *Informes de la Construcción*, vol. 74, núm. 565, 2022, doi: 10.3989/ic.82758.
- [91] Merino Luis, "Energías Renovables". Consultado: el 26 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.energias-renovables.com/ficheroenergias/productos/pdf/cuaderno_GENERAL.pdf
- [92] F. De *et al.*, "UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI", 2017.

- [93] A. Ochs y A. Dolezal, "Ruta hacia el Futuro para la Energía Renovable en Centroamérica", vol. 1, núm. 1, feb. 2017, Consultado: el 26 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/303811457>
- [94] K. Sánchez, "Energía Renovable : Hidrógeno como Vector Energético", *Especialización en Gerencia Ambiental y Desarrollo Sostenible Empresarial*, 2019.
- [95] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, "Uso y Acceso a las Energías Renovables en territorios rurales", *IICA*, Consultado: el 26 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repiica.iica.int/B3661e/B3661e.pdf>
- [96] E. I. Leandro Valencia-Bautista, J. Miguel Farfán-Bone III, I. V. Alejandro Arboleda-Cheres, R. I. Joel Angulo-Guerrero, C. I. Joa Verá-Lozano, y T. V. Joel Orobio-Arboleda, "Una revisión del suministro de energía renovable y las tecnologías de eficiencia energética", *Polo del Conocimiento*, vol. 7, núm. 4, 2022.
- [97] Pareja Aparicio Miguel, *Radiación solar y su aprovechamiento energético - Miguel Pareja Aparicio - Google Libros*. OENE DISSENY, 2010. Consultado: el 26 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YkxOEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=radiaci%C3%B3n+solar&ots=r8-87CHl&sig=a8pe8CDWMJoSINGtLDG0h9NoM6s#v=onepage&q=radiaci%C3%B3n%20solar&f=false>
- [98] J. M. R. Gómez, F. Carlesso, L. E. Vieira, y L. Da Silva, "A irradiância solar: conceitos básicos", *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 40, núm. 3, 2018, doi: 10.1590/1806-9126-rbef-2017-0342.
- [99] O. Álvarez Hernández, T. Montaña Peralta, y J. M. Correa, "La radiación solar global en la provincia de Loja, evaluación preliminar utilizando el método de Hottel".
- [100] F. Carlesso, J. M. R. Gómez, L. E. A. Vieira, G. da S. Savonov, L. A. Berni, y L. L. Costa, "Conceitos básicos de radiômetros de substituição elétrica para medidas da Irradiância Solar Total", *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 41, núm. 2, 2019, doi: 10.1590/1806-9126-rbef-2018-0220.
- [101] V. Revelo y D. Gustavo, "VALIDACIÓN DE DATOS SATELITALES DE RADIACIÓN SOLAR UTILIZANDO MEDICIONES TERRESTRES PARA EL ECUADOR".
- [102] "Medición y monitoreo de eventos extremos de irradiancia solar mediante una plataforma sensorial de bajo costo en las condiciones geográficas y climatológicas de Juliaca", *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, vol. 3, núm. Vol. 3, Num. 2, 2021, doi: 10.47190/nric.v3i1.138.
- [103] C. Raichijk y F. Taddei, "Estudio comparativo de modelos empíricos de estimación de la radiación solar directa horaria", *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 16, 2012.

- [104] J. Wright, "Cálculo y mapeo de la radiación solar directa y difusa en Costa Rica", *Uniciencia*, vol. 22, núm. 1–2, 2008.
- [105] D. A. Figueroa Guerra, J. F. Culqui Tipan, M. D. Núñez Verdezoto, y O. D. Cruz Panchi, "MODELAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED CONSIDERANDO LA VARIACIÓN DE IRRADIANCIA SOLAR EN HOMER PRO", *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, vol. 22, núm. 1, 2022, doi: 10.19053/1900771x.v22.n1.2022.14456.
- [106] W. Clemente De la Cruz y A. Alcántara Boza, "Caracterización de radiación solar directa y difusa en condiciones climáticas del Valle del Mantaro", *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, vol. 23, núm. 46, 2020, doi: 10.15381/ijgeo.v23i46.18029.
- [107] D. Hernández Martínez y L. Ferrari, "Modelado espacial del potencial de energía solar en México a partir de Modelo Digital de Elevaciones ASTGTM V3", *Terra Digitalis*, 2022, doi: 10.22201/igg.25940694e.2022.2.102.
- [108] F. Sarría, "Teledetección 10.1. Fundamentos de la teledetección", *Universidad de Murcia*, 2006.
- [109] F. Aragón, G. González, O. Guzmán, F. A. Quiroga, y O. Simbaqueva, "Relación entre la radiación solar difusa y la radiación solar global en una localidad colombiana", *Cenicafé*, vol. 47, núm. 3, 1996.
- [110] F. Alonso Sarría, "Capítulo 10. Teledetección", *SIGMUR. SIG y Teledetección en la Universidad de Murcia*, vol. 84, núm. 4, 2011.
- [111] D. C. Bastos Guerrero, M. J. Illera Bustos, y S. B. Sepúlveda Mora, "Sistema adaptativo de inferencia neuro-difusa (ANFIS) para la estimación de la radiación solar global", *Investigación e Innovación en Ingenierías*, vol. 9, núm. 1, 2020, doi: 10.17081/invinno.9.1.4112.
- [112] J. J. DUDERSTADT y W. R. MARTIN, "Modelos De Reactores Fotocatalíticos Planos Y Anulares Aptos Para El Tratamiento De La Contaminación Ambiental De Origen Acuático", *J. Wiley Y Sons*, vol. 1, 1979.
- [113] J. R. R. Mejía, F. E. L. Monteagudo, M. A. A. Esquivel, C. O. Olvera, y S. A. Dorrbercker, "Diseño de un colector solar de placa plana", *Ingeniería Energética*, vol. XXXVII, núm. 1, 2016.
- [114] N. L. Forero Chacón y P. D. Garzón Castañeda, "Medida de la eficiencia de un colector solar de placa plana, mediante un montaje experimental desarrollado con instrumentación virtual", *Tecnura*, vol. 24, núm. 65, 2020, doi: 10.14483/22487638.15929.

- [115] G. Rivera Barrera y Msc. F. Tovar Galindo, "Prototipo de un colector solar parabólico para la generación de energía eléctrica.", *UGCiencia*, vol. 22, núm. 1, 2016, doi: 10.18634/ugcj.22v.1i.549.
- [116] J. Reyes y A. Zacarias, "Modelado de un colector solar parabólico con motor Stirling para uso doméstico y pequeña industria .", *MEMORIAS DEL XXIV CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM*, vol. 1, 2018.
- [117] D. Erazo, J. Bastidas, J. Acosta, y C. Herrera, "Implementación de un secador de cacao a pequeña escala para disminuir el tiempo de secado y conservar las propiedades organolépticas en el Consejo Comunitario Las Varas Tumaco (Nariño)", *Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)*, vol. 2, 2019.
- [118] J. R. Moreno Cevallos, "Uso de la energía eólica en generación eléctrica para una vivienda que requiere 4 kWh/día", *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, vol. 3, núm. 1, 2022, doi: 10.51798/sijis.v3i1.293.
- [119] S. Arla Odio, M. Tapia Zurita, J. Guasumba Codena, J. Martínez, J. Asitimbay, y E. Tapia Zurita, "Validación del Recurso Solar en el Ecuador para Aplicaciones de Media y Alta Temperatura", *INNOVA Research Journal*, vol. 2, núm. 7, 2017, doi: 10.33890/innova.v2.n7.2017.226.
- [120] P. D. F. Mazano, "Acondicionamiento térmico de los espacios interiores en la Unidad Educativa 'General Córdoba' de la ciudad de Ambato en el periodo 2017", *Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Ambato*, vol. 593, núm. 03, 2021.
- [121] G. A. M. Trujillo, "Características energéticas de una placa fotovoltaica, por variación de ángulo de inclinación, frente a la radiación solar en Ecuador.", *Yachana Revista Científica*, vol. 0, núm. 0, 2015.
- [122] P. Flores-Chafla, D. Pesantez-Peñañiel, E. F. Zalamea-Leon, y E. A. Barragán-Escandón, "Capacidad e integración fotovoltaica en edificios mixtos de mediana altura en la región ecuatorial andina", *ACE: Architecture, City and Environment*, vol. 15, núm. 45, 2021, doi: 10.5821/ace.15.45.9307.
- [123] D. Venegas Vásconez, C. Ayabaca Sarria, S. Celi Ortega, y J. Rocha Hoyos, "El riesgo en el almacenamiento de GLP en el Ecuador", *INNOVA Research Journal*, vol. 3, núm. 1, 2018, doi: 10.33890/innova.v3.n1.2018.331.
- [124] K. T. Coronel-Pangol, A. Campoverde-Campoverde, C. A. Romero-Galarza, y J. A. Jiménez-Yumbla, "Optimización de Costos Logísticos de Comercializadores de GLP en Azuay, Ecuador", *Economía y Negocios*, vol. 11, núm. 2, 2020, doi: 10.29019/eyn.v11i2.829.
- [125] D. F. Venegas Vásconez y C. Ayabaca Sarria, "Análisis del almacenamiento en sistemas de gas licuado de petróleo: tanques estacionarios vs. cilindros", *Ingenius*, núm. 22, 2019, doi: 10.17163/ings.n22.2019.11.

- [126] I. Puig Ventosa, A. Martínez Sojos, Z. Vicuña del Pozo, G. Córdova Vela, y P. Álvarez Rivera, "SUBSIDIOS A LOS COMBUSTIBLES FÓSILES EN ECUADOR: Diagnóstico y Opciones para su Progresiva Reducción", *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, vol. 28, núm. 1, 2018.
- [127] R. Valencia Chapi, G. Collaguazo Galeano, L. Lorente Leyva, y I. Herrera Granda, "Planta satélite de gas natural licuado para el abastecimiento del sector industrial en Cuenca-Ecuador", 2016.
- [128] J. A. Beltrán Ruiz y S. L. Velasteguí Rubio, "Impacto económico, político y social en el subsidio del combustible y gas licuado de petróleo (GLP)", *SATHIRI*, vol. 16, núm. 1, 2021, doi: 10.32645/13906925.1044.
- [129] D. F. Venegas Vásquez, C. Ayabaca Sarria, S. Celi Ortega, J. Rocha Hoyos, y E. Mena Mena, "Factores para seleccionar tuberías de conducción de gas licuado de petróleo en el Ecuador", *Ingenius*, núm. 19, 2018, doi: 10.17163/ings.n19.2018.05.
- [130] A. Ramires, J. Cavalchini, A. Carballo, y N. Odobez, "Aplicación de la energía solar térmica para la reducción del consumo eléctrico en un sistema de calentamiento de agua sanitaria industrial", *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, vol. 5, 2019, doi: 10.30972/eitt.503763.
- [131] W. Quitiaquez *et al.*, "Análisis del rendimiento termodinámico de una bomba de calor asistida por energía solar utilizando un condensador con recirculación", *Revista Técnica "Energía"*, vol. 16, núm. 2, 2020, doi: 10.37116/revistaenergia.v16.n2.2020.358.
- [132] V. Miranda Gassull y A. Esteves, "Comparación de dos sistemas de calentamiento de agua sanitaria con elementos reciclados", *H+D HÁBITAT MÁS DISEÑO*, núm. 16, 2016, doi: 10.58493/habitat.2016.16.03.
- [133] V. Miranda Gassull, "Diseño y medición del rendimiento de un colector solar de agua sanitaria construido a partir de botellas recicladas de doble capa", *Investigación, Ciencia y Universidad*, vol. 2, núm. 2, 2018, doi: 10.59872/icu.v2i2.79.
- [134] M. A. M. Rosli, D. S. M. Zaki, F. A. Rahman, S. Sepeai, N. A. Hamid, y M. Z. Nawam, "F-chart method for design domestic hot water heating system in Ayer Keroh Melaka", *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 56, núm. 1, 2019.
- [135] C. Díaz, "Estudio del Carbono Negro(Black Carbon) contenido en partículas suspendidas en ambientes urbanos", *Centro de investigación en materiales avanzados, S.C*, 2016.
- [136] Ministerio de Fomento, "Ministerio de Fomento Documento Básico HE Ahorro de energía", *CTE*, 2019.
- [137] E. R. L. Chillon, "UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA Chimbote-Perú", 6, núm. COGENERACIÓN DE ENERGÍA, 2014.

- [138] M. Carvalho, M. A. Lozano, y L. M. Serra, "Síntesis de sistemas de trigeneración: análisis de sensibilidad y resiliencia", en *VII Congreso Nacional de Ingeniería Termodinámica*, 2011.
- [139] L. M. Cano, M. A. Carmona, J. A. Martínez, y P. A. Arias, "Estimación y pronóstico de radiación solar en el valle de Aburrá – Colombia", *Rev Acad Colomb Cienc Exactas Fis Nat*, vol. 46, núm. 179, 2022, doi: 10.18257/raccefyn.1576.
- [140] J. Huanca Chavez y D. Choque Choque, "Sistema de geolocalización con alarma y monitoreo basado en IOT para personas con Alzheimer", *Journal Boliviano de Ciencias*, vol. 18, núm. 53, 2022, doi: 10.52428/20758944.v18i53.373.
- [141] R. Hall y A. Allen, "A New Tool for Assessing the perFormance of Transpired Solar Collectors Used for Solar Ventilation Pre-heating", en *Energy Procedia*, 2015. doi: 10.1016/j.egypro.2015.02.097.
- [142] I. Bautista, "Cálculo de la radiación solar extraterrestre en función de la latitud y la declinación solar", *Universidad Politécnica de Valencia*, 2016.
- [143] F. L. Mena-Villacís, J. F. Hurtado-Zurita, y D. A. Chávez-Carrera, "Aplicación del método de flujo fraccional para recuperación secundaria en el campo Palo Azul", *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, vol. 13, núm. 1, 2022, doi: 10.29166/revfig.v13i1.2231.
- [144] B. Martínez, F. Camacho-de Coca, y F. J. García-haro, "Estimación de parámetros biofísicos de vegetación utilizando el método de la cámara hemisférica", *Revista de teledeteccion*, vol. 26, 2006.
- [145] V. M. Rodríguez-Moreno, J. A. Ruíz-Corral, G. Ramírez-Ojeda, y R. Pérez-Miranda, "Efecto geográfico de la cubierta del suelo y el mes calendario, en la meteorología superficial e insolación de bosques de coníferas en México", *Madera y Bosques*, vol. 22, núm. 2, 2016, doi: 10.21829/myb.2016.2221324.
- [146] P. Galán Regalado, "Chioglossa lusitanica: uso de la cola para trepar", *Bol Asoc Herpetol Esp*, vol. 27, núm. 1, 2016.
- [147] A. M. *et al.*, "PUESTA A PUNTO Y SIMULACION DEL CONCENTRADOR FRESNEL LINEAL DE 86 M2 INSTALADO EN SAN CARLOS, SALTA", *Av. Durañona*, vol. 822, núm. 1, 2013.
- [148] L. A. Conde Mendoza *et al.*, "Puesta en marcha de un laboratorio para la caracterización de tecnologías fotovoltaicas a sol real bajo las condiciones climáticas de Lima", *TECNIA*, vol. 30, núm. 1, 2020, doi: 10.21754/tecnia.v30i1.835.
- [149] J. Sánchez, "Cálculo de la Evapotranspiración Potencial mediante la fórmula de Hargreaves", *Departamento de Geología. Universidad de Salamanca.*, 2000.
- [150] D. J. Rodríguez Patarroyo, J. Hernandez, y O. Simbaqueva, "Análisis Estadístico Del Índice De Claridad Atmosférica Para La Ciudad De Bogotá", *Revista Científica*, vol. 1, núm. 21, 2015, doi: 10.14483/udistrital.jour.rc.2015.21.a6.

- [151] D. Moya, J. Paredes, y P. Kaparaju, "Method for the technical, financial, economic and environmental pre-feasibility study of geothermal power plants by RETScreen – Ecuador's case study", *MethodsX*, vol. 5, 2018, doi: 10.1016/j.mex.2018.05.010.
- [152] S. Bentouba, M. Bourouis, N. Zioui, A. Pirashanthan, y D. Velauthapillai, "Performance assessment of a 20 MW photovoltaic power plant in a hot climate using real data and simulation tools", *Energy Reports*, vol. 7, 2021, doi: 10.1016/j.egy.2021.10.082.
- [153] B. Frauberth y C. Lapa, "Desarrollo del modelo Bristow-Campbell para estimar la radiación solar global de la Región de Junin, Perú", *Tecnología Química*, vol. XXXV, núm. 2, 2015.
- [154] C. JULIAN-BENITEZ, "ESTIMACION DE LA RADIACION SOLAR EN QUITOS", *Folia Amazónica*, vol. 1, núm. 1–2, 2006, doi: 10.24841/fa.v1i1-2.100.
- [155] D. Pérez, "Medida de la radiación solar", *Procedimientos de mantenimiento y calibración de estación radiométrica*, 2015.
- [156] J. M. Evans y S. Schiller, "Promoción de Eficiencia Energética y Uso de Energía Solar en Vivienda del Ecuador", *Investigación Sostenible Energías Renovables y Eficiencia Energética [ISEREE]. Primer congreso Internacional y Expo Científica*, 2013.
- [157] Albizzati E. D., "Estudio del comportamiento de sistemas solares para calentar agua usando un programa dinámico", *Renew Energy*, vol. 22, núm. 8, 2018.
- [158] A. Catalina, F. Castro, y J. L. Mojica, "Actualidad del sector energético colombiano", *Corficolombiana*, 2023.
- [159] J. Núñez Delgado, J. Ñaupari Vasquez, y E. Flores Mariazza, "Comportamiento nutricional y perfil alimentario de la producción lechera en pastos cultivados (*Panicum maximum* Jacq)", *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, vol. 30, núm. 1, 2019, doi: 10.15381/rivep.v30i1.15681.
- [160] E. Figueroa-García y A. M. Chávez-Rodríguez, "Captadores solares de placa plana para el secado solar indirecto de alimentos: características y aplicaciones", *CienciaUAT*, 2022, doi: 10.29059/cienciauat.v17i1.1571.
- [161] C. A. Cárdenas Valencia y R. Pali Casanova, "Análisis de la eficiencia de un colector solar de disco con motor Stirling en la ciudad de Armenia, Colombia", *Revista Boletín Redipe*, vol. 11, núm. 3, 2022, doi: 10.36260/rbr.v11i3.1724.
- [162] H. L. Idrobo-Pacheco, W. Murillo-Arango, J. D. Lara-Galvis, y D. F. Chávez-Ruiz, "Rendimiento de un Sistema Solar Fotovoltaico Mixto (Policristalinos y Amorfo) Usado como Suministro Energético en un Contexto de Tecnificación Cafetera", *Producción + Limpia*, vol. 16, núm. 2, 2021, doi: 10.22507/pml.v16n2a2.
- [163] M. Durán, E. Rincón, I. Martínez, R. Almanza, y A. Lentz, "Estudio termoeconómico de diferentes configuraciones de ciclo combinado integrado con una planta solar", *Ciencia Ergo Sum*, vol. 21, núm. 1, 2014.

- [164] B. Oliveira, R. Souza, F. Fonseca, S. Gonçalves, C. Júnior, y F. Guimarães, “ANÁLISE DE USO DO SISTEMA ELÉTRICO AUXILIAR DE UM AQUECEDOR SOLAR, LOCALIZADO EM UM INSTITUTO PÚBLICO NO CENTRO-OESTE DE MINAS GERAIS”, *Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão (ISSN: 2525-4782)*, vol. 4, núm. 6, 2020, doi: 10.21575/25254782rmetg2019vol4n6732.
- [165] W. Cecilio Silva, M. Andrade Duarte, R. Diniz Oliveira, y F. Romagnoli Silveira Lima, “Investigação da carga térmica de resfriamento de uma edificação residencial multifamiliar por diferentes algoritmos de transferência de calor”, *E&S Engineering and Science*, vol. 12, núm. 2, 2023, doi: 10.18607/es20231215198.
- [166] G. Pinto, “Termoquímica de las calderas domésticas de condensación: un caso de aprendizaje contextualizado por indagación dirigida”, *Educació Química EduQ*, vol. 14, 2013.
- [167] E. M. Quiñonez Gutierrez y E. A. Saldaña Castillo, “Diseño de una central termoeléctrica de cogeneración de 5 Mw para la planta Backus - Motupe”, *Universidad Señor de Sipán*, 2020.
- [168] A. Aiuppa, P. Allard, B. Bernard, F. M. Lo Forte, R. Moretti, y S. Hidalgo, “Gas Leakage From Shallow Ponding Magma and Trapdoor Faulting at Sierra Negra Volcano (Isabela Island, Galápagos)”, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol. 23, núm. 2, 2022, doi: 10.1029/2021GC010288.
- [169] C. A. Pérez Albán, A. Cordovés García, y J. R. Terán Benalcázar, “Diseño e implementación de un sistema de control para mejorar la calidad de los gases de combustión de una caldera pirotubular de 5 BHP”, *Enfoque UTE*, vol. 7, núm. 2, 2016, doi: 10.29019/enfoqueute.v7n2.95.
- [170] J. S. Arroyo Vinueza y W. S. Reina Guzmán, “APROVECHAMIENTO DEL RECURSO BIOMASA A PARTIR DE LOS DESECHOS DE MADERA PARA UNA CALDERA DE VAPOR”, *Ingenius*, núm. 16, 2016, doi: 10.17163/ings.n16.2016.03.
- [171] A. Pérez Sánchez, Y. Reyes Betancourt, R. González de la Cruz, Y. B. Rodríguez Guerra, y N. Liaño Abascal, “Evaluación del sistema de generación y distribución de vapor de una empresa cárnica”, *Scientia et Technica*, vol. 26, núm. 1, 2021, doi: 10.22517/23447214.24495.
- [172] C. A. Estrada y A. Zapata Meneses, “Gasificación de biomasa para producción de combustibles de bajo poder calorífico y su utilización en generación de potencia y calor”, *Scientia et Technica*, núm. 25, 2004.
- [173] “Huella de carbono de equipos térmicos convencionales bajo la perspectiva de la ingeniería de procesos”, *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 5, núm. 4, 2021, doi: 10.37811/cl_rcm.v5i4.779.

- [174] V. Torres Luna *et al.*, “Bombas de Calor Geotérmico para acondicionamiento de espacios habitacionales y comerciales-Primeros resultados”, *CeMIE-Geo Memorias del XXIII Congreso Anual-Morelia, Mich.*, 2016.
- [175] A. García Gutiérrez y I. Martínez Estrella, “Estado actual de desarrollo de las Bombas de Calor Geotérmico”, *Geotermia*, vol. 25, núm. 2, 2012.
- [176] “Ahorro de agua en hoteles y alojamientos turísticos - ITH”. Consultado: el 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.ithotelero.com/blog/ahorro-de-agua-en-hoteles-y-alojamientos-turisticos/>
- [177] NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, “NEC-HS-ER-Energías-Renovables”.

ANEXOS

ANEXO A (CARACTERÍSTICAS DE GLP)

- Precio de GLP (ANEXO A1)



**PRECIOS DE VENTA EN TERMINAL PARA LAS COMERCIALIZADORAS
CALIFICADAS Y AUTORIZADAS A NIVEL NACIONAL**

PERIODO DE VIGENCIA: DEL 12 DE OCTUBRE AL 11 DE NOVIEMBRE DE 2023

DECRETOS EJECUTIVOS No. 338, 1158, 724 Y 467

PRODUCTO	Unidad de medida	PRECIO EN TERMINAL (Incluye el 12% del I.V.A.) Expresado en US\$
SECTOR PETROLERO MINERO		
ABSORVER PETROLERO	Galones	\$ 3,312372
DIESEL 1 PETROLERO	Galones	\$ 3,312372
DIESEL 2 PETROLERO	Galones	\$ 3,312372
DIESEL PREMIUM PETROLERO	Galones	\$ 3,586576
FUEL OIL PETROLERO	Galones	\$ 2,131373
GASOLINA EXTRA PETROLERO	Galones	\$ 3,033895
EXTRA CON ETANOL PETROLERO	Galones	\$ 3,380052
GASOLINA SUPER PREMIUM 95 PETROLERO	Galones	\$ 3,780029
SECTOR INDUSTRIAL		
DIESEL 1 INDUSTRIAL	Galones	\$ 3,312372
DIESEL 2 INDUSTRIAL	Galones	\$ 3,312372
DIESEL PREMIUM INDUSTRIAL	Galones	\$ 3,586576
EXTRA INDUSTRIAL	Galones	\$ 3,033895
EXTRA CON ETANOL INDUSTRIAL	Galones	\$ 3,380052
SUPER PREMIUM 95 PREMIUM INDUSTRIAL	Galones	\$ 3,780029
FUEL OIL No. 6 INDUSTRIAL	Galones	\$ 2,131373
FUEL OIL LIVIANO	Galones	\$ 2,131373
GAS LICUADO DE PETROLEO (GLP) INDUSTRIAL	Kilogramos	\$ 0,811460
GAS NATURAL	Millón de BTUs	\$ 3,770500
GAS NATURAL LICUADO	Millón de BTUs	\$ 7,353847
RESIDUO CEMENTERO	Galones	\$ 1,128682
RESIDUO INDUSTRIAL	Galones	\$ 1,128682
MINERAL TURPENTINE	Galones	\$ 2,490432
RUBBER SOLVENT	Galones	\$ 2,459560
CEMENTOS ASFALTICOS NO OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0,585930
ASFALTOS INDUSTRIALES NO OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0,585930
CEMENTOS ASFALTICOS OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0,298480
ASFALTOS INDUSTRIALES OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0,298480
GASOLINA EXTRA CAMARONERO	Galones	\$ 3,033895
GASOLINA EXTRA CON ETANOL CAMARONERO	Galones	\$ 3,380052
DIESEL 2 CAMARONERO	Galones	\$ 3,312372
DIESEL PREMIUM CAMARONERO	Galones	\$ 3,586576

Nota: Precios conforme la metodología establecida en el Decreto Ejecutivo No. 614, suscrito el 1 de diciembre de 2022

Fuente: Petroecuador, Precios de venta de GLP Octubre-Noviembre 2023.

• Propiedades de GLP (ANEXO A2)

GPL MIX (GPL - Gas Licuado del Petróleo)

Código producto: **6033**

Fichas de datos de seguridad
Conforme al reglamento (UE) n° 830/2015


Fecha de revisión: **30/08/2017**

Versión: **2.0**

Apariencia	: Gas.
Masa molecular	: No aplicable (UVCB)
Color	: Incoloro.
Olor	: característico. Desagradable.
Umbral olfativo	: No hay datos para la propia preparación / mezcla.
pH	: Inaplicable.
Grado de evaporación (acetato de butilo=1)	: No aplicable
Punto de fusión	: -187,6 - -138,3 °C (según la composición)
Punto de solidificación	: No hay datos disponibles
Punto de ebullición	: -88 - -1 °C (según la composición)
Punto de inflamación	: < -60 °C
Temperatura de autoignición	: 287 - 537 °C (según la composición)
Temperatura de descomposición	: No hay datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	: No hace al caso
Presión de vapor	: 275 - 1500 kPa (40 °C - EN ISO 4256)
Densidad relativa de vapor a 20 °C	: No hay datos disponibles
Densidad relativa	: No hay datos disponibles
Densidad	: ≤ 565 kg/m ³ (15 °C - EN ISO 3993)
Solubilidad	: Agua: 24,4 - 60,4 mg/l (según la composición)
Log Pow	: 1,09 - 2,8 (según la composición)
Viscosidad, cinemática	: No es necesaria una prueba.
Viscosidad, dinámica	: No aplicable
Propiedades explosivas	: Ninguno(a).
Propiedad de provocar incendios	: Ninguno(a).
Límites de explosión	: 1,8 - 15 vol % Típico

Fuente: Eni Ecuador, Ficha datos de seguridad GLP.

• Consumo GLP- Hotel Ambato Diciembre 2018 (ANEXO A3)

ENI ECUADOR S.A. Dir. Matriz : Quito - AV. PATRIA E4-69 AV AMAZONAS Dir. Sucursal : Quito - AV. PATRIA E4-69 AV AMAZONAS Obligado a llevar Contabilidad : SI Contribuyente Especial Nro. : 5368		Número de Autorización 2501201801179054062600120040020520085791234567818 Ambiente : Producción Emisión : Normal Clave de Acceso :  2501201801179054062600120040020520085791234567818					
Razon Social : COMIDAS Y SERVICIOS S.A. COMISERSA Fecha Emisión : 25/01/2018		RUC: 1790537854001 Guía Remisión :					
Page 1 of 1							
Código	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio sin Subsidio	Subsidio	Descuento	Precio Total
BB10AF01-	560.00	GLP INDUSTRIAL GRANEL	0.706400		0	0.00	395.58
SERV. INDL	1.00	SERVICIO INDUSTRIAL GRANEL	56.000000		0	0.00	56.00
Forma de Pago		Total	Plazo	Tiempo	Subtotal 12%: 451.58 SubTotal 0%: 0.00 SubTotal No Objeto de IVA: 0.00 SubTotal Exento de IVA: 0.00 SubTotal sin impuesto: 451.58 Total Descuento: 0.00 Valor ICE: 0.00 IVA 12%: 54.19 IRBPNR: 0.00 Propina: 0.00 Valor Total: 505.77		
Otros con utilización del sistema financiero		505.77					
Información Adicional: DIRECCION: GUAYAQUIL #109 Y ROCAFUERTE CIUDAD: 1331 021801 - AMBATO ECUADOR TELEFONO: 021801 - AMBATO CORREO: 032421791 VENDEDOR: gerencia@hotelambato.com FECHA DE VENCIMIENTO: -Ningún empleado del departamento de ventas- COMENTARIOS: 25/01/2018 DIAS DE CREDITO: T/7 124 LQ152 GR166240 Basado en Pedidos de cliente 10008076. CL- 0 D		VALOR TOTAL SIN SUBSIDIO: 0 AHORRO POR SUBSIDIO: 0 (Incluye IVA cuando aplique)					

Fuente: Eni Ecuador.

ANEXO B (CONSUMO DE AGUA POTABLE)

EP - EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE AMBATO

R.U.C.: 1865030070001

FACTURA

No. 001-041-001247712

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
1402201801186503007000120010410012477121458

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2018-02-14T14:24:00-05:00

AMBIENTE: PRODUCCION

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO

1402201801186503007000120010410012477121458319214

EMPRESA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE AMBATO

EMPRESA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE AMBATO

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI

Dirección Matriz: Antonio Clavijo e Isaías Sánchez

Dirección Sucursal: Miniarica

Contribuyente Especial Nro: 4519

Razón Social / Nombres y Apellidos: HOTEL EMPRESA HOTELERA AMBATO

Identificación: 1890059984001

Fecha Emisión: 14/02/2018

Guía Remisión:

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cant	Descripción	Precio Unitario	Descuento	Precio Total
004	004	1	MANTENIMIENTO	280.260000	0.000000	280.260000
003	003	1	VARIOS	1.210000	0.000000	1.210000
001	001	1	SERVICIOS	1066.020000	0.000000	1066.020000

Información Adicional

Tarifa	CA - Comercial
Referencia	REAL
Meses de Pago	1
Meses de Consumo	Ene-2018
Codigo	CE180026601
Recaudador	palmendariz
Consumo	759
Lec. Actual	77317
Lec. Anterior	76558
Cuenta	4014
Medidor	506014168
E-Mail	contabilidad@hotelambato.com
Telefono	032421791
Direccion	CALLE GUAYAQUIL

SUBTOTAL 14%	0
SUBTOTAL 12%	0
SUBTOTAL 0%	1347.49
SUBTOTAL No objeto de IVA	0
SUBTOTAL Exento de IVA	0
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	1347.49
TOTAL Descuento	0
ICE	0
IVA 14%	0
IVA 12%	0
IRBPNR	0
PROPIA	0
VALOR TOTAL	1347.49

Historial de Consumo

Mes de Consumo	Consumo M3
Jul	748
Ago	649
Sep	620
Oct	719
Nov	703
Dic	759

CANCELADO

Fuente: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato.

ANEXO C (PROPIEDADES DE LOS EQUIPOS DEL CUARTO DE MAQUINAS)

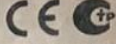

- Tanque Acumulador (ANEXO C1)



- Bomba Centrífuga (ANEXO C2)



- Bomba Vertical (ANEXO C3)

Type	CR3-8 A-FGJ-A-E-HQOE				
Model	A96517820P31426				
f	60	Hz	P2	1,10	kW
n	3463	min ⁻¹	H _{max}	76.1	m
Q	3.5	m ³ /h	H	56.3	m
p _{max} /t _{max}	25/120		bar/°C	CCW	
Serial No.	0001	Made in Hungary			
MEI ≥	0.57	η _p (%)	58,9	  DK-8850 Bjerringbro, Denmark	



ANEXO D (DATOS RECOPIRADOS DEL SISTEMA SST)

- Temperatura de tuberías de ingreso de agua a los colectores solares (ANEXO D1)



- Temperatura de tuberías de salida de los colectores solares

Sin Aislante



Con Aislante



- Temperatura de ingreso de agua a los colectores solares (ANEXO D2)



- Temperatura de salida de agua a los colectores solares



ANEXO E (ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS EN SOFTWARE RETSCREEN)

• Parámetros de ubicación y datos meteorológicos (ANEXO E1)

RETScreen - Ubicación Suscriptor: TEAM FFF 2016

Condiciones de referencia del sitio

Ubicación de datos meteorológicos: Ecuador - Ambato Localización de la instalación: Ecuador - Tungurahua - Ambato

Leyenda

- Localización de la instalación
- Ubicación de datos meteorológicos

Condiciones de referencia del sitio

Seleccionar la localización de la instalación

Latitud: -1,2474°
Longitud: -78,63°E

Seleccionar ubicación de datos meteorológicos

▼ Fuente: NASA

Ubicación: Ecuador - Ambato

▼ Datos más cercanos

- Ambato: 0 km
- Puyo: 76 km
- Patate: 86 km
- Tulcan: 109 km
- Chimborazo Sur: 125 km
- Santo Domingo: 125 km
- Abangari: 160 km
- Guayaquil A: 172 km
- Ibarra: 187 km
- Patate: 204 km

Ver datos Seleccionar

	Unidad	Ubicación de datos meteorológicos	Localización de la instalación	Fuente
Latitud		-1,2	-1,2	NASA
Longitud		-78,6	-78,6	NASA
Zona climática		4A - Mixto - Húmedo		NASA
Elevación	m	3100	0	NASA - NASA
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	11,0		NASA
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	21,9		NASA
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	11,1		NASA

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Precipitación	Radiación solar diaria - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Días-grado de calentamiento 18 °C	Días-grado de enfriamiento 10 °C
	°C	%	mm	kWh/m²/d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Enero	16,6	80,7%	170,96	4,39	82,4	1,7	18,1	42	206
Febrero	16,6	82,2%	209,34	4,46	82,4	1,6	17,9	38	186
Marzo	16,9	80,5%	227,42	4,64	82,4	1,6	18,4	33	215
Abril	16,6	80,1%	225,69	4,45	82,4	1,7	17,9	43	197
Mayo	16,1	76,2%	179,17	4,26	82,5	1,8	17,3	60	189
Junio	15,5	72,0%	140,62	4,23	82,5	2,3	16,6	76	164
Julio	15,7	61,8%	111,01	4,32	82,6	2,4	17,5	71	177
Agosto	16,8	54,8%	95,76	4,64	82,5	2,4	19,4	36	212
Setiembre	17,8	55,2%	111,19	4,62	82,5	2,1	20,7	6	234
Octubre	18,2	59,9%	135,58	4,61	82,4	1,9	21,4	0	254
Noviembre	17,5	70,3%	145,79	4,70	82,3	1,9	20,1	15	225
Diciembre	16,9	79,3%	161,69	4,45	82,3	1,8	18,6	35	213
Anual	16,8	71,0%	1.914,20	4,48	82,4	1,9	18,6	453	2.473
Fuente	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA
Medido a						m	10	0	

• Datos de instalación

RETScreen - Instalación Suscriptor: TEAM FFF 2016

Información de la instalación

Tipo de instalación: Residencial

Tipo: Edificio de departamentos/Vivienda de unidades múltiples

Descripción: HOTEL AMBATO

Preparado para: COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA HOTELERA Y TURÍSTICA AMBATO.

Preparado por: L. GAMBOA / S. GAVILANES

Nombre de la instalación: SISTEMA ENERGÉTICO ALTERNATIVO PARA ACS

Dirección: Guayaquil 0108 y Rocafuerte

Ciudad/Municipalidad: Ambato

Provin./Estado: Tungurahua

País: Ecuador

Foto - Dolce Vito/Shutterstock

• Modelo de energía

RETScreen - Modelo de Energía

Suscriptor: TEAM FFF 2016

Residencial - Edificio de departamentos/Vivienda de unidades múltiples - HOTEL AMBATO

Combustibles y horarios

- Electricidad y combustibles
- Horarios

Equipo

- Calentamiento
 - Calentador de agua
 - Bomba de calor
 - Caldera de Gas de Condensación

Uso final

- Agua caliente
 - Agua caliente

Optimizar suministro

- Calentamiento
 - Calentador solar de agua

Resumen

- ¿Incluye medición?
- Comparación

Combustibles

Tipo de combustible: Propano - kg

Precio del combustible - unidad: \$/kg

Precio del combustible: 0,7501

Poder calorífico y precio del combustible

Poder calorífico - unidad: MJ/kg

Poder calorífico: 52,1

Unidad - Precio combustible: \$/kWh

Precio del combustible: 0,05

Electricidad

Tipo: Tarifa de electricidad - anual

Descripción: Electricidad - kWh

Tarifa - unidad: \$/kWh

Tarifa - anual: 0,104

RETScreen - Modelo de Energía

Suscriptor: TEAM FFF 2016

Residencial - Edificio de departamentos/Vivienda de unidades múltiples - HOTEL AMBATO

Combustibles y horarios

- Electricidad y combustibles
- Horarios

Equipo

- Calentamiento
 - Calentador
 - Bomba de calor
 - Caldera de Gas de Condensación

Uso final

- Agua caliente
 - Agua caliente Calefón / Bomba de Calor

Optimizar suministro

- Calentamiento
 - Calentador solar de agua

Resumen

- ¿Incluye medición?
- Comparación

Sistema de calefacción

Descripción: Calefón

Nota: Calefón Yang 28 litros

Sistema de calefacción

	Caso base	Caso propuesto
Tipo de combustible	Propano - kg	Propano - kg
Precio del combustible	0,75 \$/kg	0,75 \$/kg
<input type="checkbox"/> Equipo de calefacción		
Eficiencia estacional	75%	75%
Costos iniciales incrementales	\$	
Ahorros incrementales O y M	\$	

• Modelo de cálculo de colectores solares térmicos en RETScreen (ANEXO E2)

Calentador solar de agua

Descripción

Nota

Calentador solar de agua

Características de la carga

Agua caliente

Temperatura 50

Calentamiento 99.472

Evaluación de recursos

Modo de rastreo solar

Inclinación 10

Azimut 0

Mes	Porcentaje del mes usado - caso base %	Porcentaje del mes usado - caso propuesto %	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m ² /d	Radiación solar diaria - inclinado kWh/m ² /d	Calentamiento entregado kWh
Enero	100%	100%	4,39	4,54	2.743,053
Febrero	100%	100%	4,46	4,53	2.472,823
Marzo	100%	100%	4,64	4,61	2.786,667
Abril	100%	100%	4,45	4,31	2.520,336
Mayo	100%	100%	4,26	4,03	2.435,479
Junio	100%	100%	4,23	3,95	2.308,434
Julio	100%	100%	4,32	4,05	2.448,330
Agosto	100%	100%	4,64	4,44	2.682,680
Setiembre	100%	100%	4,62	4,54	2.657,983
Octubre	100%	100%	4,61	4,65	2.811,765
Noviembre	100%	100%	4,70	4,85	2.836,090
Diciembre	100%	100%	4,45	4,63	2.797,759
Anual	100%	100%	4,48	4,42	31.501,398

Radiación solar anual - horizontal MWh/m² 1,64

Radiación solar anual - inclinado MWh/m² 1,62

Calentador solar de agua

Tipo

Fabricante

Modelo

Área bruta por colector solar 2,14

Área de captación de colector solar 1,412

Coefficiente Fr (tau alfa) 0,533

Coefficiente Fr UL 1,027

Coefficiente de temperatura para Fr UL 0

Número de colectores - sugerido 8

Número de colectores 18

Área del colector solar 38,5

Capacidad 17,8

Pérdidas varias 0%

Balance del sistema y misceláneos

Almacenamiento No

Intercambiador de calor No

Pérdidas varias 0%

Potencia de bomba / área de colector solar 0

Tarifa de electricidad 0,104

Costos iniciales 0

Costo de O y M (ahorros)

Resumen

Demanda de electricidad - bomba 0

Energía ahorrada 31.501

Fracción solar 31,7%

• Modelo de cálculo de calderas de gas de condensación en RETScreen (ANEXO E3)

RETScreen - Modelo de Energía Suscriptor: TEAM FFF 2016

Residencial - Edificio de departamentos/Vivienda de unidades múltiples - HOTEL AMBAITO

Combustibles y horarios

- Electricidad y combustibles
- Horarios

Equipo

- Calentamiento
 - Calentamiento
 - Bomba de calor
 - Caldera de Gas de Condensación**

- Uso final
- Agua caliente
 - Agua caliente Calefón / Bomba de Calor
- Optimizar suministro
- Calentamiento
 - Calentador solar de agua
- Resumen
- ¿Incluye medición?
- Comparación

Sistema de calefacción

Descripción: Caldera de Gas de Condensación
Nota: Ferroli 109,5% / 21,7 kW

Sistema de calefacción

	Caso base	Caso propuesto
Tipo de combustible	Propano - kg	Propano - kg
Precio del combustible	0,75 \$/kg	0,75 \$/kg
<input type="checkbox"/> Equipo de calefacción		
Eficiencia estacional	109,5%	109,5%
Costos iniciales incrementales	\$	5.200 \$
Ahorros incrementales O y M		

• Modelo de cálculo de Bombas de calor en RETScreen (ANEXO E4)

RETScreen - Modelo de Energía Suscriptor: TEAM FFF 2016

Residencial - Edificio de departamentos/Vivienda de unidades múltiples - HOTEL AMBAITO

Combustibles y horarios

- Electricidad y combustibles
- Horarios

Equipo

- Calentamiento
 - Calentamiento
 - Bomba de calor
 - Caldera de Gas de Condensación
- Uso final
 - Agua caliente
 - Agua caliente Calefón / Bomba de Calor
- Optimizar suministro
 - Calentamiento
 - Calentador solar de agua
- Resumen
 - ¿Incluye medición?
 - Comparación

Sistema de calefacción

Descripción: Bomba de calor
Nota: Industek 5,8 kWh

Sistema de calefacción

	Caso base	Caso propuesto
Tipo de combustible	Electricidad - kWh	Electricidad - kWh
Precio del combustible	0,104 \$/kWh	0,104 \$/kWh
<input type="checkbox"/> Equipo de calefacción		
Eficiencia estacional	380%	380%
Costos iniciales incrementales	\$	6.700 \$
Ahorros incrementales O y M		

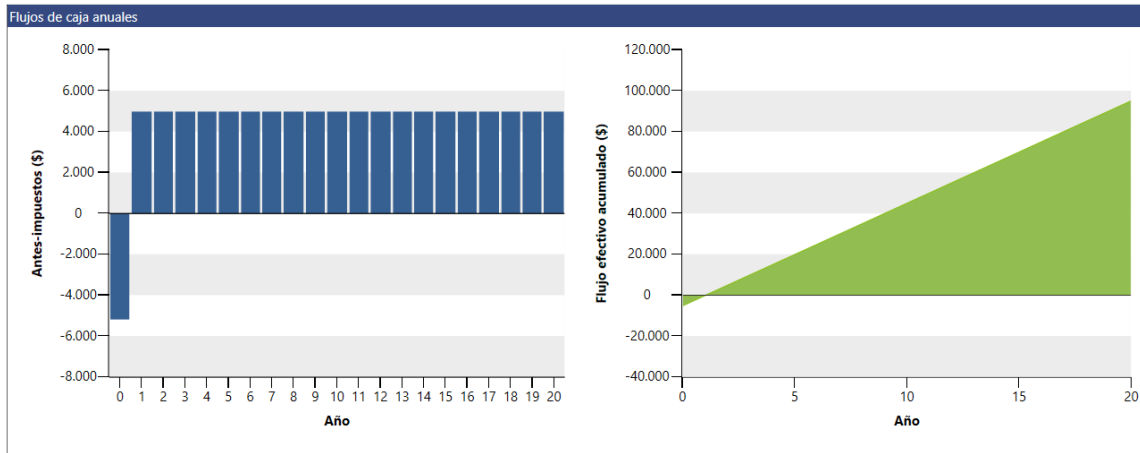
ANEXO F (ANÁLISIS FINANCIERO EN RETSCREEN)

- Análisis financiero Opción 1 (ANEXO F1)

RETScreen - Análisis Financiero

Suscriptor: TEAM FFF 2016

Parámetros financieros			Costos Ahorros Ingreso			Flujos de caja anuales		
General			Costos iniciales			Año	Antes-impuestos	Acumulado
Tasa escalamiento de combustibles	%	0%	Costos iniciales incrementales	100%	\$ 5.200	#	\$	\$
Tasa de inflación	%	0%	Costos iniciales totales	100%	\$ 5.200	0	-5.200	-5.200
Tasa de descuento	%	12%	Costos anuales/pagos de deuda			1	5.014	-186
Tiempo de vida del proyecto	año	20	Costo de O y M (ahorros)		\$ 0	2	5.014	4.828
Finanza			Costo de combustible - caso propuesto		\$ 1.860	3	5.014	9.842
Incentivos y donaciones	\$	0	Costos anuales totales		\$ 1.860	4	5.014	14.856
Relación de deuda	%	0%	Ahorros e ingresos anuales			5	5.014	19.870
Análisis de impuesto a la renta <input type="checkbox"/>			Costo de combustible - caso base		\$ 6.874	6	5.014	24.884
			Ingresos y ahorros anuales totales		\$ 6.874	7	5.014	29.898
			Viabilidad financiera			8	5.014	34.912
			TIR antes de impuestos - capital	%	96,4%	9	5.014	39.926
			TIR antes - impuestos - activos	%	96,4%	10	5.014	44.940
			Pago simple de retorno del capital	año	1	11	5.014	49.953
			Repago - capital	año	1	12	5.014	54.967
			Valor Presente Neto (VPN)	\$	32.251	13	5.014	59.981
			Ahorros anuales en ciclo de vida	\$/año	4.318	14	5.014	64.995
			Relación Beneficio-Costo		7,2	15	5.014	70.009
			Cobertura - servicio de deuda		Sin deuda	16	5.014	75.023
			Costo de reducción de GEI	\$/tCO ₂	-206	17	5.014	80.037
						18	5.014	85.051
						19	5.014	90.065
						20	5.014	95.079
Ingresos anuales								
Ingresos por reducción GEI								
Reducción bruta de GEI	tCO ₂ /año	21						
Reducción bruta de GEI - 20 años	tCO ₂	420						
Ingresos por reducción GEI	\$	0						
Otros ingresos (costo) <input type="checkbox"/>								

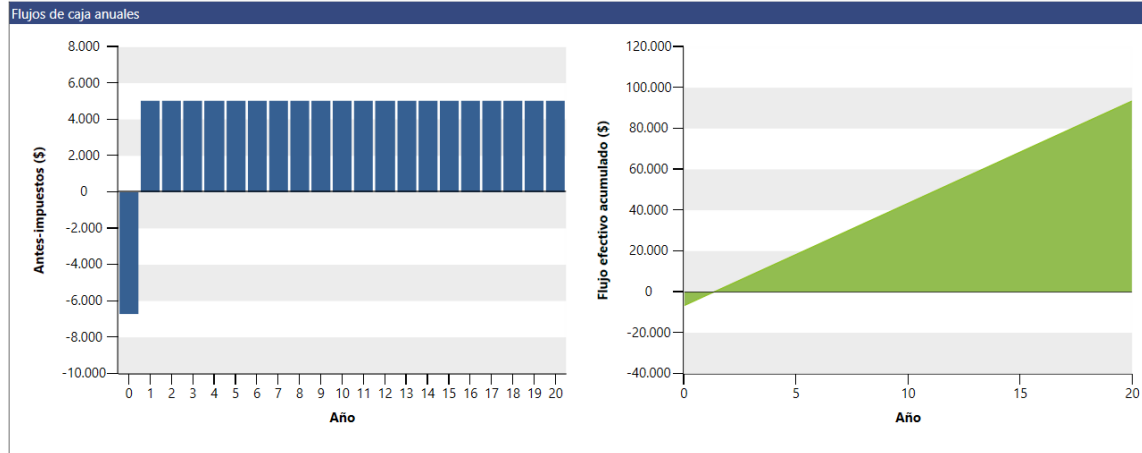


- Análisis financiero Opción 2 (ANEXO F2)

RETScreen - Análisis Financiero

Suscriptor: TEAM FFF 2016

Parámetros financieros			Costos Ahorros Ingreso			Flujos de caja anuales		
General			Costos iniciales			Año	Antes-impuestos	Acumulado
Tasa escalamiento de combustibles	%	0%	Costos iniciales incrementales	100%	\$ 6.700	#	\$	\$
Tasa de inflación	%	0%	Costos iniciales totales	100%	\$ 6.700	0		-6.700
Tasa de descuento	%	12%	Costos anuales/pagos de deuda			1	5.014	-1.686
Tiempo de vida del proyecto	año	20	Costo de O y M (ahorros)		\$ 0	2	5.014	3.328
Finanza			Costo de combustible - caso propuesto		\$ 1.860	3	5.014	8.342
Incentivos y donaciones	\$	0	Costos anuales totales		\$ 1.860	4	5.014	13.356
Relación de deuda	%	0%	Ahorros e ingresos anuales			5	5.014	18.370
Análisis de impuesto a la renta			Costo de combustible - caso base		\$ 6.874	6	5.014	23.384
			Ingresos y ahorros anuales totales		\$ 6.874	7	5.014	28.398
			Viabilidad financiera			8	5.014	33.412
Ingresos anuales			TIR antes de impuestos - capital	%	74,8%	9	5.014	38.426
Ingresos por reducción GEI			TIR antes - impuestos - activos	%	74,8%	10	5.014	43.440
Reducción bruta de GEI	tCO ₂ /año	21	Pago simple de retorno del capital	año	1,3	11	5.014	48.453
Reducción bruta de GEI - 20 años	tCO ₂	420	Repago - capital	año	1,3	12	5.014	53.467
Ingresos por reducción GEI	\$	0	Valor Presente Neto (VPN)	\$	30.751	13	5.014	58.481
Otros ingresos (costo)			Ahorros anuales en ciclo de vida	\$/año	4.117	14	5.014	63.495
			Relación Beneficio-Costo		5,6	15	5.014	68.509
			Cobertura - servicio de deuda		Sin deuda	16	5.014	73.523
			Costo de reducción de GEI	\$/tCO ₂	-196	17	5.014	78.537
						18	5.014	83.551
						19	5.014	88.565
						20	5.014	93.579

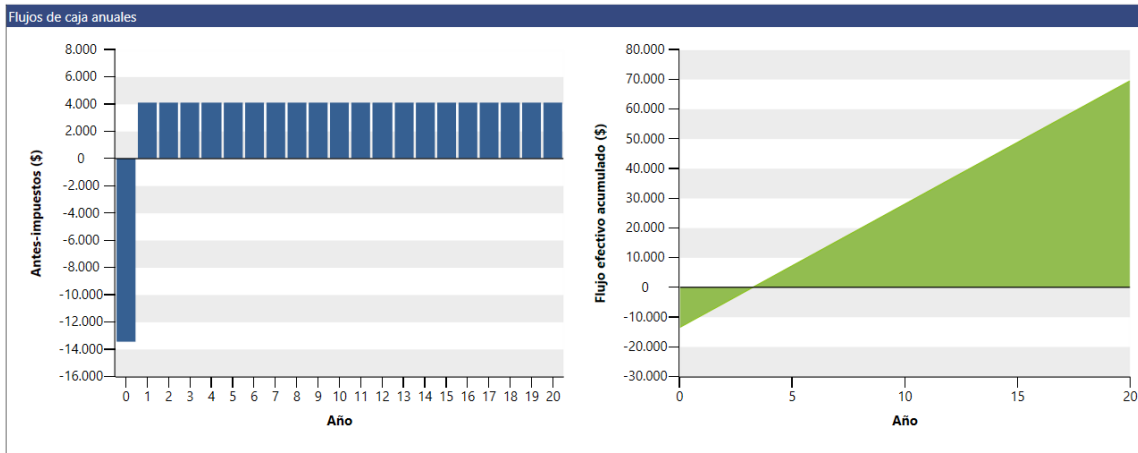


- Análisis financiero Opción 3 (ANEXO F3)

RETScreen - Análisis Financiero

Suscriptor: TEAM FFF 2016

Parámetros financieros			Costos Ahorros Ingreso			Flujos de caja anuales		
General			Costos iniciales			Año		
Tasa escalamiento de combustibles	%	0%	Costos iniciales incrementales	100%	\$ 13.400	#	Antes-impuestos	Acumulado
Tasa de inflación	%	0%	Costos iniciales totales	100%	\$ 13.400	0	\$	\$
Tasa de descuento	%	12%	Costos anuales/pagos de deuda			1		
Tiempo de vida del proyecto	año	20	Costo de O y M (ahorros)		\$ 0	2		
Finanza			Costo de combustible - caso propuesto		\$ 2.722	3		
Incentivos y donaciones	\$	0	Costos anuales totales		\$ 2.722	4		
Relación de deuda	%	0%	Ahorros e ingresos anuales			5		
Análisis de impuesto a la renta <input type="checkbox"/>			Costo de combustible - caso base		\$ 6.874	6		
			Ingresos y ahorros anuales totales		\$ 6.874	7		
			Viabilidad financiera			8		
Ingresos anuales			TIR antes de impuestos - capital	%	30,8%	9		
Ingresos por reducción GEI			TIR antes de impuestos - activos	%	30,8%	10		
Reducción bruta de GEI	tCO ₂ /año	18	Pago simple de retorno del capital	año	3,2	11		
Reducción bruta de GEI - 20 años	tCO ₂	359	Repago - capital	año	3,2	12		
Ingresos por reducción GEI	\$	0	Valor Presente Neto (VPN)		\$ 17.612	13		
Otros ingresos (costo) <input type="checkbox"/>			Ahorros anuales en ciclo de vida	\$/año	2.358	14		
			Relación Beneficio-Costo		2,3	15		
			Cobertura - servicio de deuda		Sin deuda	16		
			Costo de reducción de GEI	\$/tCO ₂	-131	17		
						18		
						19		
						20		



ANEXO G (CALDERA DE GAS A CONDENSACIÓN Y BOMBAS DE CALOR)

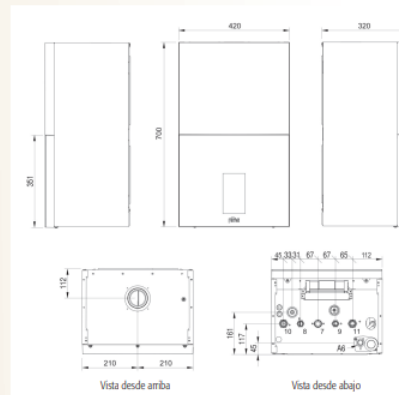
- Especificaciones técnicas caldera de gas a condensación (ANEXO G1)

Bluehelix MAXIMA

Caldera mural de condensación a gas

PRESTACIONES

- Diseño exclusivo (Patentado)**
 Frontal de cristal templado con curvatura progresiva y luces led ambiente que permite reconocer el modo de la caldera
- Pantalla táctil de 7"**
 Está incorporada a la superficie frontal de cristal templado y permite una interacción fácil con la caldera
- Máximo silencio (45 dB)**
 Apenas se escucha ningún ruido durante su funcionamiento, ni en el encendido ni en el apagado
- Máxima modulación**
 Relación de modulación de 1:12 entre P. máxima y P. mínima, lo que supone un gran ahorro de consumo de gas
- Funciona con mezclas de gas natural enriquecidas con hidrógeno**
 La caldera es capaz de autoajustarse automáticamente (plug-in) y funcionar con este tipo de mezclas con un bajo impacto ambiental.
- Tecnología Exclusiva THERMOBALANCE™**
 Gama con modelos disponibles en 2 potencias (28 y 34 kW), con producción de A.C.S. mediante intercambiador de placas. El exclusivo diseño de su cámara de combustión e intercambiador maximizan las ventajas funcionales y la robustez de la caldera.
- MC2: Multi Combustion Control: "Gas Adaptive" Sistema inteligente**
 "Gas Adaptive" que supervisa y optimiza automáticamente la combustión incluso al variar las condiciones de entrada de gas y aire.
- M.G.R: Metano GLP Ready**
 Mediante una sencilla configuración desde el panel de mandos, la caldera es capaz de trabajar tanto a Gas Natural como a GLP sin necesidad de utilizar kits de conversión añadidos.
- Sistema de Protección de Humos**
 Con válvula antirrevocho en su interior, que permite instalar la caldera directamente en sistemas colectivos en sobrepresión.



Leyenda	
Entrada de gas - Ø 3/4"	7
Salida de ACS - Ø 1/2"	8
Entrada ACS - Ø 1/2"	9
Ida a calefacción Ø 3/4"	10
Retorno de calefacción Ø 3/4"	11
Conexión de descarga de condensado	A6



CONTROL REMOTO MODULANTE PARA UNA EFICIENCIA MÁXIMA

BLUEHELIX MAXIMA no solo resulta estéticamente atractiva, sino que también alcanza unos de los valores de eficiencia energética de calefacción más altos en la categoría de calderas: ηs 94 % y, con el control remoto Wi-Fi CONNECT, obtiene una calificación energética del sistema de A+ (escala de G a A+++).

DATOS TÉCNICOS

BLUEHELIX MAXIMA		28 C	34 C *
CLASE ERP	(Escala G - A++)	A	A
	(Escala G - A)	XL A	XXL A
Potencia térmica máx. / mín. calefacción (80/60°C)	kW	24,0 / 2,8	30 / 2,8
Potencia térmica máx. / mín. calefacción (50/30°C)	kW	26,0 / 3,1	32,5 / 3,1
Potencia térmica máx. / mín. sanitario	kW	28,0 / 2,8	34,0 / 2,8
Rendimiento 30 %	%	109,7	109,5
Clase de emisión NOx (EN 15502-1)	-	6	6
Presión máx. funcionamiento calefacción	bar	2,5	2,5
Presión mín. funcionamiento calefacción	bar	0,8	0,8
Capacidad vaso de expansión calefacción	litros	8	10
Capacidad sanitaria Δt 25°C	l/min	16,1	19,5
Peso vacío	kg	28	32

CAL 216/21



Fuente: Termogas-Caldera Ferroli Bluehelix.

- Especificaciones técnicas Bomba de calor (ANEXO G2)

Bombas de Calor

Calentadores de Baño



Tecnología de vanguardia que proporciona un calentamiento óptimo con una gran economía.

Las bombas de calor Industek son una forma rentable y eficiente de calentar su piscina, que utiliza una fuente de energía renovable al eliminar el calor del aire en el medio ambiente y transferirlo al agua.

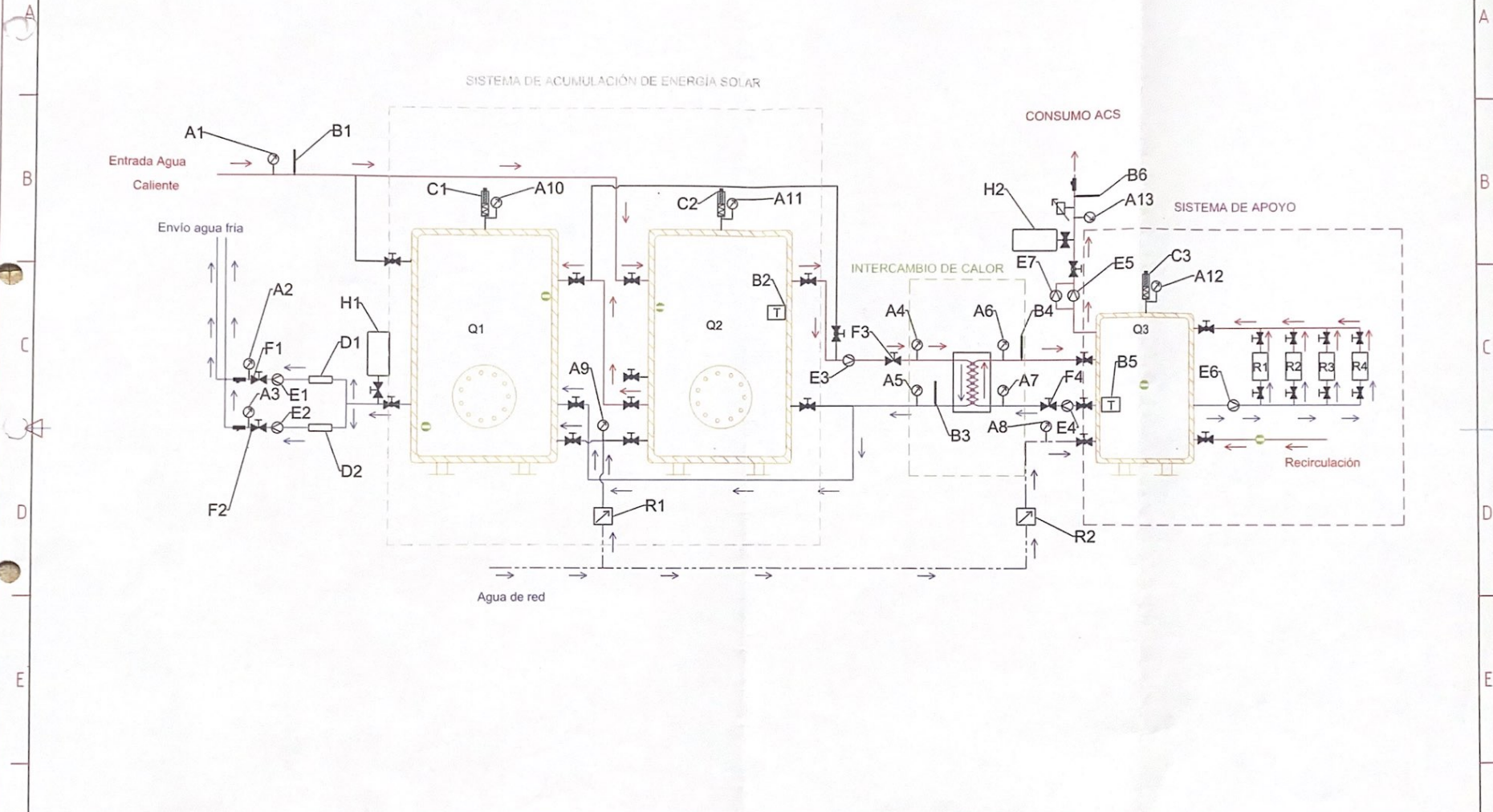


CARACTERÍSTICAS	UNID.	ID50H55	ID80H55	ID120H60	CARACTERÍSTICAS	UNID.	ID50H55	ID80H55	ID120H60
TENSIÓN	220V 1 ~	220V 1~	220V 1~	220V 1~	INTERRUPTOR MÍNIMO	A (220v Mono)	32	40	40
	220V 3 ~	-----	220V 3~	220V 3~		A (220V 3F)	-----	32	32
	380V 3N ~	-----	380V 3N~	380V 3N~		A (380V 3F)	-----	25	25
FRECUENCIA	HZ	60	60	60	CABLE MÍNIMO BITOL	mm ² (220V Mono)	4	6	10
CAPACIDAD TÉRMICA	KCAL	11.600	18.720	25.600		mm ² (220V 3F)	-----	4	6
TEMP. MÁXIMA DEL AGUA	°C	55	55	60		mm ² (380V 3F)	-----	4	4
CONSUMO DE ENERGÍA	KW/H	2,6	4,3	5,8	CAPACIDAD EN KILOCALORIAS				
COP	----	3,7	3,8	3,8					
DIÁMETRO DE LA TUBERÍA	POL	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)	14	18	22	27
TUBO DE CENTRO A CENTRO	MM	160	200	250	IDH50	7378	8579	9976	11600
PESO	KG	49	89	102	IDH80	11907	13845	16099	18720
NIVEL DE RUIDO	dB(A)	68	71	71	IDH120	16283	18934	22016	25600
COMPRESOR	----	ROTATIVO	SCROLL	SCROLL					
CONDENSADOR	----	TITANIO	TITANIO	TITANIO					

Fuente: Industek-Bomba de calor ID120H60.

ANEXO H (Planos de instalación del sistema)

1 2 3 4 5 6 7 8



SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE LA
ENERGÍA SOLAR PARA EL CALENTAMIENTO DE
AGUA POTABLE DEL HOTEL AMBATO

Octubre 2013

Elaborado por:

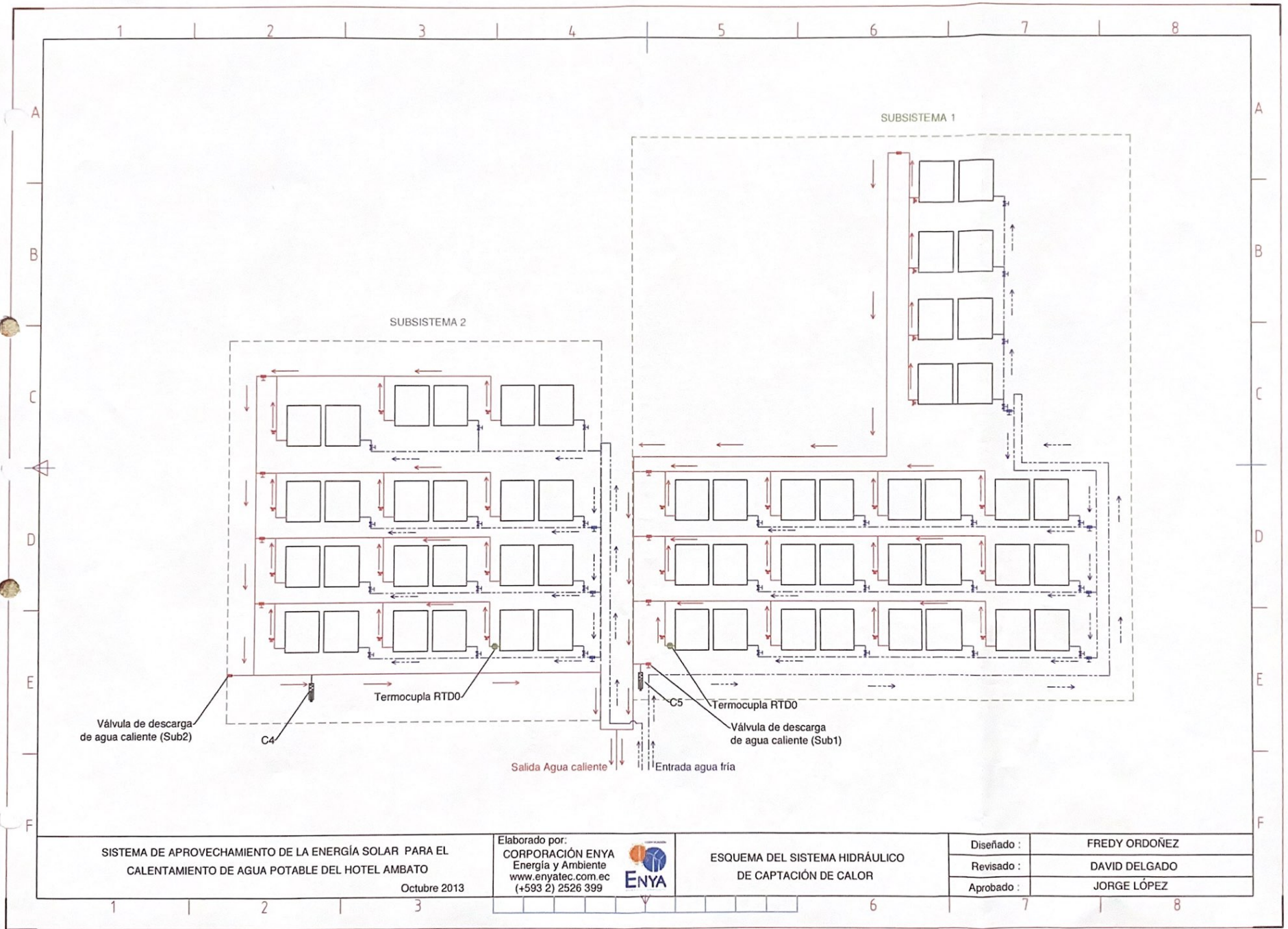
CORPORACIÓN ENYA
Energía y Ambiente
www.enyatec.com.ec
(+593 2) 2526 399



ESQUEMA DEL SISTEMA HIDRÁULICO
DE CALENTAMIENTO DE AGUA POTABLE
MEDIANTE ENERGÍA SOLAR Y
SISTEMA DE APOYO (GLP)

Diseñado :	FREDY ORDOÑEZ
Revisado :	DAVID DELGADO
Aprobado :	JORGE LOPEZ

1 2 3 4 5 6 7 8



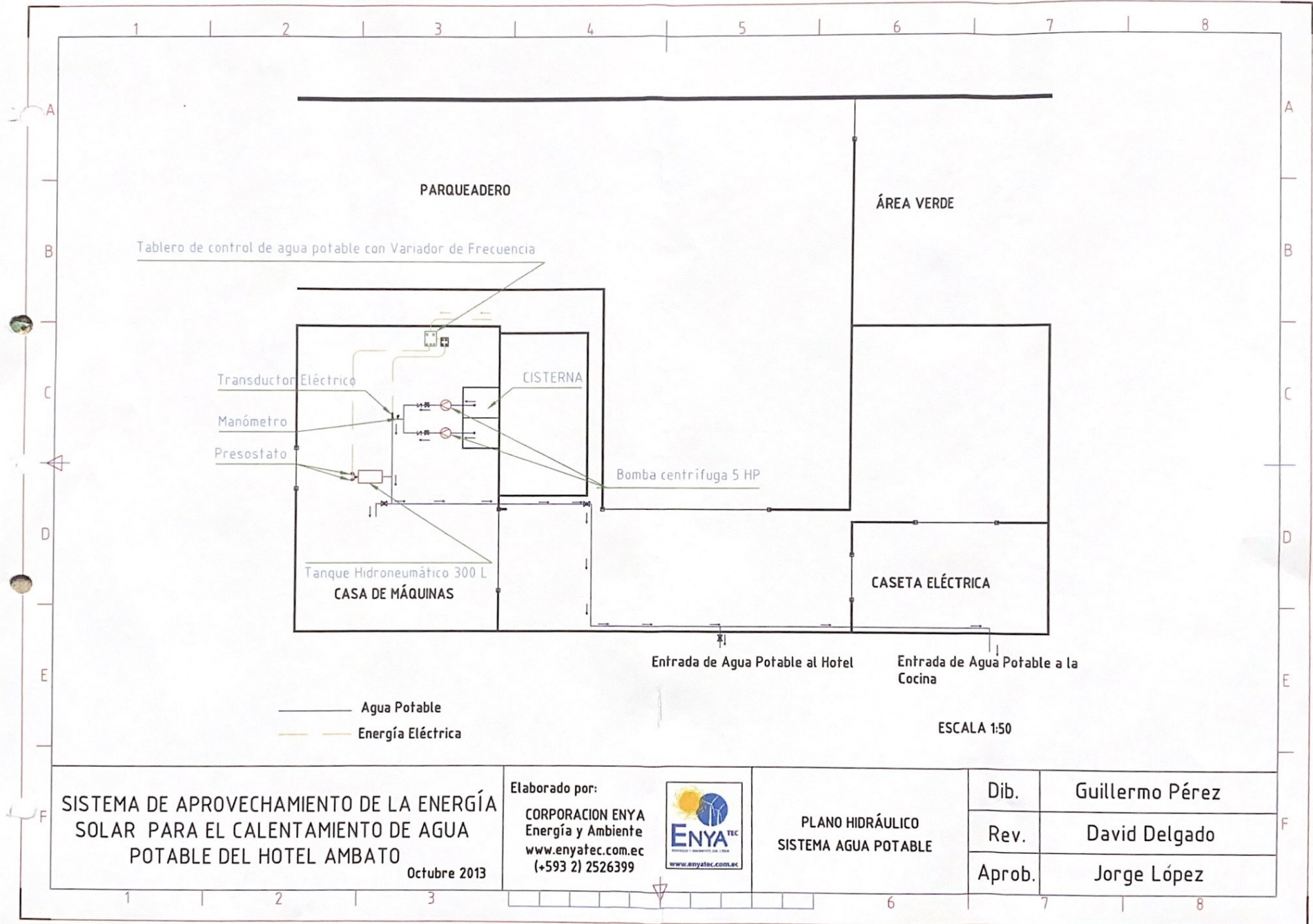
SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR PARA EL
CALENTAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL HOTEL AMBATO
Octubre 2013

Elaborado por:
CORPORACIÓN ENYA
Energía y Ambiente
www.enyatec.com.ec
(+593 2) 2526 399



ESQUEMA DEL SISTEMA HIDRÁULICO
DE CAPTACIÓN DE CALOR

Diseñado :	FREDY ORDOÑEZ
Revisado :	DAVID DELGADO
Aprobado :	JORGE LÓPEZ



SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL HOTEL AMBATO
 Octubre 2013

Elaborado por:
CORPORACION ENYA
 Energía y Ambiente
www.enyatec.com.ec
 (+593 2) 2526399



PLANO HIDRÁULICO
SISTEMA AGUA POTABLE

Dib.	Guillermo Pérez
Rev.	David Delgado
Aprob.	Jorge López