

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

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

TEMA:

*“DIAGNÓSTICO TÉRMICO PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA PARA
CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO SANITARIO UNIFAMILIAR UTILIZANDO
ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN LA COMUNIDAD DE RÍO BLANCO,
PROVINCIA DE TUNGURAHUA”*

TUTOR: Ing. MSc. GERMÁNICO LÓPEZ

AUTOR: JOHNNY SANTIAGO HINOJOSA HERRERA

AMBATO – ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor de trabajo de investigación sobre el tema “*DIAGNÓSTICO TÉRMICO PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA PARA CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO SANITARIO UNIFAMILIAR UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN LA COMUNIDAD DE RÍO BLANCO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.*” presentado por Johnny Santiago Hinojosa Herrera, estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, modalidad presencial considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos, tanto técnicos como científico y corresponde a las normas establecidas en el Reglamento de Graduación de Pregrado, de la Universidad Técnica de Ambato y en normativo para la presentación de Trabajos de Graduación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Por lo tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente, para que sea sometido a evaluación por los profesores calificadores designados por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad.

Ambato 07 de noviembre del 2017

EL TUTOR

Ing. MSc. Germánico López

AUTORÍA DE TRABAJO

Declaro que el contenido del trabajo investigativo “*DIAGNÓSTICO TÉRMICO PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA PARA CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO SANITARIO UNIFAMILIAR UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN LA COMUNIDAD DE RÍO BLANCO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.*”, así como sus ideas, opiniones, análisis, resultados, conclusiones son auténticos y de responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor del presente proyecto.

Ambato 07 de noviembre del 2017

EL AUTOR

Johnny Santiago Hinojosa Herrera

C.I: 1803468162

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto de investigación, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi proyecto de investigación, con fines de difusión pública; además apruebo la reproducción de este proyecto de investigación, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial; y se realice respetando mis derechos de autoría.

Ambato 07 de noviembre del 2017

EL AUTOR

Johnny Santiago Hinojosa Herrera

C.I: 1803468162

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

El tribunal de grado aprueba el Proyecto de Investigación, sobre el tema: *“DIAGNÓSTICO TÉRMICO PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA PARA CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO SANITARIO UNIFAMILIAR UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN LA COMUNIDAD DE RÍO BLANCO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”*, elaborado por Johnny Santiago Hinojosa Herrera, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato 07 de noviembre del 2017

Ing. Mg. Santiago Cabrera Anda

Ing. Mg. Luis Escobar

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar a esta etapa en mi vida, haberme dado la salud para lograr mis objetivos y por haber puesto en el camino a aquellas personas que han sido mi soporte durante todo mi período de estudios.

A mis padres Jonny y Gloria por darme la vida, por su apoyo incondicional, por creer en mí, por darme una carrera para mi futuro, todo esto se los debo a ustedes.

A mis hermanos Dany, Stalin, María Fernanda, por estar conmigo y apoyarme siempre en los buenos y malos momentos.

A Franklin por tu apoyo, por tus consejos y aliento en esos momentos difíciles, estoy verdaderamente muy agradecido.

A Mayra y a mi hijo Damián Sebastián porque han sido y serán mi inspiración, motivación y felicidad.

A mis maestros de la carrera de Ingeniería Mecánica por compartir sus conocimientos vivencias y experiencias durante este largo tiempo.

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

Todo esto ha sido posible gracias a ustedes

ÍNDICE GENERAL

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE TRABAJO	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
SUMMARY	xix
CAPÍTULO I	1
1 EL PROBLEMA.....	1
1.1. TEMA	1
1.2. ANTECEDENTES.....	1
1.2.1 Energía Solar Térmica en el Ecuador.....	2
1.2.2 Zona de Estudio	4
1.3 JUSTIFICACION	6
1.4. OBJETIVOS	7
1.4.1 General	7
1.4.2. Específicos.....	7
CAPÍTULO II	9
2. FUNDAMENTACIÓN	9
2.1. INVESTIGACIONES PREVIAS	9
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	13
2.2.1. Energía Solar	13
2.2.2 Radiación Solar.....	14
2.2.3 Espectro Electromagnético	16

2.2.4 Recorrido De La Tierra Respecto Del Sol.....	17
2.2.5 Constante Solar	18
2.2.6 Parámetros Principales De La Posición Del Sol.....	19
2.2.7 Instrumentos De Medición De La Energía Solar Incidente Sobre El Suelo.....	19
2.2.8 Torre De Medición Meteorológica.....	21
2.2.9 Energía Solar Térmica	22
2.2.10 Agua Caliente Sanitaria Por Termosifón.....	22
2.2.11 Colectores Térmicos	23
2.2.11.2 Colectores de media temperatura	25
2.2.12 Ventajas Y Desventajas De La Energía Solar	28
CAPÍTULO III.....	29
3. DISEÑO DEL PROYECTO	29
3.1 CÁLCULO DE CONSUMO ENERGÉTICO Y DEMANDA DE AGUA CALIENTE	29
3.2 ESTUDIO DE DATOS DE IRRADIACIÓN SOLAR.....	42
3.2.1 Datos de Irradiación, Tablas y Gráficas	43
3.2.2 Resultados.....	55
3.2.3. Irradiación solar sobre superficies inclinadas:.....	56
3.3 CÁLCULOS:	58
3.4. AISLANTES TÉRMICOS.....	62
3.4.1. Selección del aislamiento.....	63
3.5 VÁLVULAS	63
3.6. SISTEMA AUXILIAR:	64
3.7. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	65
3.7.1. Método ordinal corregido de criterios ponderados.....	65
3.7.2 Alternativas.....	66
3.7.3. Criterios de selección.....	66

3.7.4 Ponderación	68
3.7.5 Conclusiones	72
3.8 NORMATIVA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2507	72
3.9.1 Requisitos	73
3.9 ENSAYOS DE CALENTAMIENTO DE AGUA EN EL SITIO:	74
3.9.1 Instrumentos de medición de temperatura:.....	76
3.9.2 Pasos para realizar las pruebas de calentamiento en la zona de estudio:	77
3.9.3 Tablas de temperaturas de salida y cantidad de energía	77
3.9.4 Tabla de resultados:	103
3.10 SIMULACIÓN DEL SISTEMA:.....	108
3.10.1. Informe Técnico de simulación del sistema	116
3.11 COSTO DE INSTALACIÓN DE UN CALENTADOR SOLAR	117
3.11.1 Costo de mantenimiento	118
3.11.2 Comparación de costos de instalación y mantenimiento	119
CAPÍTULO IV	124
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
4.1 Conclusiones.....	124
4.2 Recomendaciones	125
Bibliografía	126
ANEXOS:	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Colector Solar de Placa Plana.....	2
Figura 2. Insolación global promedio anual.....	3
Figura 3. Instalación de calentadores solares en la Provincia del Carchi	4
Figura 4. Vivienda de la Familia Punina.....	5
Figura 5. Torre de medición meteorológica	6
Figura 6. Calentador Solar de Tubos al Vacío	9
Figura 7. Colector Solar Plano con de Circulación Natural para calentamiento de Agua	10
Figura 8. Colector Solar Parabólico Compuesto.....	11
Figura 9. Calentador Solar de Tubos de Propileno	12
Figura 10. Modelo a Escala de un Calentador Solar de Placa de Calor.....	12
Figura 11. Grados de Inclinación de la Tierra.....	15
Figura 12. Tipos de Radiación Solar.....	16
Figura 13. Tipos de Radiación Solar.....	17
Figura 14. Movimiento de la Tierra respecto al Sol.....	17
Figura 15. Incidencia de los rayos solares sobre la Tierra en el solsticio de invierno (23 de diciembre)	18
Figura 16. Representación esquemática de un piranómetro de radiación total.....	20
Figura 17. Representación esquemática de un pirheliómetro	20
Figura 18. Representación esquemática de un heliógrafo.....	21
Figura 19. Sistema para la obtención de agua caliente por termosifón.....	22
Figura 20. Colectores solares en China.....	24
Figura 21. Colectores Solar Térmico de Placa Plana	25
Figura 22. Panel de tubos al vacío	25
Figura 23. Colector cilindro-parabólico.....	26
Figura 24. Concentrador solar de alta temperatura con discos parabólicos.....	27
Figura 27. Número de personas por vivienda	31
Figura 28. Labor a la que se dedican para los ingresos económicos.....	32
Figura 29. Ingreso mensual por familia	33

Figura 30. Uso de agua caliente para aseo personal.....	34
Figura 31. Sistema de agua caliente que se utiliza en la vivienda	35
Figura 32. Frecuencia con la que se asean los habitantes del sector.....	36
Figura 33. Sistema de agua costoso o barato	37
Figura 34. Sistema de calentamiento de agua con energía alternativa.....	38
Figura 35. Época del año con mayor presencia del sol.....	39
Figura 36. Horas del día con mayor presencia del sol	40
Figura 37. Cantidad en litros de agua caliente por día.....	41
Figura 38. Medio con el que calientan el agua en la vivienda de la familia Punina ..	41
Figura 39. Transporte de los sistemas de ACS (Tubos al vacío, Cilindro parabólico compuesto).....	75
Figura 40. Orientación del colector solar	75
Figura 41. Sistemas instalados en la zona de estudio.....	76
Figura 42. Termómetro digital para fluidos TDS-3	76
Figura 43. Termómetro Bimetálico.....	77
Figura 44. Gráfica comparativa de temperaturas entre los dos sistemas	103
Figura 45. Gráfica comparativa de la cantidad de energía entre los dos sistemas ...	104
Figura 47. Temperatura de salida con el sistema de tubos de vacío en un día nublado	105
Figura 48. Temperatura de salida con el sistema cilindro parabólico en un día nublado.....	105
Figura 49. Temperatura de salida con el sistema de tubos al vacío en un día parcialmente nublado	106
Figura 50. Temperatura de salida con el sistema cilindro parabólico en un día parcialmente nublado	106
Figura 51. Temperatura de salida con el sistema de tubos al vacío en un día despejado.....	107
Figura 52. Temperatura de salida con el sistema cilindro parabólico en un día despejado.....	108
Figura 53. Ubicación de la zona de estudio en el software	109
Figura 54. Ingreso de datos climáticos de la zona de Río Blanco.....	109
Figura 55. Selección del sistema de ACS	111

Figura 56. Selección del modo de instalacion del depósito	112
Figura 57. Angulo azimut de Yatzaputzan.....	113
Figura 58. Selección del campo colector	114
Figura 59. Demanda de agua caliente sanitaria.....	115
Figura 60. Costos de calentadores solares Instamatic	117

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 CARACTERÍSTICAS DEL SOL.....	13
TABLA 2 CARACTERÍSTICAS DEL SOL.....	27
TABLA 3. VALORES UNITARIOS DE CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA	29
TABLA 4. NÚMERO DE PERSONAS POR VIVIENDA.....	30
TABLA 5. LABOR A LA QUE SE DEDICAN PARA LOS INGRESOS ECONÓMICOS.....	31
TABLA 6. INGRESO MENSUAL POR FAMILIA	32
TABLA 7. USO DE AGUA CALIENTE PARA ASEO PERSONAL	33
TABLA 8. SISTEMA DE AGUA CALIENTE QUE SE UTILIZA EN LA VIVIENDA	34
TABLA 9. FRECUENCIA CON LA QUE SE ASEAN LOS HABITANTES DEL SECTOR.....	35
TABLA 10. SISTEMA DE AGUA COSTOSO O BARATO	36
TABLA 11. SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA CON ENERGÍA ALTERNATIVA.....	37
TABLA 12. ÉPOCA DEL AÑO CON MAYOR PRESENCIA DEL SOL.....	38
TABLA 13. HORAS DEL DÍA CON MAYOR PRESENCIA DEL SOL.....	39
TABLA 14 CANTIDAD EN LITROS DE AGUA CALIENTE POR DÍA	40
TABLA 15. DEMANDA DE ACS EN LA VIVIENDA DE LA FAMILIA PUNINA	42
TABLA 16. IRRADIANCIA SOLAR, NOVIEMBRE DE 2015	44
TABLA 17. IRRADIANCIA SOLAR, DICIEMBRE DE 2015.....	45
TABLA 18. IRRADIANCIA SOLAR, ENERO DE 2016.....	46
TABLA 19. IRRADIANCIA SOLAR, FEBRERO DE 2016.....	47
TABLA 20. IRRADIANCIA SOLAR, MARZO DE 2016.....	48
TABLA 21. IRRADIANCIA SOLAR, ABRIL DE 2016.....	49
TABLA 22. IRRADIANCIA SOLAR, MAYO DE 2016	50
TABLA 23. IRRADIANCIA SOLAR, JUNIO DE 2016.....	51
TABLA 24. IRRADIANCIA SOLAR, JULIO DE 2016	52
TABLA 25. IRRADIANCIA SOLAR, AGOSTO DE 2016	53
TABLA 26. IRRADIANCIA SOLAR, SEPTIEMBRE DE 2016.....	54
TABLA 27. RESULTADOS DE IRRADIACIÓN SOLAR MENSUAL PROMEDIO.....	55
TABLA 28. IRRADIACIÓN GLOBAL MENSUAL	56
TABLA 29. RADIACIÓN GLOBAL SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA.....	57

TABLA 30. NECESIDADES ENERGÉTICAS MENSUALES.....	59
TABLA 31. TABLA DE ESPESORES DE AISLANTES TÉRMICOS	63
TABLA 32. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA AUXILIAR	65
TABLA 33. VALORES ASIGNADOS A LOS CRITERIOS DE SELECCION POR EL METODO ORDINAL CORREGIDO DE CRITERIOS PONDERADOS	65
TABLA 34. EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DE CADA CRITERIO.....	68
TABLA 35. EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO ECONÓMICO	69
TABLA 36. EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO EFICIENCIA	69
TABLA 37. EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL AUTONOMÍA DEL SISTEMA CRITERIO	70
TABLA 38. EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO PESO(KG).....	70
TABLA 39. EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO FÁCIL INSTALACIÓN....	71
TABLA 40. EVALUACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DEL CRITERIO MANTENIMIENTO	71
TABLA 41. CONCLUSIONES SEGÚN LOS CRITERIOS DE CADA ALTERNATIVA	72
TABLA 42. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR DE TUBOS AL VACÍO EN EL DÍA 1	78
TABLA 43. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR DE TUBOS AL VACÍO EN EL DÍA 2	79
TABLA 44. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR DE TUBOS AL VACÍO EN EL DÍA 3	80
TABLA 45. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR DE TUBOS AL VACÍO EN EL DÍA 4	81
TABLA 46. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR DE TUBOS AL VACÍO EN EL DÍA 5	82
TABLA 47. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR DE TUBOS AL VACÍO EN EL DÍA 6	83
TABLA 48. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR DE TUBOS AL VACÍO EN EL DÍA 7	84
TABLA 49. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR DE TUBOS AL VACÍO EN EL DÍA 8	85
TABLA 50. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR DE TUBOS AL VACÍO EN EL DÍA 9	86

TABLA 51. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR DE TUBOS AL VACÍO EN EL DÍA 10	87
TABLA 52. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR DE TUBOS AL VACÍO EN EL DÍA 11	88
TABLA 53. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR DE TUBOS AL VACÍO EN EL DÍA 12	89
TABLA 54. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO COMPUESTO EN EL DÍA 1	90
TABLA 55. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO COMPUESTO EN EL DÍA 2	91
TABLA 56. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO COMPUESTO EN EL DÍA 3	92
TABLA 57. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO COMPUESTO EN EL DÍA 4	93
TABLA 58. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO COMPUESTO EN EL DÍA 5	94
TABLA 59. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO COMPUESTO EN EL DÍA 6	95
TABLA 60. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO COMPUESTO EN EL DÍA 7	96
TABLA 61. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO COMPUESTO EN EL DÍA 8	97
TABLA 62. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO COMPUESTO EN EL DÍA 9	98
TABLA 63. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO COMPUESTO EN EL DÍA 10	99
TABLA 64. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO COMPUESTO EN EL DÍA 11	100
TABLA 65. TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA Y CANTIDAD DE ENERGÍA CON EL COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO COMPUESTO EN EL DÍA 12	101
TABLA 66. COMPARACIÓN DE LAS TEMPERATURAS DE SALIDA Y CANTIDAD DE ENERGÍA ACUMULADA ENTRE LOS DOS SISTEMAS	103

TABLA 67. INFORME TÉCNICO DE SIMULACIÓN DEL SISTEMA.....	116
TABLA 68. COSTO DE INSTALACIÓN DE UN CALENTADOR DE TUBOS AL VACÍO	117
TABLA 69. OPERACIONES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	118
TABLA 70. COSTO ANUAL DE LA DUCHA ELÉCTRICA	119
TABLA 71. COSTO ANUAL DEL CALEFÓN	120
TABLA 72. COSTO ANUAL DE LA QUEMA DE LEÑA.....	121
TABLA 73. COSTO ANUAL DEL CALENTADOR SOLAR.....	122
TABLA 74. PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	123

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DIAGNÓSTICO TÉRMICO PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA
PARA CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO SANITARIO UNIFAMILIAR
UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN LA COMUNIDAD DE RÍO
BLANCO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

Autor: Johnny Santiago Hinojosa Herrera

Tutor: Ing. MSc. Germánico López

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto tiene por objetivos realizar el diagnóstico térmico para la instalación de un sistema para calentamiento de agua de uso sanitaria unifamiliar usando energía solar térmica en la comunidad de Rio Blanco, Provincia de Tungurahua.

Para el desarrollo del proyecto se realizará un estudio previo de la irradiación solar de la zona de Rio Blanco, para así determinar cuál es el sistema de calentamiento de agua más eficiente que se adapte a las condiciones climáticas del sector antes mencionado

Se instalaron dos sistemas, uno de tubos al vacío y un cilindro parabólico, se tomó la medida de la temperatura de entrada de agua a los colectores que es de 5°C, luego se procedió a la medición cada hora de la temperatura de salida durante doce días en ambos sistemas.

Los resultados de las temperaturas obtenidas con una irradiación promedio de 2,88 kWh/m² para el mes de julio son de 40,98°C con el sistema de tubos al vacío, y 21,08 °C con el sistema cilindro parabólico.

Logrando obtener una cantidad de energía promedio de 8,74 kW-h con el sistema de tubos al vacío y 2,42 kW-h con el sistema cilindro parabólico.

Se concluye que el calentador solar de tubos al vacío es el más aceptable para las condiciones climáticas del sector, ya que la temperatura necesaria para tomar un baño agradable bordea los 30 a 36°C, por lo tanto, si tenemos ACS diariamente a 40°C, con este sistema se estaría cumpliendo con las necesidades de agua caliente de esta población.

SUMMARY

The present project aims to perform the thermal diagnosis for the installation of a system for heating water for single family sanitary purposes using solar thermal energy in the community of Rio Blanco, Tungurahua Province.

For the development of the project, a preliminary study of the solar irradiation of the Rio Blanco area will be carried out, in order to determine which is the most efficient water heating system that adapts to the climatic conditions of the aforementioned sector.

Two systems were installed, one of vacuum tubes and one parabolic cylinder, the measure of the water inlet temperature to the collectors was taken to be 5 ° C, then the hourly temperature of the exit temperature was measured. twelve days in both systems.

The results of the temperatures obtained with an average irradiation of 2.88 kWh/m² are 40.98 ° C with the vacuum tube system, and 21.08 ° C with the parabolic cylinder system.

Achieving an average energy quantity of 8.74 kW-h with the vacuum tube system and 2.42 kW-h with the parabolic cylinder system.

It is concluded that the solar vacuum tube heater is the most acceptable for the climatic conditions of the sector, since the temperature needed to take a nice bath is around 30 to 36 ° C, therefore, if we have daily hot water at 40 ° C, with this system would be fulfilling the needs of hot water of this population.

CAPÍTULO I

1 EL PROBLEMA

1.1. TEMA

DIAGNÓSTICO TÉRMICO PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA PARA CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO SANITARIO UNIFAMILIAR UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN LA COMUNIDAD DE RÍO BLANCO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

1.2. ANTECEDENTES

Es difícil saber el instante en que la humanidad comenzó a aprovechar la energía solar térmica para su beneficio, el calor del sol es un elemento indispensable desde siempre y habitualmente empleado por el hombre desde épocas muy lejanas, acciones tan simples como el secar la ropa al sol, calentarse exponiéndose a los rayos solares o el calentamiento de agua para uso doméstico son actividades que acompañan al hombre desde siempre, y que implican un aprovechamiento solar térmicos.

Ecuador tiene una excelente ubicación geográfica y climatológica para el aprovechamiento de este tipo de energía, es abundante en recursos renovables; los índices de radiación solar están entre los más altos del mundo, lo que permite la instalación de paneles solares fotovoltaicos, así como también la instalación de calentadores solares de agua en forma eficiente y económica. [1]

La energía solar térmica o termosolar es el aprovechamiento de la energía del sol para producir calor con el uso de colectores o paneles solares térmicos, esta energía se encarga de calentar agua u otro tipo de fluido.

Esta agua caliente se podrá usar posteriormente para cocinar o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción. [2]

1.2.1 Energía Solar Térmica en el Ecuador

La mayor parte del Ecuador, en lo que se refiere a calentamiento de agua sanitaria, el sistema mas recomendable es el colector solar plano, la radiación solar y condiciones atmosféricas brindan muy buenos rendimientos a este colector de placa plana evitando el riesgo de sobrecalentamiento; en condiciones ambientales mas rigurosas como las montañosas es recomendable los colectores de tubos al vacío, ya que estos en días nublados donde existe radiación difusa captan la mayor cantidad de energía proveniente del sol, en épocas de verano puede existir sobrecalentamiento por lo que es necesario la instalación de una válvula mezcladora termostática para mantener un rango moderado de temperatura.

En la imagen se puede apreciar un sistema de calentamiento de agua de placa plana:



Figura 1. Colector Solar de Placa Plana

Fuente: [2]

El CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) y MEER (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable) tiene elaborado un atlas de recursos solar y eólico, respectivamente, los cuales están basados en imágenes satelitales de baja resolución que no han podido ser validados con mediciones de campo.

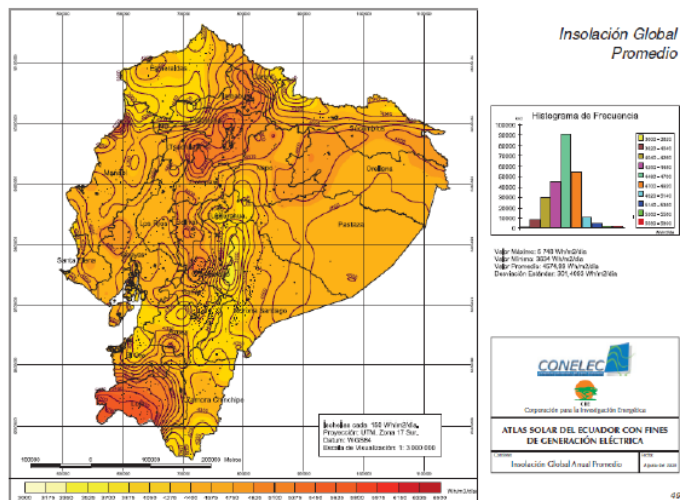


Figura 2. Insolación global promedio anual

Fuente: [1]

El INER (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables), desarrollo un proyecto con la instalación de 17 estaciones meteorológicas en la provincia del Azuay y 10 más en la provincia de Chimborazo, colocaron sensores de repotenciación de estaciones meteorológicas existentes en la provincia. Con los datos obtenidos de han elaborado mapas de recursos solares, para con esta información tener un adecuado aprovechamiento del sol. Un programa de la Alianza en Energía y Ambiente con la Región Andina lograron llevar agua caliente aprovechando la energía solar al Páramo del Ecuador, ubicado a más de 3.800 metros sobre el nivel del mar, proyecto que se enfocó en centros comunitarios y escuelas, instalándose 44 sistemas, beneficiando a 4392 niños. [1]

En la imagen podemos observar a trabajadores haciendo la instalación de un calentador solar de placa plana, esto en la provincia del Carchi:



Figura 3. Instalación de calentadores solares en la Provincia del Carchi

Fuente: [3]

El MEER (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable) y el MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda) entregaron colectores solares a nivel nacional, en total 2632 viviendas beneficiadas, en el caso que la radiación solar no sea suficiente para la demanda del tanque agua , se instaló un sistema auxiliar con energía eléctrica.

El costo en el mercado nacional de sistema de calentamiento de agua para uso sanitario mediante colectores solares es aun elevado, sería conveniente desarrollar políticas para la utilización de sistemas solares térmicos. [3]

1.2.2 Zona de Estudio

La zona de estudio esta ubicado en el sector de “RÍO BLANCO” provincia de Tungurahua a 4030 msnm, las coordenadas son: 01°21’22.08’’ latitud sur y 78°49’3.169’’ longitud oeste, consta de 36 localidades, con una población de 192 habitantes aproximadamente, población de bajos recursos económicos dedicados al cultivo de pasto, crianza de animales, producción de leche y carne como su fuente de ingresos. [4]

La zona de estudio del diagnóstico térmico para instalar un sistema de calentamiento de agua, se encuentra ubicado en el km 40 en la vía Ambato-Guaranda, en el sitio se encuentra instalada la torre de medición de irradiación solar, junto a ella se encuentra la vivienda de la familia Punina, donde se hará la instalación del calentador solar térmico, ya que en esta como en las demás viviendas del sector por la falta de recursos económicos la fuente para calentamiento de agua es la incineración de los pajonales o leña comprada por los habitantes, produciéndose así la contaminación ambiental y la reducción de las fuentes recolectoras de agua.

En la Figura 4 consta la vivienda de la familia Punina, lugar donde se hará la instalación del sistema de calentamiento de agua más adecuado a las condiciones climáticas del sector:



Figura 4. Vivienda de la Familia Punina

Fuente: Autor

En la Figura 5 consta la torre de medición meteorológica perteneciente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, indispensable para la toma de datos para diferentes investigaciones:



Figura 5. Torre de medición meteorológica

Fuente: Autor

1.3 JUSTIFICACION

El presente proyecto técnico es importante porque mediante encuestas y visitas realizadas por el grupo de investigación del proyecto de energías renovables de la FICM, se ha visto la necesidad de obtener agua caliente en las comunidades alejadas, en este caso la población de Rio Blanco ubicado en la provincia de Tungurahua, donde existen bajas temperaturas, los bajos recursos económicos de los habitantes para la obtención de duchas eléctricas o el gas doméstico, razón por la cual es necesario aplicar esta tecnología utilizando energía solar.

Los sistemas de calentamiento de agua por irradiación solar son ecológicos ya que no generan CO₂, económicos; la energía que alimenta el calentador es gratuita, es una tecnología probada en más de 100 países durante varias décadas, si se tiene un calentador de agua eléctrico o de gas no es necesario sustituirlo por el calentador solar, pues pueden funcionar de manera integrada para que el antiguo aparato se active si necesita reforzar la temperatura en temporadas de lluvias o días nublados.

He aquí la importancia de realizar un diagnóstico térmico en dicha zona para seleccionar el sistema adecuado para el calentamiento de agua en una vivienda unifamiliar, realizar los ensayos correspondientes en dicha comunidad para el

calentamiento del agua, permitirá conocer cuan factible es la selección e instalación de un sistema de calentamiento de agua utilizando energías alternativas, para este caso la energía solar térmica, previo el estudio correspondiente de la irradiación solar en el sector antes mencionado, los datos de irradiación solar son tomados por el piranómetro instalado en la torre de medición ubicada en la comunidad.

Es primordial el estudio y conocimiento más preciso y a fondo de las fuentes de Energía Alternativa como la energía solar, investigar nuevas formas de captación de energía solar para implementar sistemas más eficientes, aplicando el conocimiento para los pueblos y comunidades donde es muy difícil la obtención del gas doméstico, así este tipo de calentadores solares ayudaría a mejorar el nivel de vida de los habitantes y contribuirá a la conservación del medio ambiente.

Con el desarrollo de este proyecto se podrá evaluar las tecnologías de calentamiento de agua utilizando la energía solar, se podrá reducir gastos de energía eléctrica y gas doméstico, se logrará analizar tipos de calentadores solares más eficientes y apropiados para diferentes usos, donde se necesite un rango de temperatura de trabajo mayor que la que se puede obtener de un calentador convencional normal, ya que con la investigación se tendrá una mejora en el rendimiento de los calentadores solares y de esta manera se podrá alcanzar que el agua llegue a la temperatura que necesitan estas poblaciones.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 General

Realizar el diagnóstico térmico para la instalación de un sistema para calentamiento de agua de uso sanitaria unifamiliar usando energía solar térmica en la comunidad de Río Blanco, Provincia de Tungurahua.

1.4.2. Específicos

- Determinar la demanda de agua caliente que requiere una vivienda unifamiliar en la comunidad de Río Blanco.
- Estudiar los datos de irradiación solar obtenidos en la zona de Río Blanco.

- Selección del sistema para calentamiento de agua.
- Simulación e instalación del sistema para ver su factibilidad.
- Realizar pruebas de calentamiento de agua en el sitio.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN

2.1. INVESTIGACIONES PREVIAS

Dentro de las investigaciones realizadas se puede citar los siguientes proyectos para realización de la investigación propuesta:

V. SALCEDO, “**Influencia Del Estudio De La Tecnología De Vacío En Tubos Sobre La Eficiencia Para El Calentamiento De Agua Usando La Energía Solar**” Ambato, 2011. Con este estudio se pudo determinar que con el uso de la tecnología de vacío se logra calentar una cantidad considerable de agua alcanzando temperaturas de aproximadamente 62°C , y almacenando una energía útil de 1854,61 W. en un tiempo de 6 horas.

El sistema antes mencionado podemos observar en la Figura 6:



Figura 6. Calentador Solar de Tubos al Vacío

Fuente: [18]

B. TOALOMBO, “**Estudio Del Espectro De Irradiación Solar Para Determinar El Potencial De Energía Aprovechable En La Ciudad De Ambato**” Ambato, 2011.

Evaluó el aprovechamiento térmico del colector realizando mediciones de temperatura a la entrada y salida del colector, la eficiencia térmica estuvo entre 30% y 76%, se llegó a obtener temperaturas de 75°C en dos horas de exposición a la irradiación solar, la temperatura de suministro de la red fue de 18°C al medio día.

El sistema lo podemos observar en la Figura 7:



Figura 7. Colector Solar Plano con de Circulación Natural para calentamiento de Agua

Fuente: [23]

S. GUANOLUISA, “**Estudio De La Geometría Del Absorbedor Del Colector Solar Parabólico Compuesto Y Su Incidencia En La Eficiencia Para Calentamiento De Agua De Uso Sanitario**” Ambato 2015.

Proyecto enfocado a realizar un estudio de la geometría del absorbedor del colector solar parabólico compuesto para ACS, evaluando la temperatura a la entrada y salida del colector, estudiando también la eficiencia según la configuración del absorbedor para luego compararla con los colectores planos convencionales, la temperatura de salida del agua fue de 76°C con una eficiencia térmica del 60%

El colector solar lo podemos apreciar en la Figura 8:

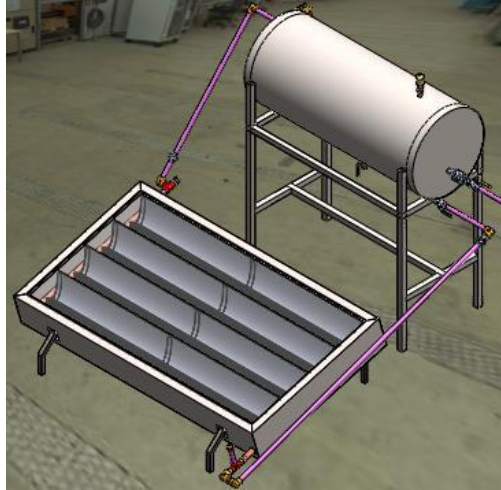


Figura 8. Colector Solar Parabólico Compuesto

Fuente: [24]

S. PEÑA, “**Estudio De Aislantes Térmicos Para Cubierta En Paneles Solares Plásticos Y Su Influencia Sobre La Eficiencia Para El Calentamiento De Agua Aprovechando La Energía Solar Absorbida En La Ciudad De Ambato**” Ambato, 2014.

El proyecto se refiere al estudio de aislantes térmicos en la cubierta de un panel solar de polipropileno realizando mediciones de: irradiación, temperatura a la entrada y salida de agua, temperatura ambiental, velocidad de viento, se tomó la temperatura de entrada de la red de suministro que es de 17°C , realizando mediciones de irradiación solar, de temperatura del agua a la salida con y sin aislamiento cada 15 min, la eficiencia del colector con aislamiento fue del 44% y sin aislamiento del 35% Lo anteriormente mencionado lo podemos observar en la Figura 9:



Figura 9. Calentador Solar de Tubos de Propileno

Fuente: [25]

S. CONDE; Z. RAMOS, “**Diseño De Un Calentador Solar De Placa De Calor Para Calentamiento De Agua Para Uso Doméstico**” México, 2014. Consiste en el diseño de un calentador solar, que se denomina “Calentador solar de placa de calor (Heat plate)”, cuyo principio de funcionamiento se basa en el fenómeno de transferencia de calor presentándose el cambio de fase (ebullición y condensación) de un fluido de trabajo.

El calentador antes mencionado lo podemos observar en la Figura 10:



Figura 10. Modelo a Escala de un Calentador Solar de Placa de Calor

Fuente: [26]

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. Energía Solar

2.2.1.1 El Sol

El sol como estrella más cercana al planeta tierra es una de las principales fuentes de vida, aprovechar su radiación inagotable, puede cumplir todas nuestras necesidades, la esta energía que proviene del sol a diario es 10000 veces mayor que la consumida en todo el planeta tierra, según datos de la empresa española CENSOLAR.

En la Tabla 1 se observa las características del sol:

Tabla 1 Características del sol

Características	Valores
Edad	4600 millones de años
Diámetro	1391980 km
Volumen	$1,412 \times 10^{27} \text{ m}^3$ (1300000 veces el volumen de la tierra)
Masa	$1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$ (332946 veces la masa de la tierra)
Densidad	150 veces la del agua
Giro del sol	Gira 1 vez cada 27 días cerca del Ecuador
Temperaturas	En el centro: $16 \times 10^6 \text{ }^\circ\text{K}$ En la corona: $1 \times 10^6 \text{ }^\circ\text{K}$ En la superficie: $5 \times 10^3 \text{ }^\circ\text{K}$
Distancia desde la Tierra	Mínima: $147 \times 10^6 \text{ km}$ Media: $150 \times 10^6 \text{ km}$ Máxima: $152 \times 10^6 \text{ km}$
Energía	$3,83 \times 10^{26} \text{ J/s}$
Energía recibida sobre la atmosfera exterior de la Tierra	1367 W/m^2
Velocidad de la luz	$3 \times 10^5 \text{ km/s}$

Fuente: J. Roldán, Fuentes de Energía, 2008

Las principales ventajas al aprovechar esta energía proveniente del sol son, el ahorro en energías no renovables, como son la energía nuclear y la energía fósil, y la otra ventaja es la disminución de la contaminación al medio ambiente.

Debemos conocer ciertas características fundamentales de la radiación electromagnética como son

- Horas del sol para una situación geográfica
- Trayectoria del sol respecto de un punto situado sobre la superficie de la tierra
- Cantidad de energía recibida por metro cuadrado y unidad de tiempo (día, mes, año). [5]

2.2.2 Radiación Solar

La radiación solar es una corriente de energía que el sol irradia uniformemente en todas las direcciones del espacio en forma de ondas electromagnéticas. Sobre la atmósfera externa de la Tierra, los rayos solares tienen una incidencia permanente de aproximadamente $1,36\text{kw}/\text{m}^2$, que se denomina constante solar y que se puede definir de forma más precisa como: la irradiancia solar sobre una superficie plana normal al vector de posición del sol ubicada en el límite superior de la superficie terrestre. [9]

Esta constante se le considera habitualmente un valor de $1.350\text{ W}/\text{m}^2$, pero el valor medio exacto actual, es de $1.372 \pm 3.3\text{ W}/\text{m}^2$ debido a la excentricidad de la órbita terrestre.

No todas las superficies reciben la misma cantidad de energía. Así, mientras los polos son los que menor radiación reciben, los trópicos son los que están expuestos a una mayor radiación de los rayos solares. Esto tiene su explicación en el grado de inclinación de nuestro planeta respecto del sol ($23,5^\circ$).

Romero Tous indica que la intensidad de la radiación no será la misma cuando los rayos solares incidan perpendicularmente en la superficie irradiada, que cuando el ángulo de incidencia sea más oblicuo, tal y como ocurre en los polos

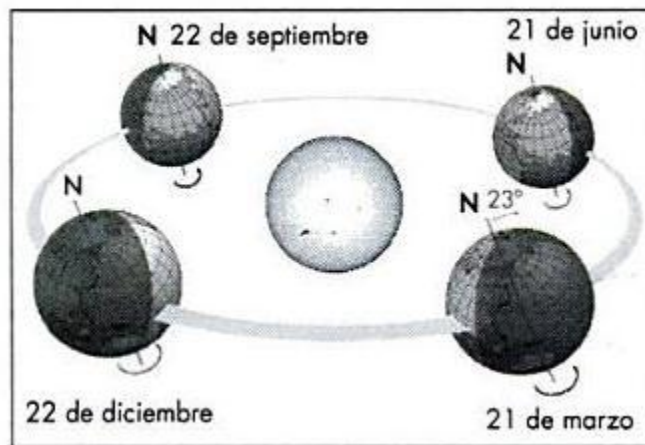


Figura 11. Grados de Inclinación de la Tierra

Fuente: [8]

Para establecer con exactitud la cantidad de energía que puede aprovecharse en un sitio concreto, también habrá que tener en cuenta otros aspectos, como la hora del día, la estación del año y muy especialmente las condiciones atmosféricas.

En los días nublados disminuye considerablemente la intensidad de la radiación y, por tanto, el aporte energético que puede recibir una instalación de energía solar térmica. Aunque la relación entre las variaciones en la nubosidad y la radiación solar es compleja, probablemente este factor es el más importante a la hora de poder calcular la energía que llega a un punto concreto de la superficie terrestre. [8]

2.2.2.1 Radiación solar difusa

Radiación solar esparcida y reflejada en la atmósfera que proviene de la bóveda celeste.

2.2.2.2 Radiación solar directa

Radiación solar que proviene directamente del sol.

2.2.2.3 Albedo

Radiación que llega a la superficie considerada, después de haberse reflejado en las superficies del entorno.

2.2.2.4 Radiación solar global

Suma de las radiaciones solares directa y difusa.

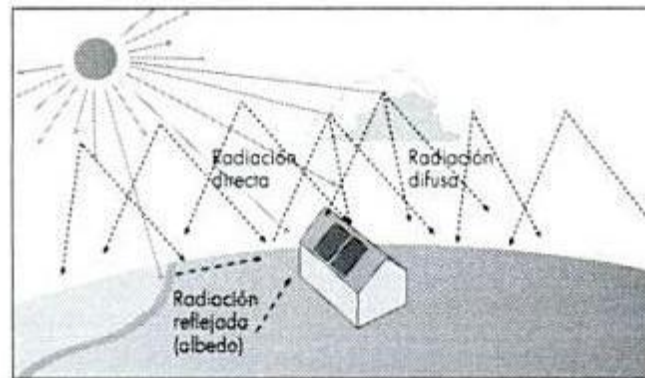


Figura 12. Tipos de Radiación Solar

Fuente: [8]

2.2.2.4 Irradiación

Energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado y a lo largo de un cierto período. Se mide en kWh/m².

2.2.2.5 Irradiancia

Potencia o energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado. Se mide en kw/m². [8]

2.2.3 Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético es el rango de todas las radiaciones electromagnéticas posibles. El espectro de un objeto es la distribución característica de la radiación electromagnética de ese objeto, se extiende desde bajas frecuencias usadas en la radio (onda larga) hasta los rayos gamma (onda corta) [10]

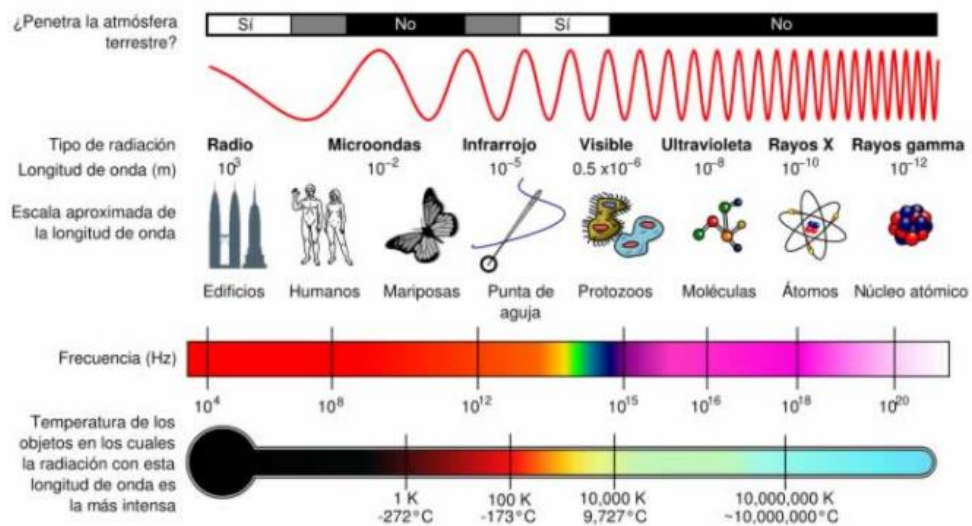


Figura 13. Tipos de Radiación Solar

Fuente: [10]

2.2.4 Recorrido De La Tierra Respecto Del Sol

En la Figura 14 se observa los movimientos de la Tierra respecto al Sol



Figura 14. Movimiento de la Tierra respecto al Sol

Fuente: [7]

2.2.4.1 Movimiento de traslación de la Tierra respecto al Sol

La tierra se traslada alrededor del sol siguiendo aproximadamente una trayectoria elíptica, el plano que contiene la trayectoria de traslación de la tierra se conoce como plano de eclíptica. [7]

2.2.4.2 Movimiento de rotación de la Tierra

Es el movimiento de la tierra alrededor de sí mismo sobre un eje imaginario que pasa por los polos y que forma un ángulo medio de $23^{\circ}27'$ con la normal al plano de la eclíptica. Debido a esta inclinación el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre varía a lo largo del año, en verano es mayor que en invierno como se puede observar en la Figura 15 [7]

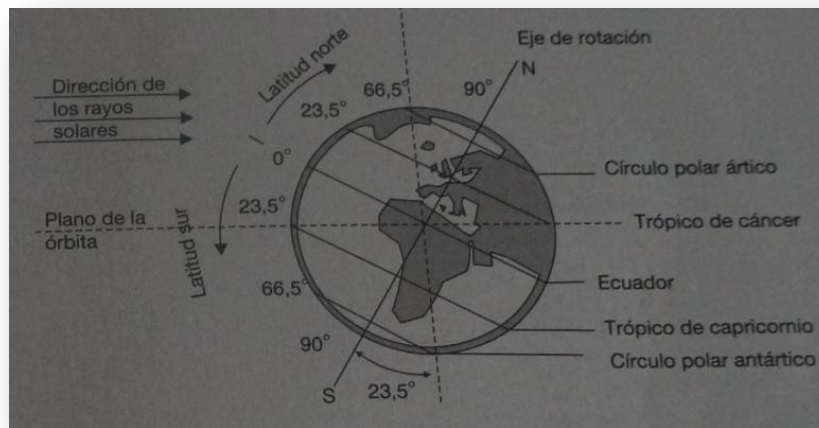


Figura 15. Incidencia de los rayos solares sobre la Tierra en el solsticio de invierno (23 de diciembre)

Fuente: [5]

2.2.4.3 Movimiento de Nutación

A lo largo del año la posición del eje de giro oscila ligeramente alrededor de su posición media. [7]

2.2.5 Constante Solar

La constante solar nos sirve para establecer el valor correspondiente a la energía que incide perpendicularmente sobre $1m^2$ de la parte exterior de la atmósfera.

Se llama constante solar al flujo o densidad de potencia de la radiación solar recogida fuera de la atmósfera sobre una superficie perpendicular a los rayos solares. No es un valor constante ya que la distancia entre el Sol y la Tierra tampoco lo es, y esta depende de la distancia. Oscila en valores entre 1.400 y $1.310 W/m^2$ tomándose

como un valor establecido 1.353 W/m^2 variando en un $\pm 3\%$ durante el año por ser la órbita terrestre elíptica.

En la superficie de la Tierra, en condiciones atmosféricas óptimas, día soleado de verano, cielo totalmente despejado en una superficie de 1m^2 perpendicular al Sol, la luz solar plena registra un valor de 1.000 W/m^2 . [12]

2.2.6 Parámetros Principales De La Posición Del Sol

Los principales parámetros que definen la posición del Sol son:

2.2.6.1 Azimut (A): es el ángulo que forman la proyección de los rayos solares sobre un plano tangente a la superficie terrestre y al sur geográfico. Cuando el Sol se encuentra exactamente sobre el sur geográfico (mediodía solar), el azimut tiene un valor de cero.

2.2.6.2 Altura solar (h): es el ángulo que forman los rayos solares con la horizontal cuando llegan a la superficie de la Tierra. [12]

2.2.7 Instrumentos De Medición De La Energía Solar Incidente Sobre El Suelo

2.2.7.1 Piranómetro

Llamado también solarímetro, en esencia es un medidor de radiación total, un sistema de medición muy utilizado que se basa en la idea siguiente: se expone a la radiación solar una lámina metálica con una superficie reflectante y junto a ella otra cuya superficie es absorbente, la lámina absorbente estará más caliente que la reflectante y, admitiendo que la diferencia de temperaturas es proporcional a la radiación absorbida, midiendo este salto térmico sabremos la radiación.

Un piranómetro consta de un sensor análogo y colocado bajo una cubierta semiesférica, normalmente de cristal de cuarzo, que debe ser transparente para cualquier longitud de onda, como podemos observar en la Figura 16 [5]

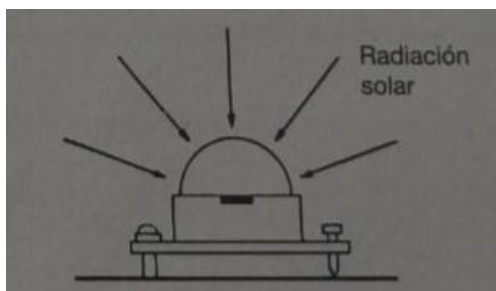


Figura 16. Representación esquemática de un piranómetro de radiación total

Fuente: [5]

2.2.7.2 Pirheliómetro

Llamado también actinómetro, es un instrumento destinado a medir solo la radiación solar directa, en esencia es un piranómetro que se ha situado en el fondo de un tubo (véase figura 16). Este tubo está recubierto interiormente con una pintura absorbente, al fin de reducir al mínimo cualquier reflexión y es lo suficientemente estrecho y largo como para que, desde el fondo, se vea el Sol y la menor porción posible de cielo, como se puede observar en la Figura 17 [5]

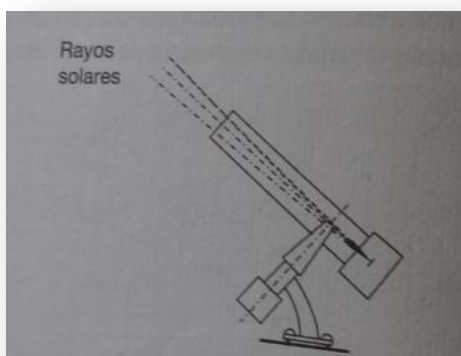


Figura 17. Representación esquemática de un pirheliómetro

Fuente: [5]

2.2.7.3 Heliógrafo

Este instrumento se utiliza para medir la insolación, que es el número de horas de sol brillante que se producen a lo largo del día, como se puede observar en la Figura 18 [5]

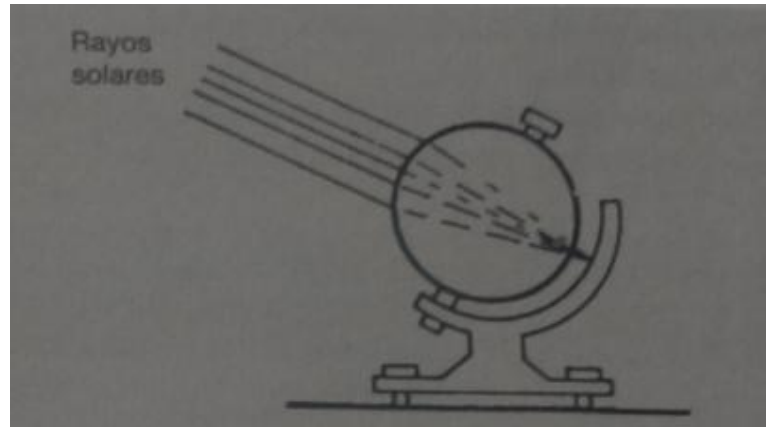


Figura 18. Representación esquemática de un heliógrafo

Fuente: [5]

2.2.8 Torre De Medición Meteorológica

Es un conjunto de dispositivos electrónicos incorporados a una estructura metálica que puede ser tubular o triangular dependiendo de su diseño, efectúan mediciones de las variables meteorológicas en forma numérica durante un periodo determinado de tiempo, su función principal es registrar una información promedio de cada diez minutos de las variables medias y trasmitirlas a una base de datos.

En la zona Rio Blanco provincia de Tungurahua se encuentra ubicada una torre de medición meteorológica tubular autónoma instalada por la Universidad Técnica de Ambato, tiene una altura de 30 metros, cuenta con equipos destinados a medir cada 10 minutos durante las 24 horas del día diferentes parámetros como: velocidad y dirección del viento, presión, temperatura y radiación global, estos datos son almacenados en un registrador de datos .la torre cuenta con los siguientes componentes:

- Sensor de velocidad ubicados a 10, 20 y 30 metros de altura
- Sensor de dirección del viento
- Sensor de temperatura
- Un sensor de radiación solar ubicado a 3 metros de altura
- Registrador (Data logger)
- Pararrayo
- Torre tubular
- Tensores

2.2.9 Energía Solar Térmica

Un sistema de aprovechamiento de la energía solar muy extendido es el térmico. El medio para conseguir este aporte de temperatura se hace por medio de colectores. [6]

2.2.10 Agua Caliente Sanitaria Por Termosifón

El equipo consiste en un captador plano conectado a un depósito, el agua circula por diferencia de densidades, sin necesitar la ayuda de ninguna bomba de circulación (véase Figura 19) habitualmente se utiliza para obtener agua caliente sanitaria, para uso doméstico unifamiliar [7]

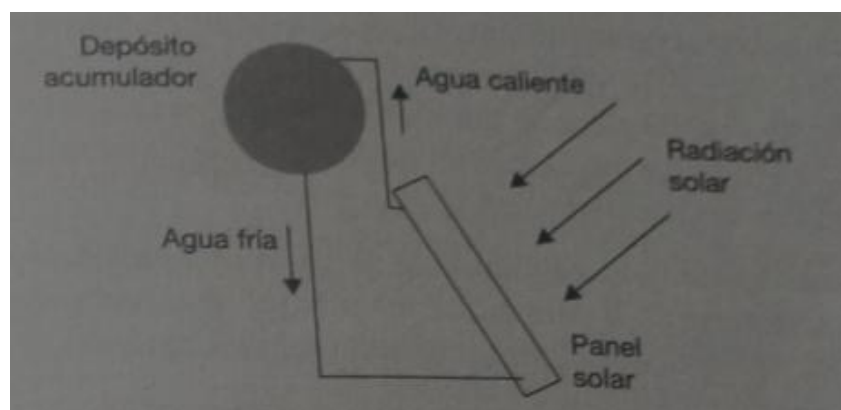


Figura 19. Sistema para la obtención de agua caliente por termosifón

Fuente: [5]

El agua contenida en el interior estará estratificada, de forma tal que la más fría (más densa) se sitúa en el fondo, y la más caliente (menos densa) se sitúa en la parte superior. Durante las horas de sol radiante en agua contenida dentro del colector

solar se calienta, se dilata y disminuye su densidad y asciende hasta la parte superior del depósito, mientras que el agua fría y densa del fondo baja hasta el colector; de esta forma se establece una circulación sin necesidad de bombas (convección natural) y así el agua del depósito va calentándose lentamente. Cuando la radiación solar es insuficiente (durante la noche, días nublados, primeras horas del día, etc.) el agua del panel se enfría y su densidad aumenta, con la cual desaparece la fuerza impulsora, el agua deja de circular y la contenida dentro del depósito se mantiene caliente; el depósito está aislado térmicamente, para reducir las fugas del calor al exterior. [7]

2.2.11 Colectores Térmicos

Los calores almacenados en los colectores térmicos satisfacen muchas necesidades, como la obtención de agua caliente para uso industrial o doméstico, utilizarlo como sistemas de calefacción en nuestros hogares, inclusive la climatización de piscinas

Los colectores térmicos de acuerdo a los rangos de temperaturas que alcanzan se los puede dividir en tres grupos, de la siguiente manera:

- **Baja temperatura**, captación directa, la temperatura del fluido es por debajo del punto de ebullición, utilizados fundamentalmente en sistemas domésticos de calefacción y ACS
- **Media temperatura**, la temperatura del fluido supera los 100°C.
- **Alta temperatura**, captación de alto índice de concentración, la temperatura del fluido es más elevada de 300°C, conformados mediante espejos, y utilizados generalmente para producir energía eléctrica. [6]

En la Figura 20 se puede observar calentadores solares térmicos de tubos al vacío:



Figura 20. Colectores solares en China

Fuente: [22]

2.2.11.1 Colectores De Baja Temperatura

a) Colector Solar Plano

Es una caja plana por la que circula un fluido que se calienta paulatinamente por su paso dentro del panel térmico, puede dividirse en:

- Colector plano protegido: con un vidrio que limita las pérdidas de calor.
- Colector plano no protegido: sistema más económico y de bajo rendimiento, utilizado esencialmente para climatización de piscinas.

Estos colectores aprovechan el efecto invernadero, el vidrio de la caja es un filtro para ciertas longitudes de onda, dejando atravesar la luz visible y más opaca para ondas infrarrojas con menor energía.

El sol incide sobre la cubierta de vidrio del colector, que, siendo transparente a la longitud de onda de la radiación visible, deja pasar la mayor parte de la energía, ésta se calienta entonces la placa colectora que, a su vez, se convierte en emisora de radiación en onda larga o (infrarrojos), menos energética, pero como el vidrio es muy opaco para esas longitudes de onda, , la caja se calienta por encima de la temperatura exterior, entonces al paso por la caja, el fluido que circula por los conductos se calienta y este fluido caliente puede ser aprovechado para el uso que se desee, entre estos usos tenemos ACS para uso doméstico.

Estos captadores solares de placa plana consiguen recoger un 80% de la energía proveniente del sol, no son complejos y su evolución ha sido muy limitada

En la Figura 21 se puede apreciar un colector plano:

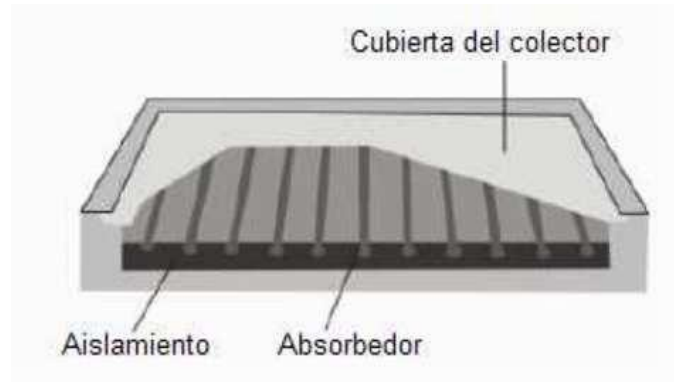


Figura 21. Colectores Solar Térmico de Placa Plana

Fuente: [12]

b) Panel de Tubos de Vacío

La superficie de captación está aislada del exterior por un doble tubo que crea una cámara al vacío, evitando pérdidas térmicas por conducción, es más eficiente que los colectores de placa plana.

En la Figura 22 podemos observar un panel de tubos al vacío:



Figura 22. Panel de tubos al vacío

Fuente: [12]

2.2.11.2 Colectores de media temperatura

Capaces de concentrar la radiación solar en una superficie reducida, la temperatura de trabajo puede variar entre los 100° C y los 400° C.

a) Colector cilindro-parabólico

Es de forma parabólica que está recubierta de un material reflectante que concentra los rayos solares sobre un tubo receptor colocado en la línea focal de la parábola.

El tubo receptor puede estar formado por un solo tubo, frecuentemente puede formarse por dos tubos concéntricos, el tubo interior, por el que circula el fluido que se calienta, es metálico, y el exterior de cristal. El tubo metálico lleva un recubrimiento selectivo que posee una elevada absorción y una baja emisividad en el espectro infrarrojo, lo que proporciona un elevado rendimiento térmico. [12]

En la Figura 23 se puede apreciar un colector cilindro-parabólico:

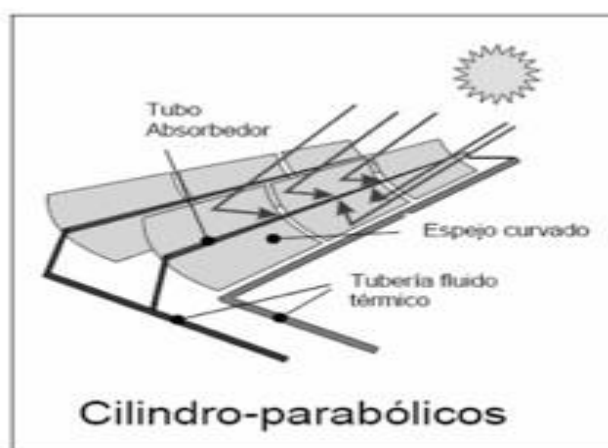


Figura 23. Colector cilindro-parabólico

Fuente: [12]

2.2.11.3 Colectores De Alta Temperatura

a) Concentrador Solar

En estos sistemas el fluido se calienta a alta temperatura mediante espejos parabólicos. Concentran la radiación solar en un área más pequeña, similar al principio de una lupa

- Sistemas lineales (disposición cilíndrica): el fluido se calienta al recorrer la línea situada en el foco de la parábola.

- Sistemas puntuales: con forma de plato utilizado para concentrar más los rayos y obtener así temperaturas más altas cuando la infraestructura es de dimensiones limitadas.

En la Figura 24 se puede observar un concentrador solar de alta temperatura:



Figura 24. Concentrador solar de alta temperatura con discos parabólicos

Fuente: [12]

La Tabla 2 nos resume los tipos de colectores que encontramos:

Tabla 2 Características del sol

TIPOS DE COLECTORES		
CLASE	CARACTERÍSTICAS	TIPOS
De baja temperatura	No utiliza ningún dispositivo para concentrar los rayos solares. La temperatura del fluido a calentar está por debajo del punto de ebullición del agua.	<ul style="list-style-type: none"> • No vidriados. • De placa plana. • De tubo de vacío.
De media temperatura	Capaces de concentrar la radiación solar en una superficie reducida. La temperatura de trabajo puede variar entre los 100° C y los 400° C.	<ul style="list-style-type: none"> • Cilindro parabólico.

<p>De alta temperatura</p>	<p>Capaces de concentrar la radiación solar en un solo punto.</p> <p>La temperatura de trabajo oscila desde los 400°C hasta más de 1000°C.</p> <p>No se usan de modo comercial, tan solo para investigación.</p> <p>Utiliza un campo heliostático, espejos que siguen la trayectoria del sol automáticamente y concentran la radiación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • De campo heliostático >1000°C. • De espejo parabólico 900°C.
-----------------------------------	---	--

Fuente: [11]

2.2.12 Ventajas Y Desventajas De La Energía Solar

a) Ventajas:

- El sol es una fuente de energía renovable, energía limpia que no tiene emisiones que pueden causar problemas en el ambiente y el cambio climático.
- Después de la inversión inicial no hay ningún costo adicional asociado con su uso.
- No se gastará en combustibles
- Disminución de la utilización de combustibles
- Tiempo de vida útil de 15 a 20 años.

b) Desventajas:

- Tecnologías más complejas, pero accesibles al medio.
- Los costes asociados con la compra e instalación de un sistema solar.
- Baja aceptación social, por el desconocimiento de los beneficios económicos y ambientales de esta fuente de energía renovable. [7]

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL PROYECTO

3.1 CÁLCULO DE CONSUMO ENERGÉTICO Y DEMANDA DE AGUA CALIENTE

Para establecer las necesidades de agua caliente sanitaria, es necesario conocer los litros de agua caliente consumidos al día por los usuarios de la vivienda, lo que puede hacerse de dos formas:

- Midiendo lo que consume
- Haciendo previsión del consumo a partir de cálculos estadísticos.

En la Tabla 3 podemos consultar los valores unitarios de consumo para diversas actividades:

Tabla 3. Valores Unitarios De Consumo De Agua Caliente Sanitaria

Criterio de Consumo	Litros /Día
Viviendas Unifamiliares	40 por persona
Viviendas Multifamiliares	30 por persona
Hospitales y Clínicas	80 por cama
Residencias (ancianos, estudiantes, etc)	80 por cama
Escuelas	5 por alumno
Fábricas y Talleres	20 por persona
Oficinas	5 por persona
Campings	60 por parcela
Hoteles (según categorías)	80 a 100
Hotel / Hostal	60 por cama
Hostal/Pensión	50 por cama
Cuarteles	30 por persona
Gimnasios	30 a 40 por usuario

Lavanderías	5 a 7 por kilo de ropa
Restaurantes	8 a 15 por comida
Cafeterías	2 por almuerzo
Vestuarios/ Duchas colectivas	20 por servicio

Fuente: [11]

Las cargas de consumo se refieren al consumo diario medio mensual, a una temperatura de 45°C.

A una temperatura distinta, también lo son las cantidades de agua para consumo que aparecen en las tablas. Si vemos una tabla en la que se den los litros de ACS por ejemplo a 60°C, vemos que las cantidades necesarias son menores, previendo que, en el punto de consumo, la temperatura será rebajada.

En el sector de Río Blanco se realizó una encuesta a 20 familias para determinar la demanda de agua caliente necesaria en cada vivienda:

1.- ¿Cuántas personas habitan en la vivienda?

Tabla 4. Número de personas por vivienda

¿Cuántas personas habitan en la vivienda?	
Habitantes por vivienda	Número de Familias
0 a 2 habitantes	1
2 a 5 habitantes	15
5 a 7 habitantes	3
7 a 10 habitantes	1
mayor a 10 habitantes	0
Total, de Familias	20

Fuente: Autor



Figura 25. Número de personas por vivienda

Fuente: Autor

Análisis:

Del total de familias encuestadas como se puede observar un 75% corresponde a familias de 2 a 5 habitantes, para nuestro estudio la vivienda de la Familia Punina está conformada por 2 adultos y 3 menores de edad.

2.- ¿Labores a la que se dedican para los ingresos económicos?

Tabla 5. Labor a la que se dedican para los ingresos económicos

¿Labores a la que se dedican para los ingresos económicos?	
Agricultura	13
Albañilería	3
Crianza de ganado	2
Jornalería	2
Total, de Familias	20

Fuente: Autor



Figura 26. Labor a la que se dedican para los ingresos económicos

Fuente: Autor

Análisis:

En la mayoría de casos tanto el hombre como la mujer del hogar trabajan en la agricultura, en la comunidad de Pilahuín.

3.- ¿Cuál es el ingreso mensual por Familia?

Tabla 6. Ingreso mensual por familia

¿Cuál es el ingreso mensual por Familia?	
de 0 a 100 dólares	0
de 100 a 150 dólares	1
de 150 a 200 dólares	13
de 200 a 300 dólares	2
mayor a 300 dólares	4
Total, de Familias	20

Fuente: Autor

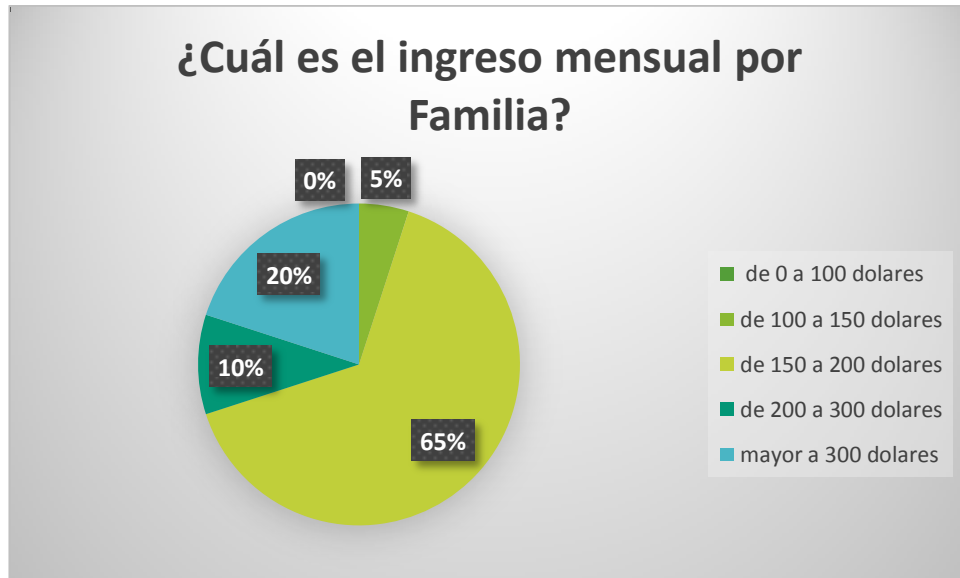


Figura 27. Ingreso mensual por familia

Fuente: Autor

Análisis:

De los pobladores encuestados supieron mencionar que sus trabajos no son fijos, por lo que los ingresos económicos son bajos, en la gráfica se observa un 65% los ingresos de \$150 a \$200.

4.- ¿La familia utiliza agua caliente para el aseo personal?

Tabla 7. Uso de agua caliente para aseo personal

¿La familia utiliza agua caliente para el aseo personal?	
Si	18
No	0
Rara Vez	2

Fuente Autor

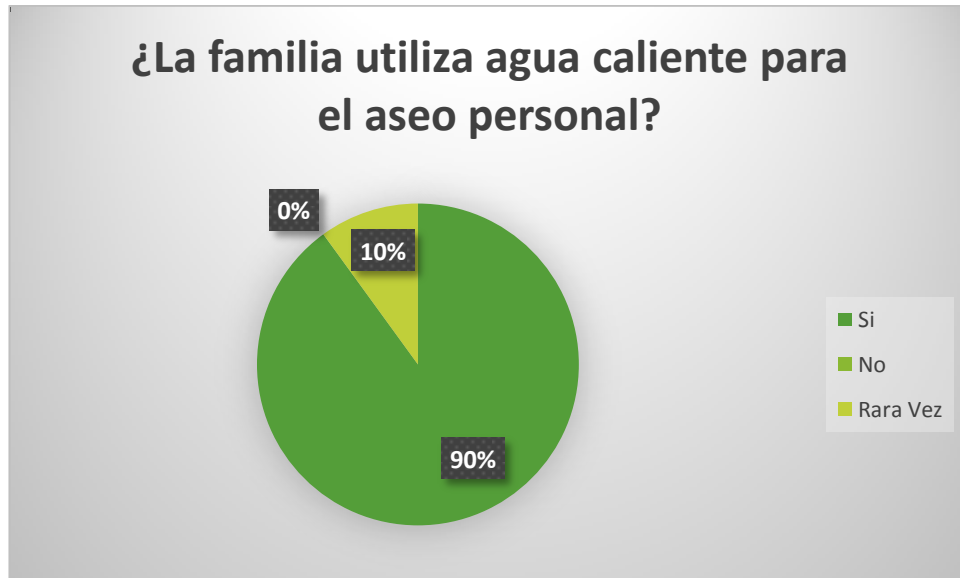


Figura 28. Uso de agua caliente para aseo personal

Fuente: Autor

Análisis:

De las familias encuestadas un 90% menciona que, si utiliza agua caliente para el aseo personal debido a clima frío del sector, un 10% utiliza rara vez agua caliente.

5.- ¿Cuál es el sistema de calentamiento de agua que utiliza en su hogar?

Tabla 8. Sistema de agua caliente que se utiliza en la vivienda

¿Cuál es el sistema de calentamiento de agua que utiliza en su hogar?	
Mediante tanque de Gas (GLP)	20
Quema de leña	20
Ducha eléctrica	0
Calefón	0

Fuente: Autor

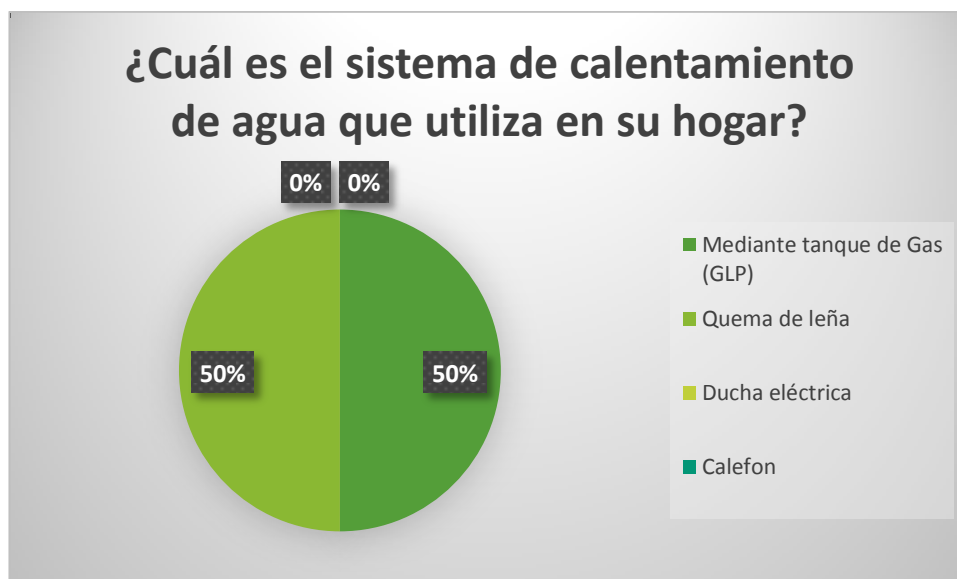


Figura 29. Sistema de agua caliente que se utiliza en la vivienda

Fuente: Autor

Análisis:

De los pobladores encuestados el 100% utiliza la quema de leña y el cilindro de gas para calentar agua ya sea para aseo personal o para el lavado de utensilios, la leña es adquirida por la compra de un medio camión Hino FF por un valor de \$60 la misma que dura un año, el tanque de gas tiene una duración de tres meses aproximadamente; supieron mencionar que anteriormente quemaban los pajonales que hay en el sector, para calentar agua, pero actualmente el ministerio del ambiente prohibió que realicen esta actividad.

6.- ¿Con qué frecuencia se bañan los habitantes del sector?

Tabla 9. Frecuencia con la que se asean los habitantes del sector

¿Con qué frecuencia se bañan los habitantes del sector?	
Cada día	0
Cada dos días	0
Cada 3 días	2
Cada 5 días	0
Cada 8 días	11
Más de 8 días	7

Fuente: Autor

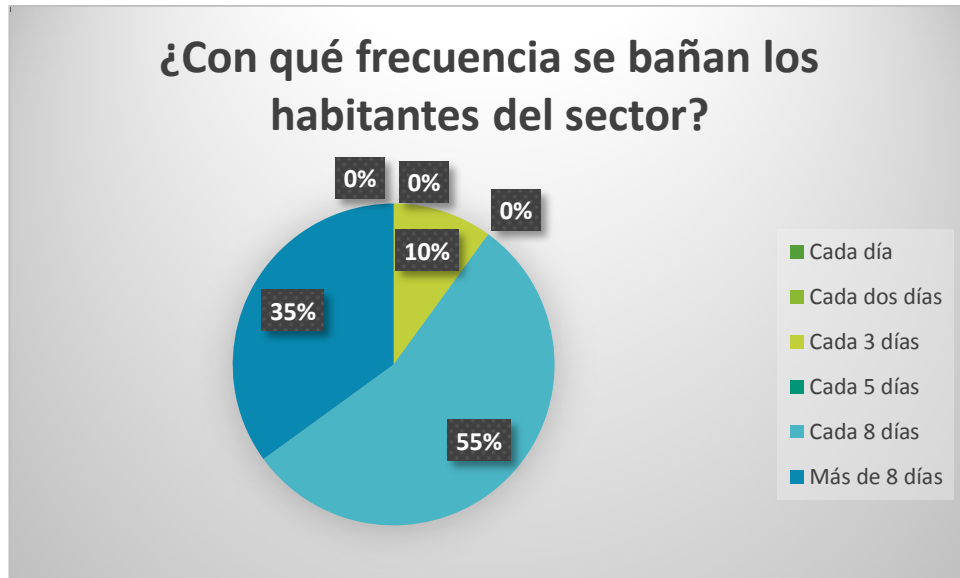


Figura 30. Frecuencia con la que se asean los habitantes del **sector**

Fuente: Autor

Análisis:

Podemos observar en la gráfica, la población en Río Blanco el aseo en su mayoría es cada 8 días o más, en la vivienda donde se va hacer el estudio mencionaron que el aseo personal por habitante es cada 15 días, esto se debe a los malos hábitos higiénicos, falta de recursos económicos y el clima frío del sector.

7.- ¿Considera que su sistema de calentamiento de agua es costoso?

Tabla 10. Sistema de agua costoso o barato

¿Considera que su sistema de calentamiento de agua es costoso?	
Si	16
No	4

Fuente: Autor

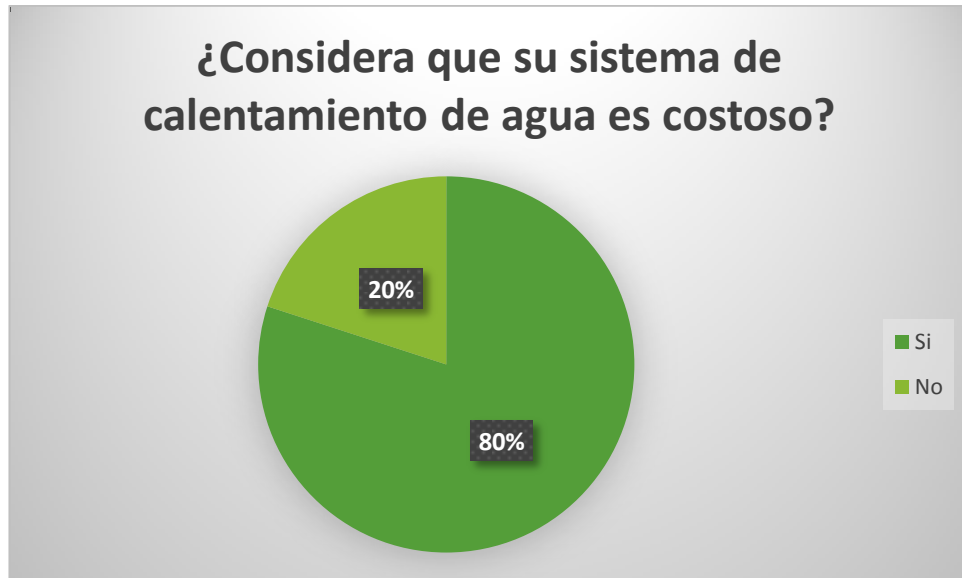


Figura 31. Sistema de agua costoso o barato

Fuente: Autor

Análisis:

De los pobladores encuestados un 80% considera que su sistema de calentamiento de agua es costoso ya sea a gas o leña, esto se debe a los bajos ingresos económicos del sector, un 20% opina que su sistema no es costoso, pero un sistema de ducha eléctrica o calefón les resultaría un costo elevado.

8.- ¿Le gustaría tener un sistema de calentamiento de agua en el cual la energía usada sea alternativa, no contaminante y de bajo costo?

Tabla 11. Sistema de calentamiento de agua con energía alternativa

¿Le gustaría tener un sistema de calentamiento de agua en el cual la energía usada sea alternativa, no contaminante y de bajo costo?	
Si	20
No	0

Fuente: Autor

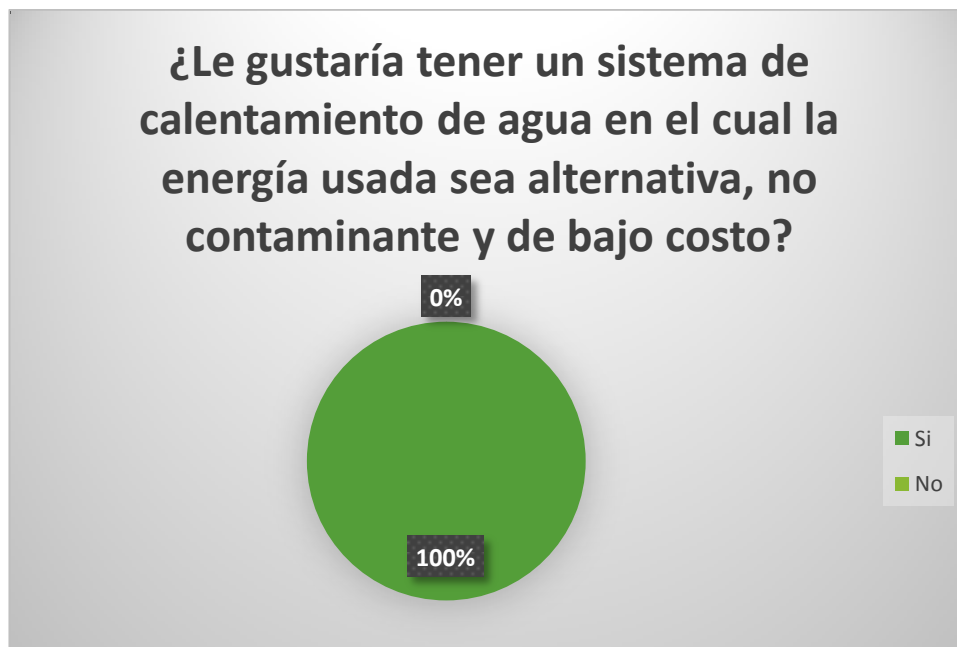


Figura 32. Sistema de calentamiento de agua con energía alternativa

Fuente: Autor

Análisis:

Un 100% de la población encuestada opina que, si le gustaría tener un sistema de calentamiento de agua con energía alternativa, no contaminante y de bajo costo, pero antes se les explico brevemente como es el funcionamiento de estos sistemas de calentamiento de ACS.

9.- ¿Época con mayor presencia del sol?

Tabla 12. Época del año con mayor presencia del sol

¿Época con mayor presencia del sol?	
Enero-Marzo	7
Abril-Junio	1
Julio-Septiembre	3
Octubre – Diciembre	9

Fuente: Autor

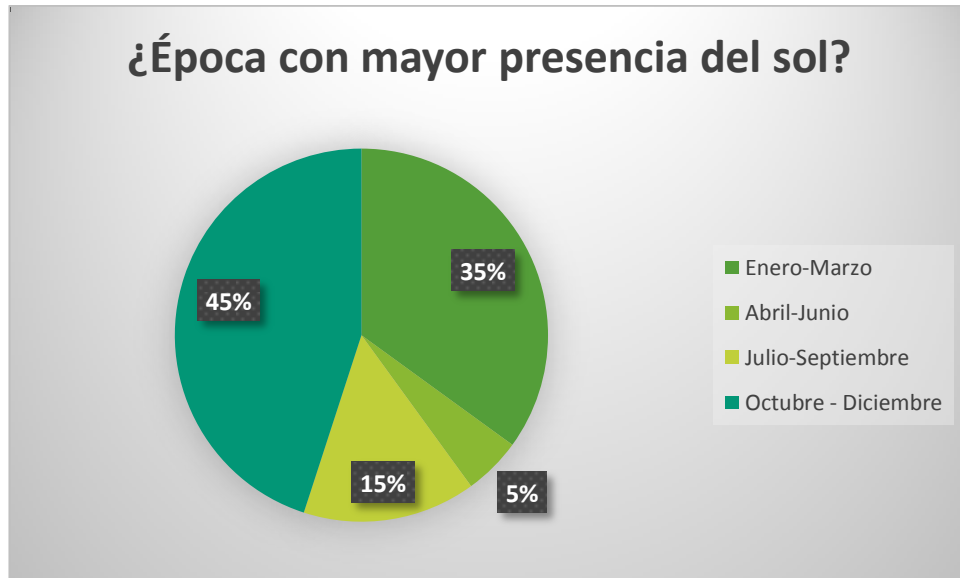


Figura 33. Época del año con mayor presencia del sol

Fuente: Autor

Análisis:

Los pobladores no tienen muy claro la época de mayor presencia solar, lo que supieron mencionar que la mayor parte del año pasa nublado, aunque un 45% opina que de octubre a diciembre se siente mayor temperatura, y los meses de abril a septiembre se siente más frío.

10.- ¿Horas del día con mayor presencia del sol?

Tabla 13. Horas del día con mayor presencia del sol

¿Horas del día con mayor presencia del sol?	
6:00-10:00	0
10:00-14:00	20
14:00:18:00	20

Fuente: Autor

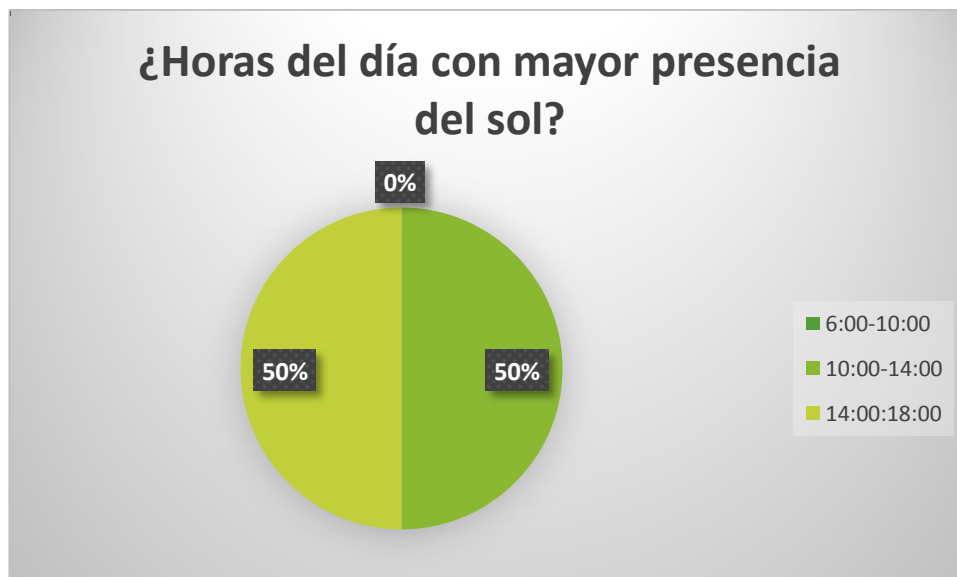


Figura 34. Horas del día con mayor presencia del sol

Fuente: Autor

Análisis:

El 100% de la población encuestada considera que las horas con mayor presencia solar está en el rango de 10:00 am a 17:00 pm.

11.- ¿Qué cantidad de agua caliente utiliza aproximadamente para el aseo personal y lavado de utensilios de cocina al día?

Tabla 14 Cantidad en litros de agua caliente por día

¿Qué cantidad de agua caliente utiliza aproximadamente para el aseo personal y lavado de utensilios de cocina al día?	
5-10 litros/día	0
10-20 litros/día	6
20-50 litros/día	9
50-100 litros /día	4
100-200 litros/día	1
Mayor a 200 litros /día	0

Fuente: Autor

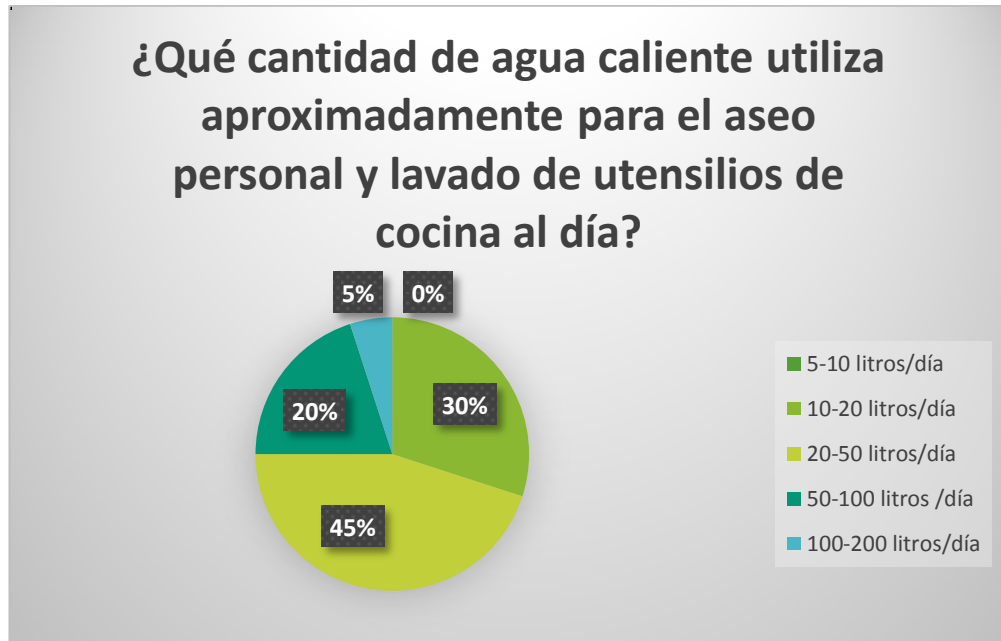


Figura 35. Cantidad en litros de agua caliente por día

Fuente: Autor

Análisis:

Se observa en la gráfica que el consumo diario de agua está de 20 a 50 litros de agua diarios, es una cifra baja en comparación a la TABLA 3.10. (Valores Unitarios De Consumo De Agua Caliente Sanitaria); la cual nos indica que el consumo de ACS en una vivienda unifamiliar es de 40L/ persona al día a 45°C.

Interpretación:



Figura 36. Medio con el que calientan el agua en la vivienda de la familia Punina

Fuente: Autor

En la Figura 36 se observa la cocina de la vivienda de la familia Punina; las ollas son donde calientan el agua las que aproximadamente llevan 5 litros cada una; su aseo personal por habitante es cada 15 días, en la vivienda habitan 5 personas, cuando tienen el día del baño en este caso el día con mayor demanda de agua calientan 40 litros de agua; por cada 10 litros se agrega 15 litros de agua fría para obtener una temperatura adecuada del agua para el aseo; por lo que en los 40 litros se añadirían 60 litros de agua fría para obtener 100 litros de ACS a 32°C aproximadamente más lo que se ocupa para el lavado de utensilios aproximadamente 25 litros de agua caliente, es decir en el día con mayor demanda de agua caliente se ocupa 125 l/día de ACS por lo que un sistema de calentamiento de agua de 200 litros tiene la capacidad de abastecer la demanda de ACS, al tener agua caliente diariamente se podría educar a la población del sector a cambiar sus hábitos higiénicos.

En la Tabla 15 se observa la demanda de ACS en la vivienda de la familia Punina:

Tabla 15. Demanda de ACS en la vivienda de la familia Punina

Aparato	Temperatura	l/día
Ducha	32°C	100
Lavaplatos	32°C	20
Lavamanos	32°C	5
Total, ACS al día		125 l/día

Fuente: Autor

3.2 ESTUDIO DE DATOS DE IRRADIACIÓN SOLAR

Se ha determinado los datos de irradiación solar mediante la torre de medición meteorológica instalada en la zona de Río Blanco, mismos que son almacenados en el Data Logger por el lapso de un año, desde octubre de 2015 hasta septiembre de 2016.

Para el proceso de la información se ha seguido los siguientes lineamientos:

- El análisis de los datos; se tomó todos los datos de la estación, tomando énfasis en los valores de temperaturas y radiación solar, los mismos que serán de vital importancia para la simulación del sistema y los cálculos necesarios.

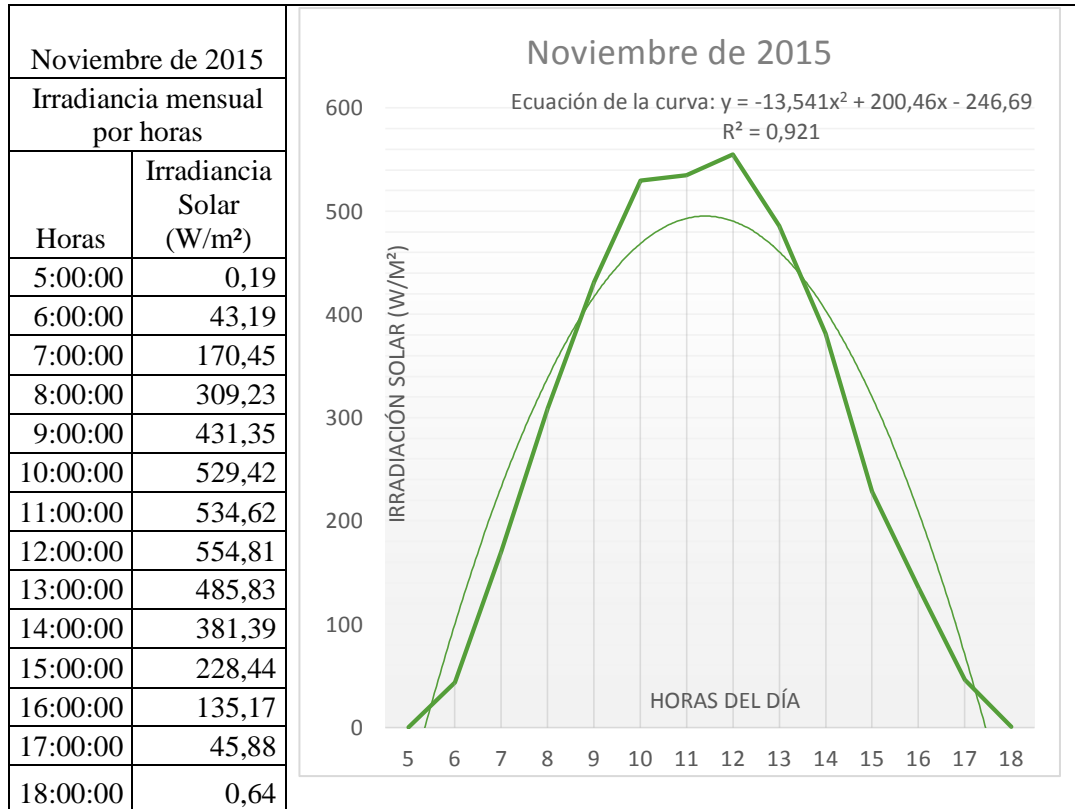
- La información procesada es desde el mes de noviembre del 2015 hasta el mes de septiembre de 2016, tiempo en el cual se realizó las respectivas calibraciones del equipo.
- Se tomará en cuenta la irradiación solar en el mes más crítico durante todo un año, para así realizar los ángulos de inclinación del sistema donde sea la posición más óptima para la captación de radiación solar y también realizar el dimensionamiento que satisfaga la demanda de agua caliente de la vivienda.
- Los datos tomados son cada 10 minutos aproximadamente durante las 24 horas del día, se procederá a realizar promedios cada hora para la obtención de las gráficas de irradiación vs tiempo (horas del día).

3.2.1 Datos de Irradiación, Tablas y Gráficas

Como se lo había mencionado la torre meteorológica toma datos cada diez minutos, una vez sacado la media aritmética de estos datos, se procesan y se analizan los datos en las siguientes gráficas y resultados de los valores promedios por horas de los meses comprendidos entre noviembre de 2015 y octubre de 2016, además se indican las curvas de irradiación solar por meses comprendido entre las 6:00 am hasta las 6:00 pm lapso donde existe la mayor presencia de irradiación solar.

Noviembre de 2015

Tabla 16. Irradiancia solar, noviembre de 2015

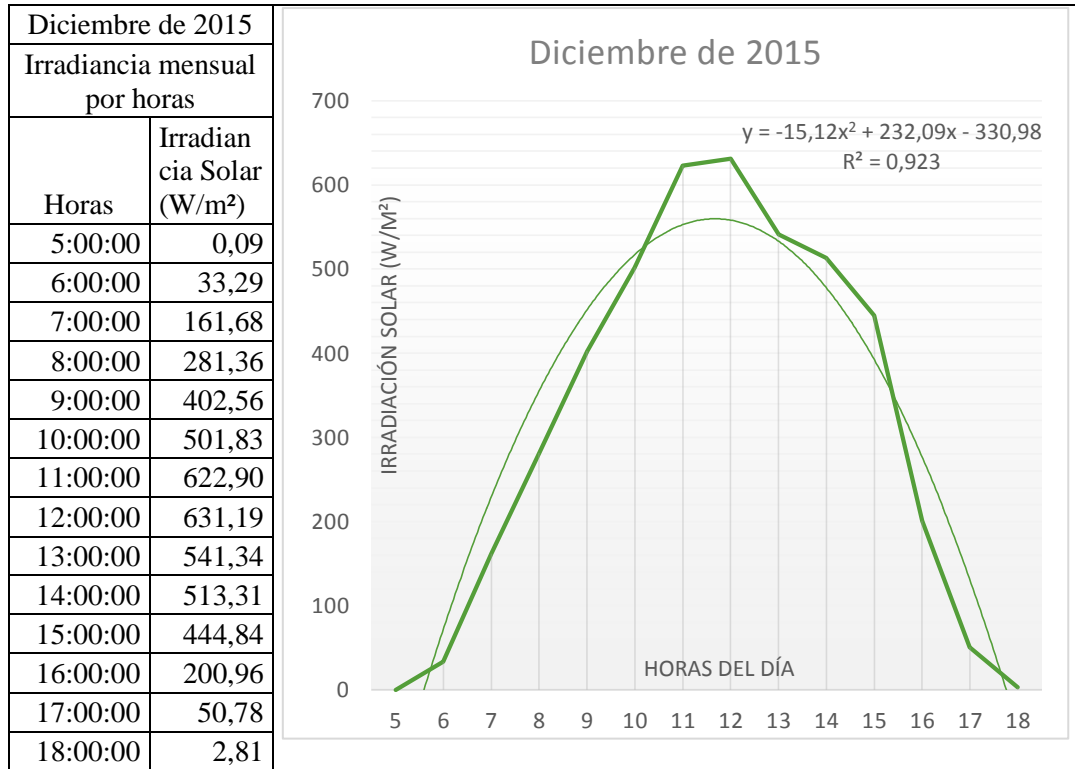


Fuente: Datos tomados por la torre de medición meteorológica de la Universidad Técnica de Ambato

De los datos obtenidos de radiación solar horaria mensual se puede observar que empieza a la 5:00 am con una irradiancia de 0,19 W/m², se va incrementando con el paso de las horas hasta llegar a un valor máximo de 554,81 W/m² a las 12:00 del mediodía, comienza a descender con una irradiancia de 0,64 W/m² a las 18:00 pm de la tarde.

Diciembre de 2015

Tabla 17. Irradiancia solar, diciembre de 2015

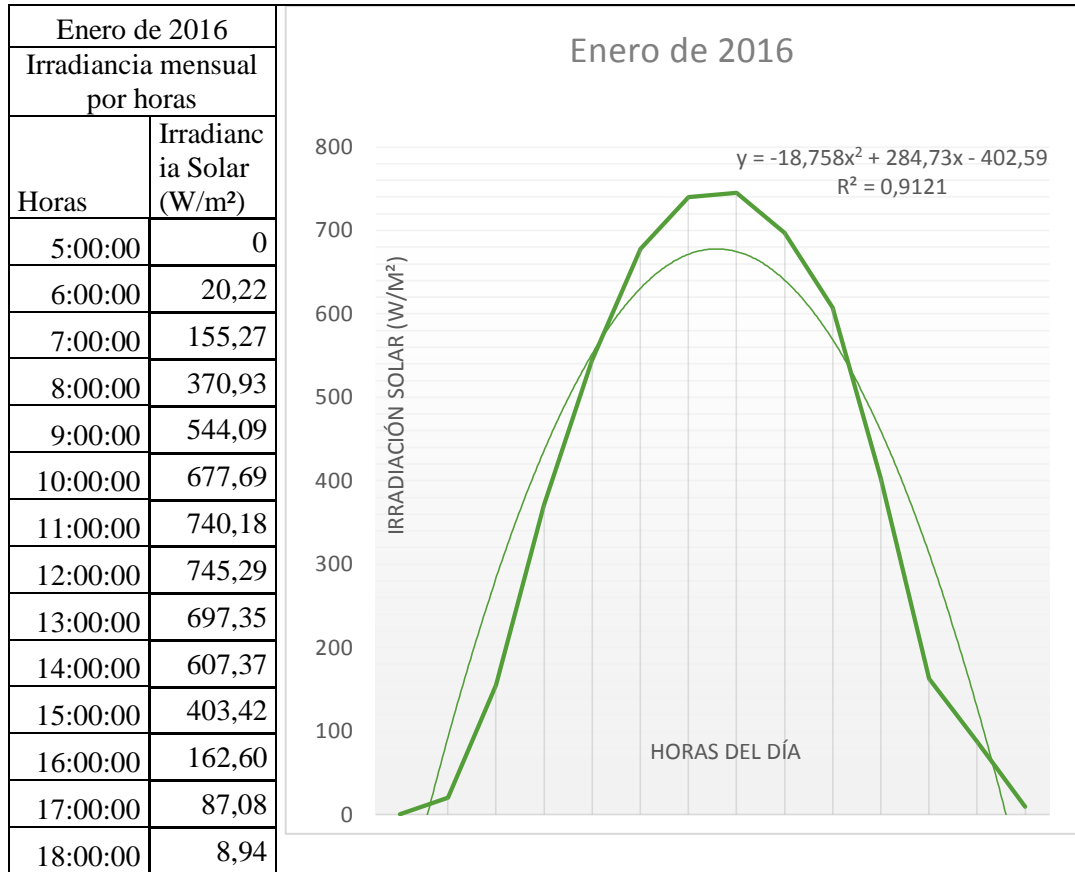


Fuente: Datos tomados por la torre de medición meteorológica de la Universidad Técnica de Ambato

De los datos obtenidos de radiación solar horaria mensual se puede observar que empieza a la 5:00 am con una irradiancia de 0,09 W/m², se va incrementando con el paso de las horas hasta llegar a un valor máximo de 631,19 W/m² a las 12:00 del mediodía, comienza a descender con una irradiancia de 2,81 W/m² a las 18:00 pm de la tarde.

Enero de 2016

Tabla 18. Irradiancia solar, enero de 2016

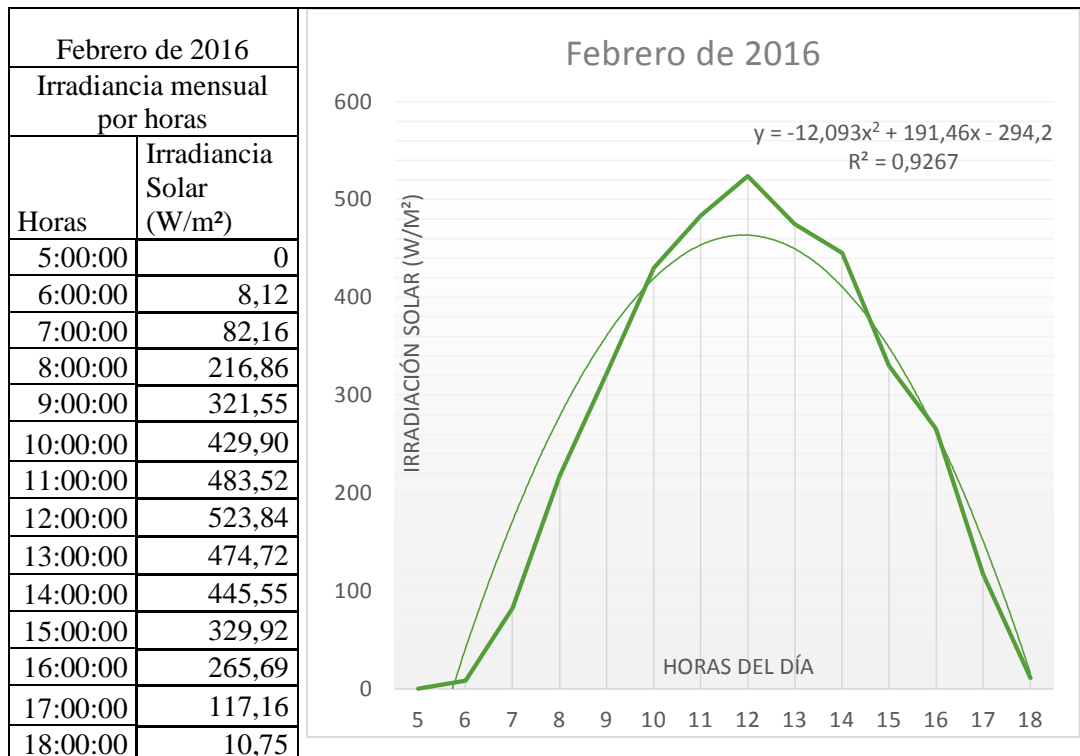


Fuente: Datos tomados por la torre de medición meteorológica de la Universidad Técnica de Ambato

De los datos obtenidos de radiación solar horaria mensual se puede observar que empieza a la 6:00 am con un valor de 20,22 W/m², se va incrementando con el paso de las horas hasta llegar a un valor máximo de 745,29 W/m² a las 12:00 del mediodía, comienza a descender con una irradiancia de 8,94 W/m² a las 18:00 pm de la tarde.

Febrero 2016

Tabla 19. Irradiancia solar, febrero de 2016

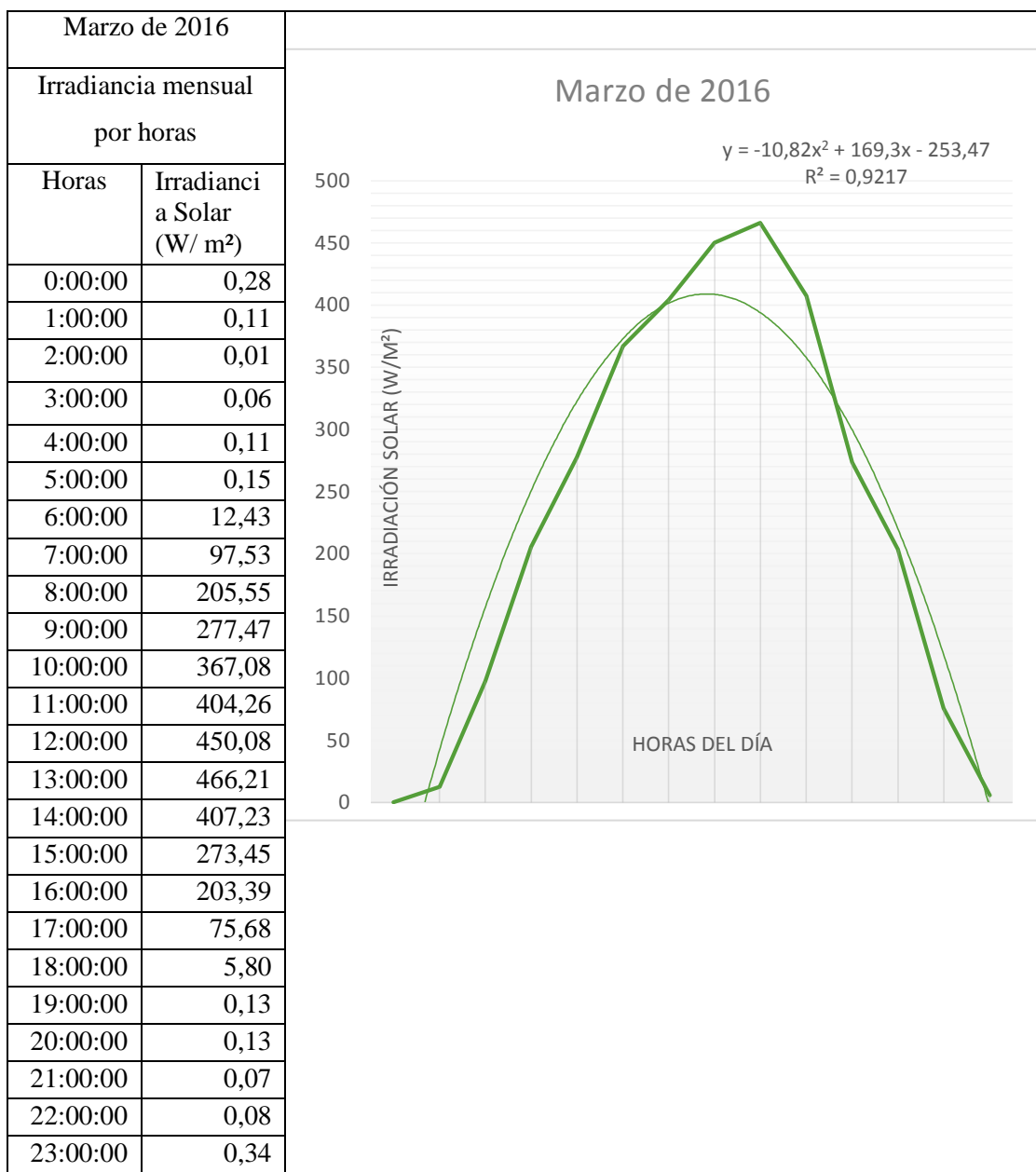


Fuente: Datos tomados por la torre de medición meteorológica de la Universidad Técnica de Ambato

De los datos obtenidos de radiación solar horaria mensual se puede observar que empieza a la 6:00 am con un valor de 8,12 W/m², se va incrementando con el paso de las horas hasta llegar a un valor máximo de 523,84 W/m² a las 12:00 del mediodía, comienza a descender con una irradiancia de 10,75 W/m² a las 18:00 pm de la tarde.

Marzo 2016

Tabla 20. Irradiancia solar, marzo de 2016

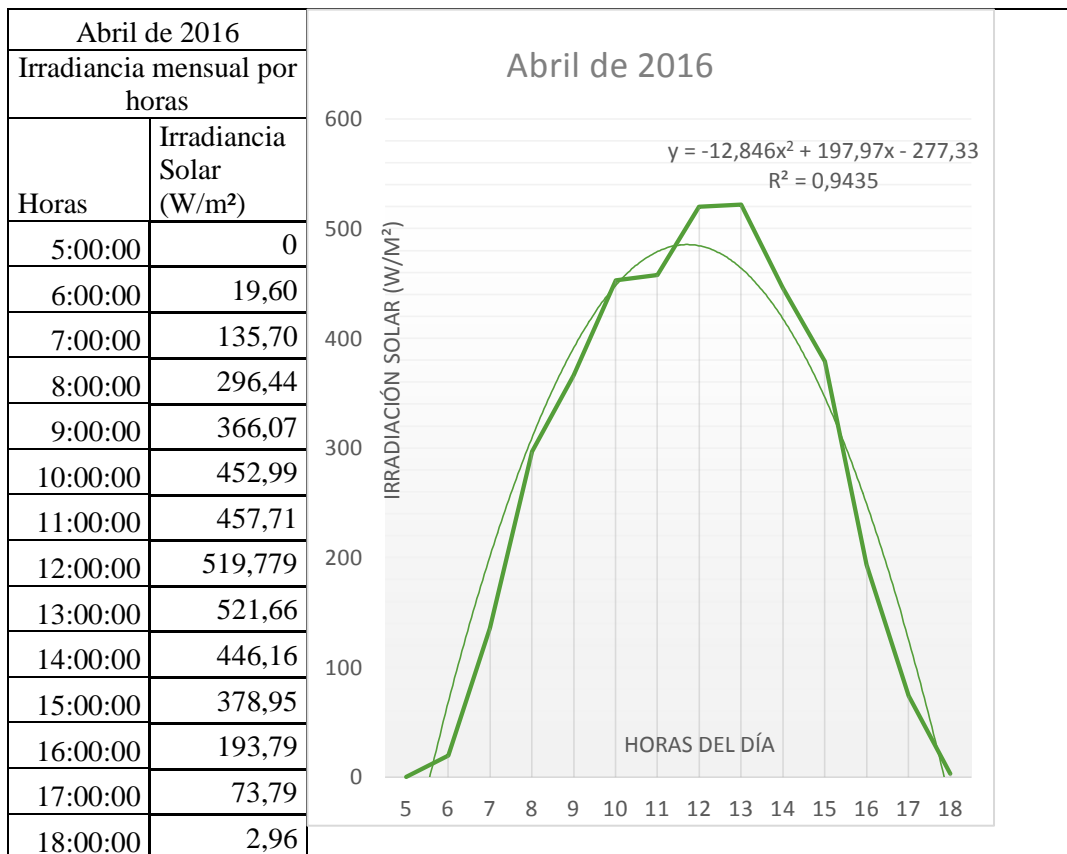


Fuente: Datos tomados por la torre de medición meteorológica de la Universidad Técnica de Ambato. De los datos obtenidos de radiación solar horaria mensual se puede observar que empieza a la 0:00 am con un valor de 0,28 W/m², se va incrementando con el paso de

las horas hasta llegar a un valor máximo de 466,21 W/m² a las 13:00 de la tarde, comienza a descender con una irradiancia de 0,34 W/m² a las 23:00 pm de la noche.

Abril de 2016

Tabla 21. Irradiancia solar, abril de 2016

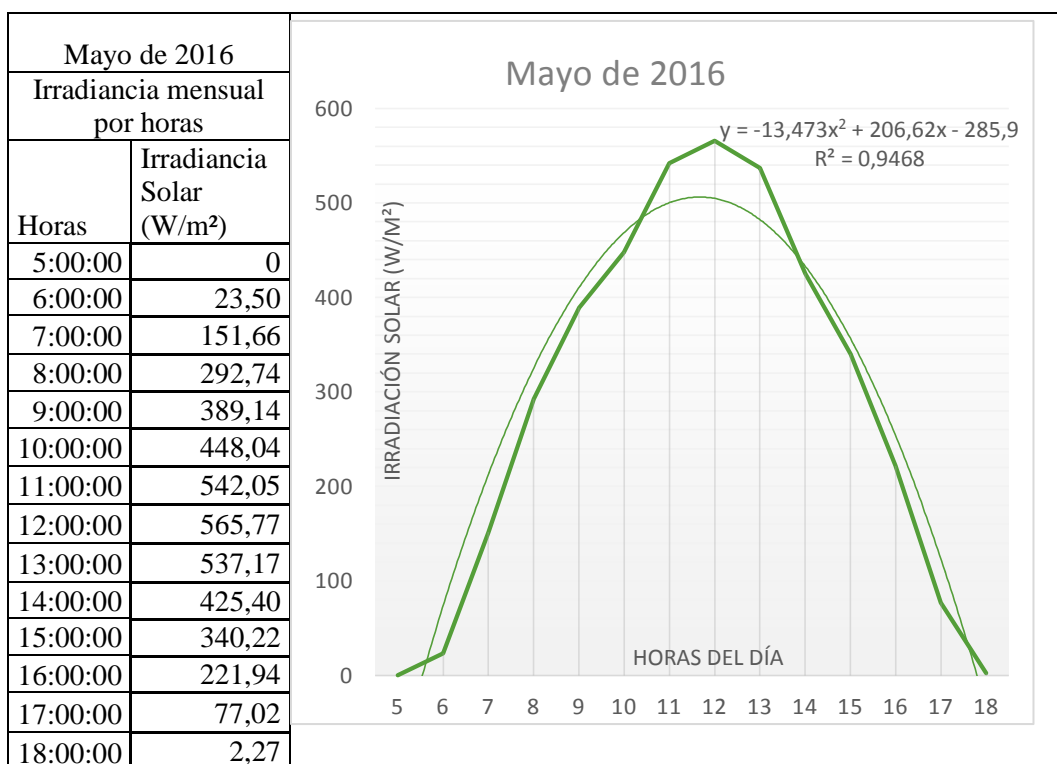


Fuente: Datos tomados por la torre de medición meteorológica de la Universidad Técnica de Ambato

De los datos obtenidos de radiación solar horaria mensual se puede observar que empieza a la 6:00 am con un valor de 19,60 W/m², se va incrementando con el paso de las horas hasta llegar a un valor máximo de 521,66 W/m² a las 13:00 pm de la tarde, comienza a descender con una irradiancia de 2,96 W/m² a las 18:00 pm de la tarde.

Mayo de 2016

Tabla 22. Irradiancia solar, mayo de 2016

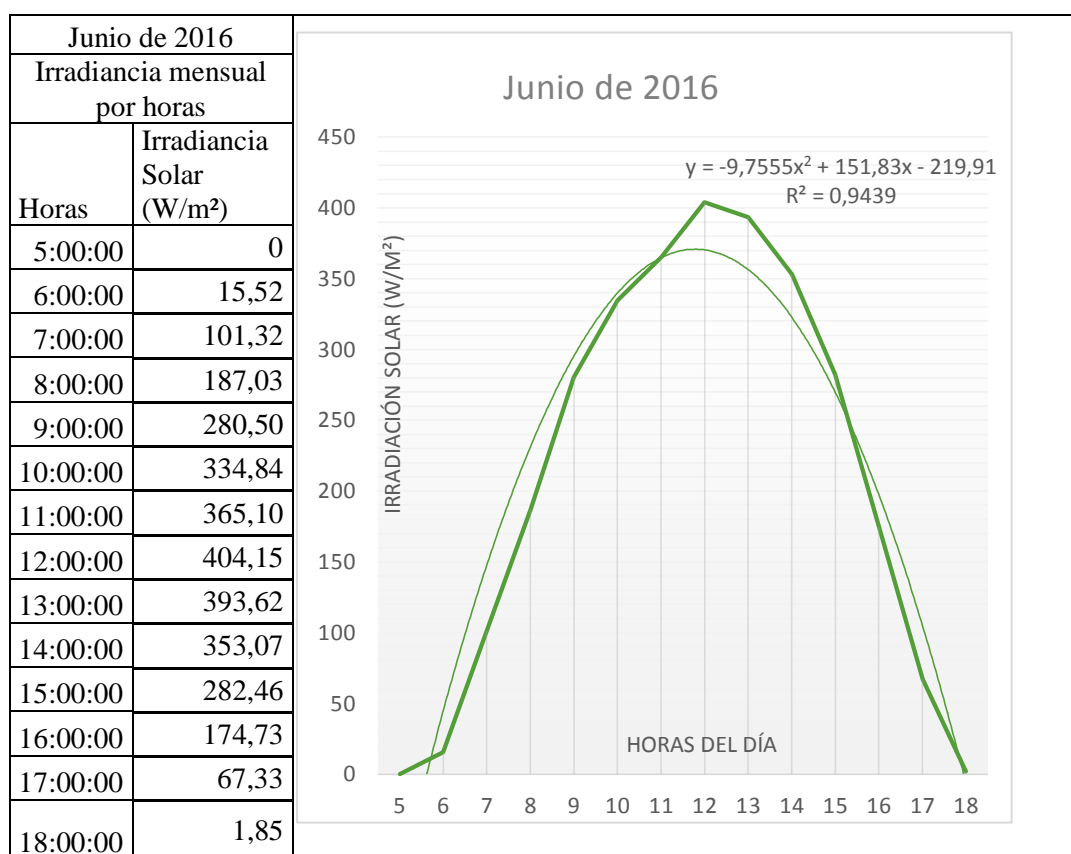


Fuente: Datos tomados por la torre de medición meteorológica de la Universidad Técnica de Ambato

De los datos obtenidos de radiación solar horaria mensual se puede observar que empieza a la 6:00 am con un valor de 23,50 W/m², se va incrementando con el paso de las horas hasta llegar a un valor máximo de 565,77 W/m² a las 12:00 del mediodía, comienza a descender con una irradiancia de 2,27 W/m² a las 18:00 pm de la tarde.

Junio de 2016

Tabla 23. Irradiancia solar, junio de 2016

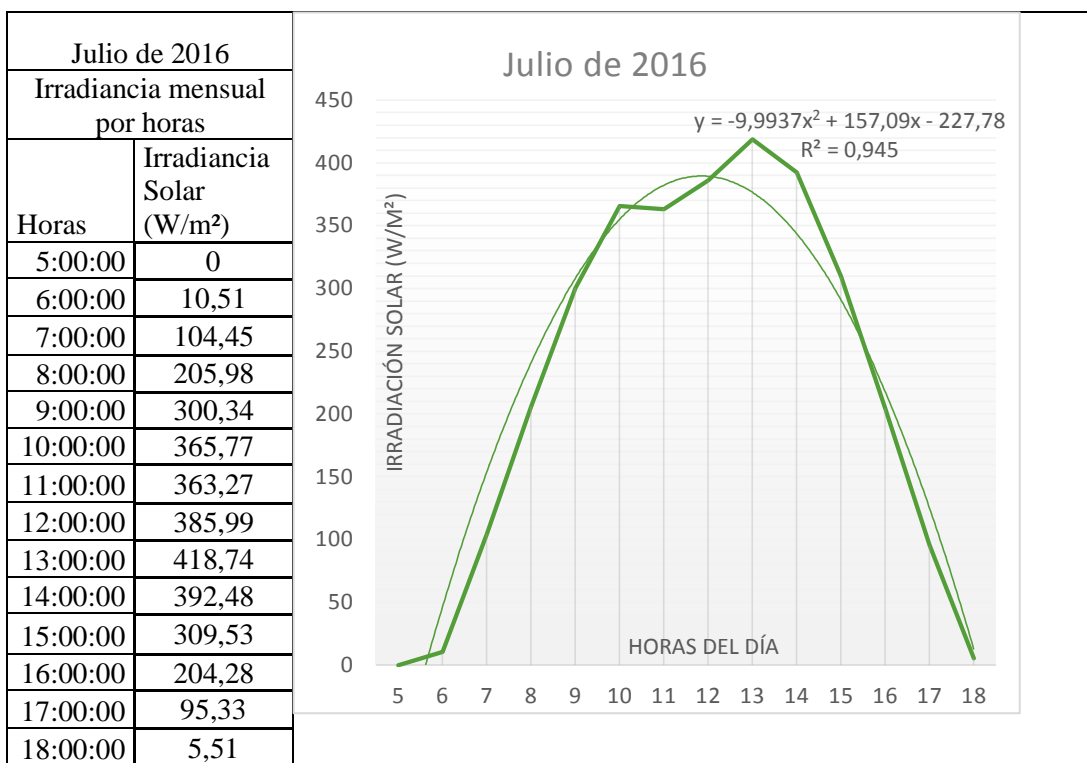


Fuente: Datos tomados por la torre de medición meteorológica de la Universidad Técnica de Ambato

De los datos obtenidos de radiación solar horaria mensual se puede observar que empieza a la 6:00 am con un valor de 15,52 W/m², se va incrementando con el paso de las horas hasta llegar a un valor máximo de 404,15 W/m² a las 12:00 del mediodía, comienza a descender con una irradiancia de 1,85 W/m² a las 18:00 pm de la tarde.

Julio de 2016

Tabla 24. Irradiancia solar, julio de 2016

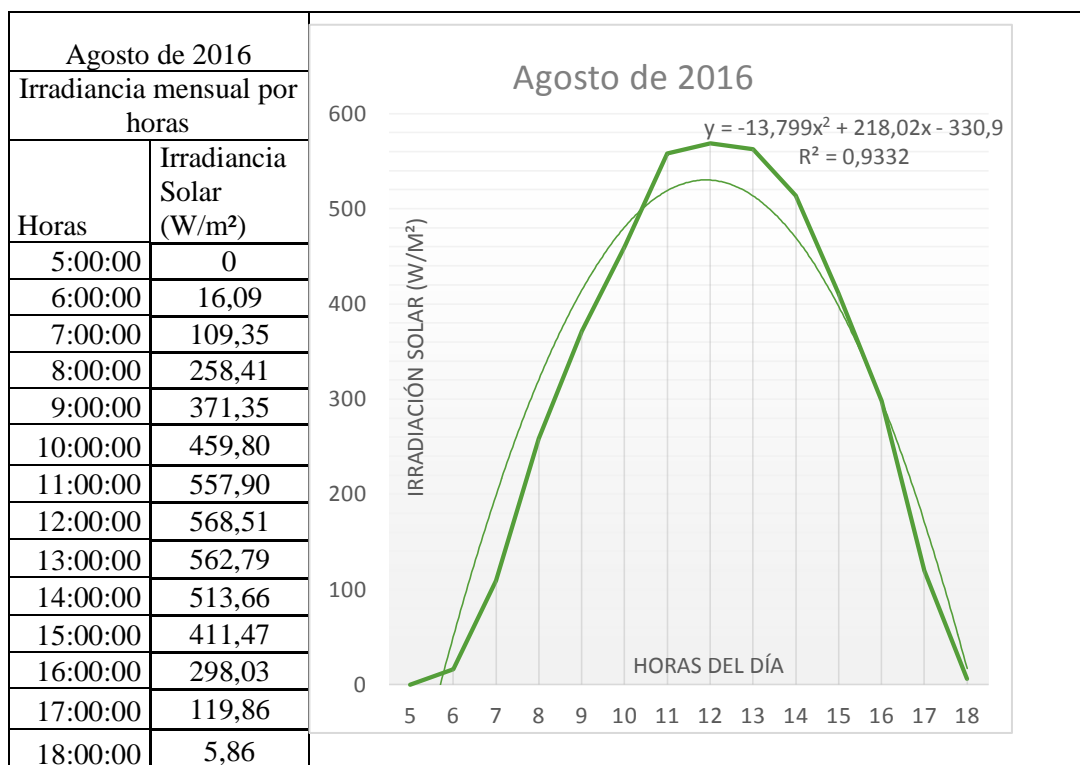


Fuente: Datos tomados por la torre de medición meteorológica de la Universidad Técnica de Ambato

De los datos obtenidos de radiación solar horaria mensual se puede observar que empieza a la 6:00 am con un valor de 10,51 W/m², se va incrementando con el paso de las horas hasta llegar a un valor máximo de 418,74 W/m² a las 13:00 pm de la tarde, comienza a descender con una irradiancia de 5,51 W/m² a las 18:00 pm de la tarde.

Agosto de 2016

Tabla 25. Irradiancia solar, agosto de 2016

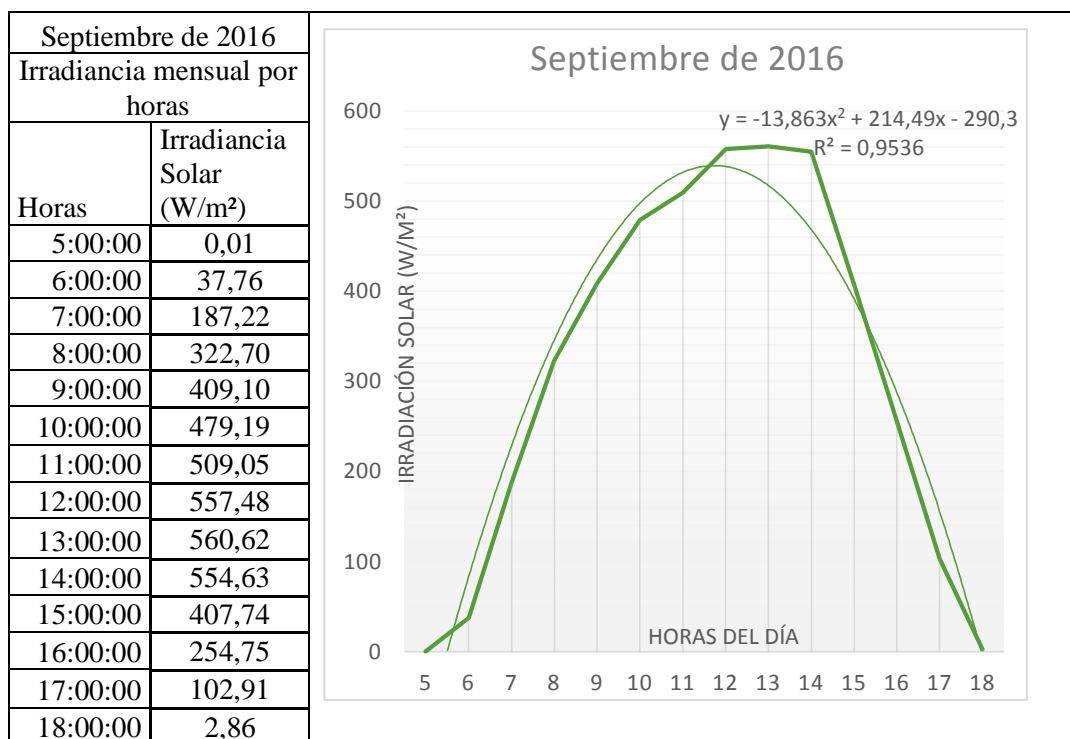


Fuente: Datos tomados por la torre de medición meteorológica de la Universidad Técnica de Ambato

De los datos obtenidos de radiación solar horaria mensual se puede observar que empieza a la 6:00 am con un valor de 16,09 W/m², se va incrementando con el paso de las horas hasta llegar a un valor máximo de 568,51 W/m² a las 12:00 del mediodía, comienza a descender con una irradiancia de 5,86 W/m² a las 18:00 pm de la tarde.

Septiembre de 2016

Tabla 26. Irradiancia solar, septiembre de 2016



Fuente: Datos tomados por la torre de medición meteorológica de la Universidad Técnica de Ambato

De los datos obtenidos de radiación solar horaria mensual se puede observar que empieza a la 5:00 am con un valor de 0,01 W/m², se va incrementando con el paso de las horas hasta llegar a un valor máximo de 560,62 W/m² a las 13:00 pm de la tarde, comienza a descender con una irradiancia de 2,86 W/m² a las 18:00 pm de la tarde.

3.2.2 Resultados

En la Tabla 27 se observa la irradiación solar mensual promedio de cada mes, resultados obtenidos aplicando el método de los trapecios para hallar el valor de radiación global promedio mensual comparándola con la integración de la ecuación característica de cada mes:

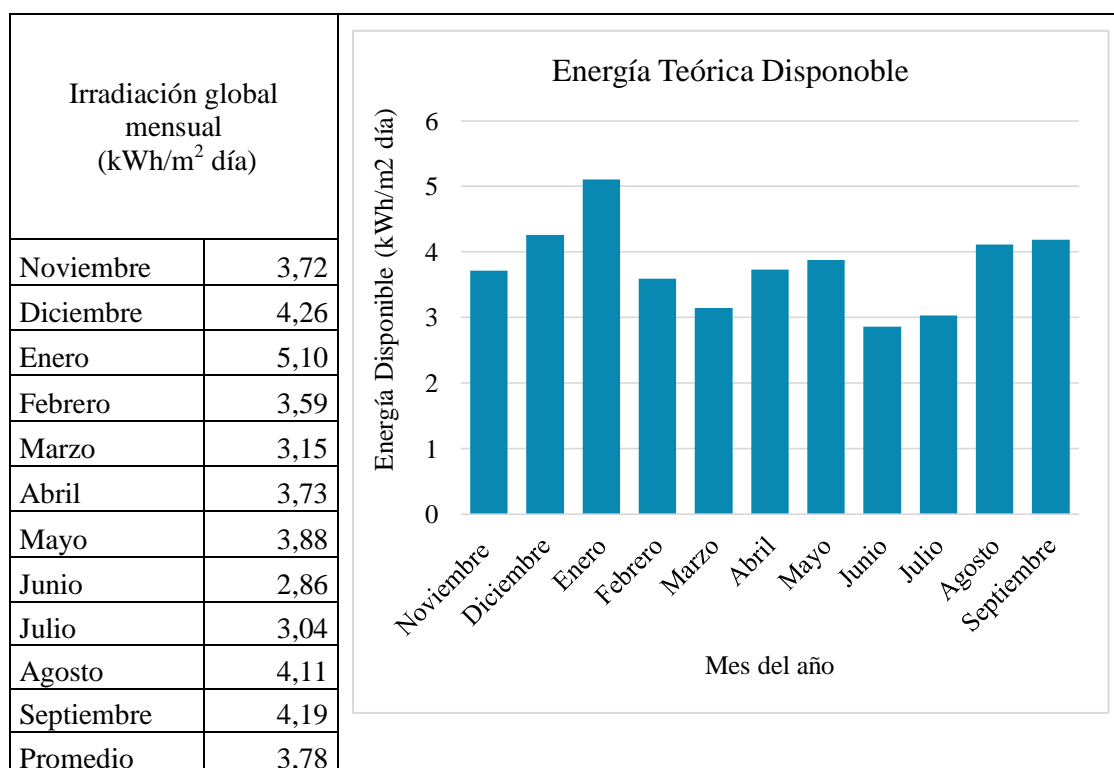
Tabla 27. Resultados de irradiación solar mensual promedio

Mes	Irradiancia (W/m ²)	Irradiación disponible Método trapecio KWh/m ² día	Irradiación disponible Método integración KWh/m ² día	Porcentaje De Error Entre Los Dos Métodos
Noviembre	554,81	3,69	3,73	0,92%
Diciembre	631,19	4,25	4,28	0,79%
Enero	745,29	5,07	5,14	1,29%
Febrero	523,84	3,59	3,59	0,12%
Marzo	466,20	3,14	3,16	0,45%
Abril	519,77	3,74	3,74	0,20%
Mayo	565,76	3,88	3,88	0,18%
Junio	404,15	2,86	2,86	0,07%
Julio	418,74	3,05	3,03	0,63%
Agosto	568,50	4,12	4,11	0,10%
Septiembre	560,62	4,20	4,18	0,49%

Fuente: [27]

En la Tabla 28 se muestra el promedio de los datos de la radiación global de cada mes que es igual a 3,7854 Kwh/m² día, dato real del sector de río blanco, a diferencia del atlas solar donde la radiación nos indica un valor general en la provincia de Tungurahua de 4 a 5,5 Kwh/m² día, con estos datos nos facilitara la simulación de los sistemas de calentamiento de agua y así hacer una comparación entre los datos obtenidos mediante el software y los datos reales tomados en el sitio con los sistemas instalados .

Tabla 28. Irradiación global mensual



Fuente: [27]

Interpretación:

En la Tabla 28 se observa que el mes de enero tiene mayor radiación solar 5,10 Kwh/m² día, el mes de junio el más bajo con 2,86 Kwh/m² día.

Para el cálculo se tomará el mes más crítico como lo es junio con una radiación de 2,86 Kwh/m² día, resultados que se los presentara más adelante.

3.2.3. Irradiación solar sobre superficies inclinadas:

Los colectores solares se colocan inclinados, con un ángulo de 10° del colector solar es por ello necesario conocer la radiación global sobre una superficie inclinada, como se observa en la Tabla 29:

Tabla 29. Radiación global sobre una superficie inclinada

Mes	δ°	ω_s°	$(H_o)_n$ (KWh/m ²)	R	\bar{H}_G (KWh/m ²)	\bar{H}_T (KWh/m ²)
Noviembre	-18,91	89,54	9,98	1,04	3,72	3,86
Diciembre	-23,05	89,42	9,75	1,06	4,26	4,52
Enero	-20,92	89,48	9,92	1,06	5,10	5,41
Febrero	-12,95	89,69	10,32	1,02	3,59	3,67
Marzo	-2,42	89,94	10,51	0,99	3,15	3,14
Abril	9,41	90,22	10,28	0,97	3,73	3,62
Mayo	18,79	90,46	9,78	0,95	3,88	3,67
Junio	23,09	90,58	9,45	0,95	2,86	2,71
Julio	21,18	90,53	9,56	0,95	3,04	2,88
Agosto	13,45	90,32	9,99	0,96	4,11	3,94
Septiembre	2,22	90,05	10,35	0,99	4,19	4,13

Fuente: [27]

Donde:

δ° : Declinación

ω_s° : Ángulo horario

$(H_o)_n$: Radiación extraterrestre sobre una superficie horizontal

\bar{H}_G : Radiación global sobre una superficie horizontal

\bar{H}_T : Radiación global sobre una superficie inclinada

Como se puede observar en la tabla en el mes de junio es el menos favorable con una radiación global en superficies inclinadas de 2,71 KWh/m², dato que nos servirá para hallar el área de captación solar del sistema de ACS.

3.3 CÁLCULOS:

Determinado el consumo de agua caliente sanitaria que ocupan los habitantes de la vivienda, y los datos de radiación solar del sector se debe calcular la energía que hay que aportar para alcanzar la temperatura deseada, así como el área de captación del panel a instalar. Debemos conocer el salto térmico, que es la diferencia entre la temperatura de salida en nuestro caso 40°C y la temperatura que circula por la red de suministro (4°C-7°C), esta temperatura varía de acuerdo con el sitio en que se hará la instalación y la época del año.

Las temperaturas deseadas para un baño agradable bordean los 30 a 32°C, considerando días nublados con bajas temperaturas, con aislamiento térmico y los tubos al vacío se pierden 2°C cada 12 horas aproximadamente, razón por la cual se ha considerado 40°C para el dimensionamiento de la instalación.

Conocidos estos datos, el volumen de agua a calentar y el salto térmico, el valor de la energía media diaria se determinará con la siguiente fórmula:

$$Q = V * \delta * C_p * \Delta t \quad \text{Ec. (2-1)}$$

Donde:

Q: cantidad de calor necesaria, en kJ

V: volumen diario consumido, en m^3

δ : densidad del líquido.

- Si es agua = $1000 \text{ kg}/m^3$

C_p : calor específico del fluido, para el agua $4,2 \text{ kJ}/\text{kg } ^\circ\text{C}$

Δt : incremento de temperatura en $^\circ\text{C}$

Entonces tenemos que:

$$Q = V * \delta * C_p * \Delta t$$

$$Q = (0,125 \text{ m}^3) * (1000 \text{ kg}/m^3) * (4,18 \text{ kJ}/\text{kg } ^\circ\text{C}) * (35^\circ\text{C})$$

$$Q = 18375 \text{ kJ} = 5,10 \text{ KW-h}$$

Sabiendo que $1 \text{ kJ} = 2,78 \cdot 10^{-4}$

De acuerdo con las necesidades energéticas de la vivienda se realizarán los cálculos, para todos los meses de ocupación, se empeará una tabla en la que para cada mes se indican:

- El porcentaje de ocupación del sistema.
- El consumo mensual de ACS.
- La temperatura media del agua.
- El salto térmico.
- El aporte energético necesario.

Conocido la demanda de ACS al día se calculará el consumo mensual de ACS de la siguiente manera:

$$\text{ACS al día} = 125 \text{ l/día}$$

$$\text{Consumo mensual de ACS} = 125 \text{ l/día} * 30 \text{ días} = 3750 \text{ l}$$

Sabiendo que $1 \text{ l} = 1000 \text{ cm}^3$

$$\text{Entonces } 3750 \text{ litros} = 3,75 \text{ m}^3$$

La temperatura media del agua bordea entre los 4°C y 7°C , se ha considerado 5°C de acuerdo con los datos tomados de la entrada de agua de la red de suministro.

En la Tabla 30 se puede observar las necesidades energéticas mensuales en la vivienda de la familia Punina, para alcanzar una temperatura de 40°C , la temperatura del agua de suministro se lo ha tomado de acuerdo con los datos de temperatura tomados por la torre meteorológica:

Tabla 30. Necesidades energéticas mensuales

Mes	Ocupación (%)	Consumo mensual (m^3)	Temperatura de la red ($^\circ\text{C}$)	Salto térmico ($^\circ\text{C}$)	Necesidad energética (kJ)
Enero	100%	3,75	4	36	567000

Febrero	100%	3,75	6	34	535500
Marzo	100%	3,75	5	35	551250
Abril	100%	3,75	5	35	551250
Mayo	100%	3,75	6	34	535500
Junio	100%	3,75	6	34	535500
Julio	100%	3,75	7	33	519750
Agosto	100%	3,75	6	34	535500
Septiembre	100%	3,75	5	35	551250
Octubre	100%	3,75	5	35	551250
Noviembre	100%	3,75	4	36	567000
Diciembre	100%	3,75	6	34	535500
Promedio	100%	3,75	5,42	34,5	543375

Fuente: Autor

Aplicando la ecuación (2-1) encontramos la necesidad energética mensual

Necesidad energética mensual promedio (kJ) = 543375 = 151,05KW-h

Los datos necesarios para calcular el área de captación del panel solar a instalar y el volumen de agua caliente son los siguientes:

Irradiación media durante el mes de junio 2,71 kWh/m²

Temperatura del agua de suministro 5°C

Temperatura del ACS 40°C

Demanda de ACS al día 125 l

Fracción solar (Fs) 1

Eficiencia del sistema 80%

La fracción solar Fs está dado por el cociente entre la energía acumulada y la consumida:

$$F_s = \frac{Q}{Q_1} * 100 \quad \text{Ec. (2-2)}$$

Donde:

F_s: Fracción solar

Q: Cantidad de energía acumulada en el sistema

Q₁: Energía que se consume en el sistema

$$F_s = \frac{5,10 \text{KW-h}}{5,10 \text{KW-h}} * 100$$

$$F_s = 100\%$$

Para efectos de cálculo, se asumirá que la ocupación del ACS es del 100%, es decir, la energía acumulada será igual a la energía demandada, entonces F_s=1, el resultado de este cálculo es porcentual, es un dato orientativo y sirve para conocer que el sistema cumplirá con el aporte solar requerido.

De acuerdo con el catálogo asignado por el fabricante de calentadores solares de tubos al vacío SOLARQRO (Anexo 7) la eficiencia es > 80%; la eficiencia alcanzada en la investigación de Salcedo Cobo, V.M. (2011), fue del 81,8%, por lo que para efectos de cálculo la eficiencia establecida será del 80%

Conocido la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de 5°C a 40°C de 125lt de agua.

$$Q = 5,10 \text{ kW-h}$$

El área de captación solar (S) será:

$$S = \frac{F_s * Q}{\mu * Q_{\text{útil}}} \quad \text{Ecuación (2-3)}$$

Donde:

S: Área de captación solar en m²

F_s: Fracción solar

Q: Cantidad de energía, en kW-h

μ : Rendimiento del sistema

Q útil: Irradiación media, en kWh/m²

$$S = \frac{1 * 5,10 \text{ kWh-h}}{0,8 * 2,71 \text{ kWh/m}^2}$$

$$S = 2,35 \text{ m}^2$$

Una vez determinado el área de captación solar si el sistema es de tubos al vacío debemos conocer la cantidad de tubos necesarios para que alcancen la energía que se necesita, de la siguiente manera:

D1: Diámetro exterior del tubo 0,058m

D2: Diámetro interior del tubo 0,044m

L: Longitud del tubo 1,75m [16]

Los diámetros y la longitud de los tubos fueron tomados de investigación de Salcedo Cobo, V.M. (2011)

$$N_{tubos} = \frac{S}{\pi * D2 * L} \quad \text{Ecuación (2-4)}$$

$$N_{tubos} = \frac{2,35 \text{ m}^2}{\pi * 0,044 * 1,75}$$

$$N_{tubos} = 9,71 = 10$$

3.4. AISLANTES TÉRMICOS

El aislante térmico debe ser baja conductividad térmica como lana de vidrio, corcho, espuma de poliuretano para así reducir las pérdidas térmicas en el termotanque a través de las laterales y la carcasa, en depósitos pequeños debe ser de 30 a 40mm de espesor en los de tamaño más grande entre 60 y 70 mm, el coeficiente de conductividad térmica a 20°C debe ser 0,04W/m°C

El espesor de aislamiento para tuberías en función del diámetro y trabajo viene dado en la Tabla 31:

Tabla 31. Tabla de espesores de aislantes térmicos

Diámetro (mm)	TEMPERATURA DEL AGUA (°C)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
$D < 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

Fuente: [12]

3.4.1. Selección del aislamiento

El aislamiento térmico deberá tener las siguientes características:

- Baja conductividad térmica.
- Resistencia al deterioro mecánico.
- Resistencia a la absorción de humedad.
- Baja inflamabilidad.
- No emisión de gases tóxicos a temperaturas de servicio.
- No toxicidad.
- Resistencia a las máximas temperaturas de servicio.

Ecuapoliuretanos ofrece una variedad de espesores de poliuretanos con densidad 38kg/m^3 con una conductividad térmica de $0,037\text{ W/m}^\circ\text{C}$, diferentes medidas incluso medidas y espesores especiales bajo pedido.

3.5 VÁLVULAS

Las válvulas tienen la función de aislar cualquier elemento de la instalación, para el momento de una reparación o sustitución por otro elemento nuevo no sea necesario cerrar todo el circuito, la elección de las válvulas se hará de acuerdo a la función que van a desempeñar así:

- Válvulas de esfera: para aislamiento, para vaciado y para llenado, para purga de aire
- Válvulas de resorte y alivio: para seguridad

Los purgadores se emplean para evacuar el aire existente en la red de tuberías, debe situarse en la parte más alta de la instalación, en la salida de agua caliente del colector solar.

Las válvulas de llenado y vaciado deben ubicarse en la parte más baja de la instalación, el llenado desde la parte inferior del termotanque evita la formación de bolsas de aire retenidas durante este proceso.

Las válvulas de aislamiento o corte se emplean a la entrada o salida de los subsistemas, para así aislarlos durante el mantenimiento.

Las válvulas antirretorno dejan circular el fluido en un único sentido, utilizadas para evitar la circulación desde el termotanque hasta los colectores en una circulación inversa.

Válvulas de seguridad se instalan para liberar la presión acumulada dejando salir el agua, en caso de que supere la presión unos 50 psi para evitar que revienten en caso de que el agua pase la temperatura de ebullición y se produzca vapor.

La elección de la presión de calibrado de la válvula se realizará de forma en que la máxima presión de ejercicio del circuito quede siempre por debajo de la presión máxima de trabajo.

3.6. SISTEMA AUXILIAR:

De acuerdo con la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 2507 se recurrirá a un sistema de apoyo siempre que haga falta complementar el suministro al sistema solar, dando prioridad siempre al sol, debido a que no se alcanza la temperatura necesaria por días seguidos de lluvia o días nublados

En la Tabla 32 se puede observar que para 140 lt de agua caliente sanitaria es necesario instalar una resistencia eléctrica de 1500W:

Tabla 32. Dimensionamiento del sistema auxiliar

Capacidad (lt)	Potencia de la resistencia eléctrica (W)	Voltaje (V)
140	1500	110
240	1500	110
320	1500	110
450	3000	220
600	3000	220
720	3000	220

Fuente: [22]

3.7. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

De los sistemas para el calentamiento de agua caliente sanitaria (ACS) definidos en el anterior capítulo, se deberá seleccionar el sistema que mejor se adapte a las condiciones climáticas del sector y que permita aprovechar de mejor manera la radiación solar. La necesidad de agua caliente sanitaria y días de autonomía son parámetros que se debe tomar en cuenta en la selección de alternativas, para ello se utilizará el método ordinal corregido de criterios ponderados.

3.7.1. Método ordinal corregido de criterios ponderados

Muchas de las veces, para decidir entre diversas soluciones solamente se debe conocer el orden de preferencia de su evaluación global, por ello se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados que, mismo permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

Se basa en la Tabla 33 donde cada criterio o solución, se compara con los demás criterios o soluciones y se asignan los valores siguientes:

Tabla 33. Valores asignados a los criterios de selección por el método ordinal corregido de criterios ponderados

Valor	Criterio
1	Si el criterio de filas es superior o mejor (>) que el de las columnas

0.5	Si el criterio de filas es similar o igual (=) al de las columnas
0	Si el criterio de filas es inferior o peor (<) que el de las columnas

Fuente: [26]

Después, para cada solución, se suman los valores designados en relación a los restantes criterios o soluciones al que se le añade una unidad para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula, luego en otra columna se calcula los valores ponderados para cada criterio.

Finalmente, cada solución es el resultado de la suma de los productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico de cada criterio.

3.7.2 Alternativas

Una vez que se ha determinado el método de selección, se plantean las alternativas para la implementación de un sistema de calentamiento de agua sanitaria

Alternativa 1.- Colectores de baja temperatura

Alternativa 2.- Colectores de media temperatura

Alternativa 3.- Colectores de alta temperatura

De las tres alternativas propuestas queda descartado la alternativa colectores de alta temperatura porque no se usan de modo comercial, tan solo para investigación ya que las temperaturas de trabajo oscilan desde los 400°C hasta más de 1000°C

De las alternativas seleccionadas, la alternativa 1 se divide en colector solar plano, y panel de tubos al vacío, y la alternativa 2 solo el colector cilindro parabólico, por lo tanto, volvemos a tener tres alternativas que analizar para seleccionar la más adecuada.

3.7.3. Criterios de selección

Una vez establecidas las alternativas de solución se realiza un análisis comparativo entre los sistemas a escoger, para lo cual se debe tomar en cuenta varios criterios en base a los objetivos de diseño, factibilidad de obtención de componentes y su costo de adquisición. Los criterios más determinantes a tomar en cuenta en la selección del sistema de calentamiento de agua sanitaria son:

- Económico
- Autonomía del sistema
- Eficiencia
- Peso (Kg)
- Fácil instalación
- Mantenimiento

3.7.3.1 Económico

Es uno de los criterios más importantes para la selección de una alternativa, ya que involucra los costos de adquisición de: accesorios, equipos, materiales, manufactura, operación y mantenimiento.

Son las fuentes de energía renovable con las que cuenta un determinado lugar para el aprovechamiento y transformación en energía térmica.

3.7.3.2 Autonomía del sistema

La capacidad que tiene cada sistema para mantener el agua caliente en días continuos de lluvia o nublados.

3.7.3.3 Eficiencia

Indica la capacidad que tiene un sistema para producir agua caliente sanitaria, este parámetro dependerá de las condiciones climatológicas del lugar y del dimensionamiento del sistema.

3.7.3.4 Peso

La magnitud de carácter físico que permite indicar la cantidad de materia contenida en un cuerpo es un criterio bastante importante ya que al momento de la instalación

se lo debe hacer generalmente en sobre cubiertas, mientras menos peso contenga el sistema más fácil será su instalación.

3.7.3.5 Fácil instalación.

Se debe considerar las características del terreno, determinar la ubicación del sistema de agua caliente de uso sanitario, se deberá tomar en cuenta la presencia de árboles en el lugar, construcciones de gran altura o montañas lejanas que puedan proyectar sombras durante el día.

3.7.3.6 Mantenimiento

El mantenimiento de un sistema de calentamiento de agua es mínimo, debido a que no cuenta con movimiento de partes mecánicas, desgaste o lubricación de componentes, el mantenimiento de un sistema debe ser preventivo y correctivo, dependerá del clima y la zona de ubicación.

3.7.4 Ponderación

Evaluación del peso específico de cada criterio

Económico > Eficiencia >Autonomía del sistema > Masa> Fácil instalación >Mantenimiento

Tabla 34. Evaluación del peso específico de cada criterio

Criterio	Económico	Eficiencia	Autonomía del sistema	Peso	Fácil Instalación	Mantenimiento	$\sum+1$	promedio
Económico	1	0	0	0	0	0	6	0,285
Eficiencia	0	1	0	0	0	0	5	0,238
Autonomía del sistema	0	0	1	0	0	0	4	0,190
Masa	0	0	0	1	0	0	3	0,143
Fácil Instalación	0	0	0	0	1	0	2	0,095
Mantenimiento	0	0	0	0	0	1	1	0,048
						Suma	21	1

Fuente: Autor

Alternativa 1: Colector solar plano

Alternativa 2: Panel de tubos al vacío

Alternativa 3: Calentador cilindro-parabólico

Evaluación del peso específico del criterio Económico

Alternativa 3 > Alternativa 1 > Alternativa 2

Tabla 35. Evaluación del peso específico del criterio Económico

Económico	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	promedio
Alternativa 1	1	0	0	2	0,333
Alternativa 2	0	1	0	1	0,166
Alternativa 3	1	1	1	3	0,5
				6	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio Eficiencia

Alternativa 2 > Alternativa 3 = Alternativa 1

Tabla 36. Evaluación del peso específico Eficiencia

Eficiencia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	promedio
Alternativa 1	1	0	0	1	0,166
Alternativa 2	1	1	1	3	0,5
Alternativa 3	1	0	1	2	0,333

6	1
---	---

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio Autonomía del Sistema

Alternativa 2 > Alternativa 1 > Alternativa 3

Tabla 37. Evaluación del peso específico del Autonomía del Sistema criterio

Autonomía del Sistema	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	promedio
Alternativa 1		0	1	2	0,333
Alternativa 2	1		1	3	0,5
Alternativa 3	0	0		1	0,166
				6	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio Peso (Kg)

Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 2

Tabla 38. Evaluación del peso específico del criterio Peso(Kg)

Peso (Kg)	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	promedio
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		0	1	0,166
Alternativa 3	0	1		2	0,333
				6	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio Fácil Instalación

Alternativa 1=Alternativa 2=Alternativa 3

Tabla 39. Evaluación del peso específico del criterio Fácil Instalación

Fácil Instalación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	promedio
Alternativa 1		0,5	0,5	2	0,333
Alternativa 2	0.5		0.5	2	0,333
Alternativa 3	0.5	0.5		2	0,333
				6	1

Fuente: Autor

Evaluación del peso específico del criterio Mantenimiento

Alternativa 1 = Alternativa 2= Alternativa 3

Tabla 40. Evaluación del peso específico del criterio Mantenimiento

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	promedio
Alternativa 1		0,5	0.5	2	0,333
Alternativa 2	0.5		0.5	2	0,333
Alternativa 3	0.5	0.5		2	0,333
				6	1

Fuente: Autor

3.7.5 Conclusiones

Tabla 41. Conclusiones según los criterios de cada alternativa

Conclusiones	Económico	Eficiencia	Autonomía del Sistema	Masa (Kg)	Fácil Instalación	Mantenimiento	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,094	0,039	0,063	0,071	0,031	0,015	0,313	3
Alternativa 2	0,047	0,119	0,95	0,023	0,031	0,015	1,185	1
Alternativa 3	0,142	0,079	0,031	0,047	0,031	0,015	0,345	2

Fuente: Autor

En la tabla de conclusiones podemos observar que la alternativa con mayor prioridad es la segunda que es el calentador de tubos al vacío, seguidamente con el colector cilindro-parabólico, con estos sistemas se hará la instalación en el sitio de estudio para la toma de datos de las temperaturas de entrada y salida, estos sistemas se encuentran en los laboratorios de la FICM con los cuales una vez instalados se podrá observar cuál de ellos es el que mejor se adapte a las necesidades del sector en lo que en calentamiento de agua se refiere.

3.8 NORMATIVA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2507

Rendimiento Térmico De Colectores Solares

Esta norma establece los requisitos para el rendimiento térmico de colectores solares en sistemas de calentamiento de agua a temperatura menor a 100°C, aplica a colectores solares de placa plana y colectores solares de vacío. [12]

3.9.1 Requisitos

Se debe tener en cuenta el destino para el cual se diseñó, la edificación en donde se instalará el sistema, así como el número y actividades de sus ocupantes.

a) Consumo y temperatura de agua caliente. Para el volumen de agua caliente que el sistema debe suministrar diariamente para el consumo puede tomarse como regla que en promedio por persona se requieren aproximadamente 50 litros de agua a 50 °C, por día.

b) Carga diaria promedio. Para el volumen de agua caliente que los colectores deben aportar diariamente al sistema a la temperatura máxima prevista, por cada metro cuadrado de superficie del absorbedor, está entre 200 y 300 litros por cada metro cuadrado de superficie del absorbedor si se considera una familia promedio de 4 a 6 personas, respectivamente.

El sistema solar térmico, en general debe estar constituido por tres elementos principales, estos son:

a) Colector. Está constituido por una superficie absorbente expuesta a la radiación solar. La energía solar absorbida por la placa de vidrio es transferida al agua que circula en tubos colocados en contactos con la misma.

b) Depósito de almacenamiento. El almacenamiento de energía captada permite hacer frente al carácter discontinuo de la energía solar. Es hecho a través del almacenamiento de agua en un depósito apropiado y se manifiesta por la elevación de la temperatura del agua almacenada.

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

En la medida en que sea necesario se recurrirá a un apoyo energético convencional para asegurar la totalidad de las necesidades de agua caliente.

a) Sistema auxiliar de apoyo en serie. Este apoyo típicamente eléctrico, puede ser incorporado en el depósito solar o en un depósito distinto que se encuentra en serie con el depósito solar; en relación con el circuito de consumo el apoyo en serie incorporado en el depósito solar puede funcionar de forma programada, es decir, se utilizará momentos antes de determinados períodos de consumo o en horas en que haya baja radiación solar.

b) Sistema auxiliar de apoyo en paralelo. En el caso de sistemas domésticos con el apoyo en paralelo, el uso del apoyo debe ser decidido por el usuario siempre que este verifique que no existe agua caliente almacenada en el sistema solar. [12]

3.9 ENSAYOS DE CALENTAMIENTO DE AGUA EN EL SITIO:

Las pruebas se realizaron con el fin de obtener las temperaturas reales de salida de agua utilizando energía solar térmica, bajo las condiciones climáticas del sector, para así considerar cual será el sistema adecuado y factible que cumpla con la demanda de ACS en las viviendas de la zona de Río Blanco, se instalaron los sistemas de tubos al vacío, proyecto de investigación de Salcedo Cobo V. M. (2011) y un colector cilindro- parabólico, proyecto de investigación de Guanoluisa Tenorio S. R. (2015), los mismos que se encuentran en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil Y Mecánica.

En la Figura 37 se puede apreciar el traslado de los sistemas solares



Figura 37. Transporte de los sistemas de ACS (Tubos al vacío, Cilindro parabólico compuesto)

Fuente: Autor

Se han tomado los datos de temperatura en julio de 2017 para el estudio.

Una vez los sistemas en la zona de estudio se procedió a su instalación el 01 de julio de 2017, las pruebas se realizaron durante 12 días comprendidos entre el 04 y 30 de julio de 2017, tomando en cuenta los días nublados, parcialmente nublados, días de lluvia y con el cielo despejado, se obtuvo datos de la temperatura del agua de suministro, temperatura de salida de los sistemas, la energía almacenada.

Los colectores se instalaron orientados hacia el norte, como podemos observar en la figura 38, de tal forma que capte toda la radiación del sol de este a oeste durante el día, teniendo en cuenta que no se proyecten sombras sobre ellos lo que disminuiría su rendimiento

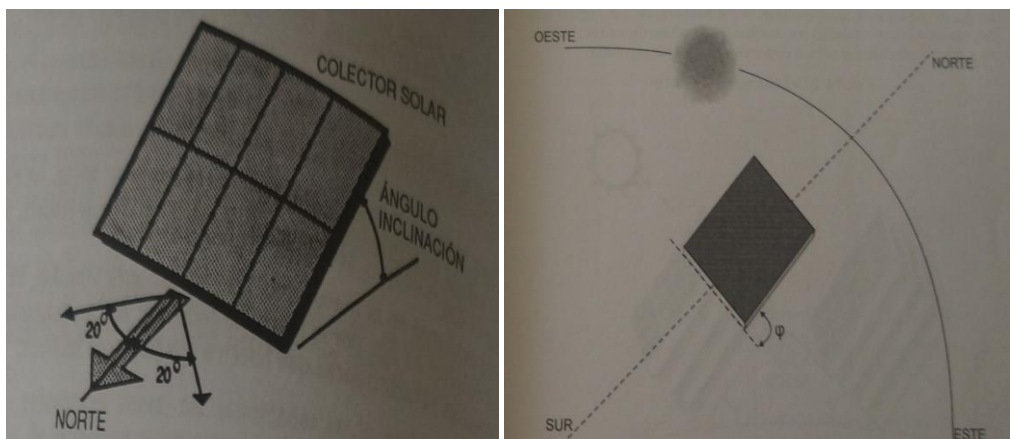


Figura 38. Orientación del colector solar

Fuente: [20]

En la Figura 41 se puede apreciar los dos sistemas instalados con la orientación adecuada y con sus respectivos accesorios para su funcionamiento:



Figura 39. Sistemas instalados en la zona de estudio

Fuente: Autor

3.9.1 Instrumentos de medición de temperatura:

Para la toma de datos de temperatura de la entrada de agua que proviene de la red se utilizó un termómetro digital de fluidos TDS-3, como el que se aprecia en la Figura 42:



Figura 40. Termómetro digital para fluidos TDS-3

Fuente: Autor

Para la toma de datos de temperatura del agua a la salida de los sistemas se utilizó un termómetro bimetálico marca Winters cuyo rango de medición está comprendido desde los 10 °C hasta los 150 °C, el mismo lo podemos observar en la Figura 43:



Figura 41. Termómetro Bimetálico

Fuente: Autor

3.9.2 Pasos para realizar las pruebas de calentamiento en la zona de estudio:

A continuación, se describe los pasos que se siguieron para la realizar el ensayo:

- Instalar los dos sistemas con las respectivas válvulas y tuberías
- Observar las condiciones climáticas para realizar los ensayos tanto en días nublados, parcialmente nublado, y soleado.
- Tomar datos de la temperatura de entrada
- Llenar los dos termotanques del sistema
- Descargar 40 litros cada hora y volverlos a llenar para tomar los datos de temperatura de salida de los dos sistemas

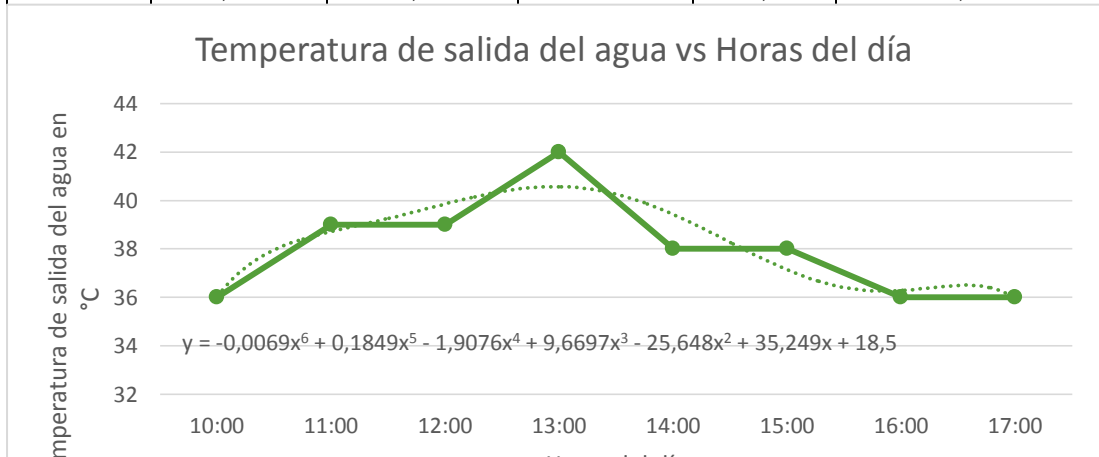
3.9.3 Tablas de temperaturas de salida y cantidad de energía

Variación de temperatura entre la entrada y salida del agua del colector solar de tubos al vacío

Día 1:

Tabla 42. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector de tubos al vacío en el día 1

Fecha: martes 04 de Julio de 2017		Hora: 10:00 am - 17:00pm			
Condición Atmosférica: Cielo nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	5	6	36	30	7,67
11:00	5	6	39	33	8,44
12:00	6,5	6	39	33	8,44
13:00	7	6	42	36	9,20
14:00	9	7	38	31	7,93
15:00	5	7	38	31	7,93
16:00	5	6	36	30	7,67
17:00	4,5	6	36	30	7,67
Promedio	5,875	6,25	38	31,75	8,12



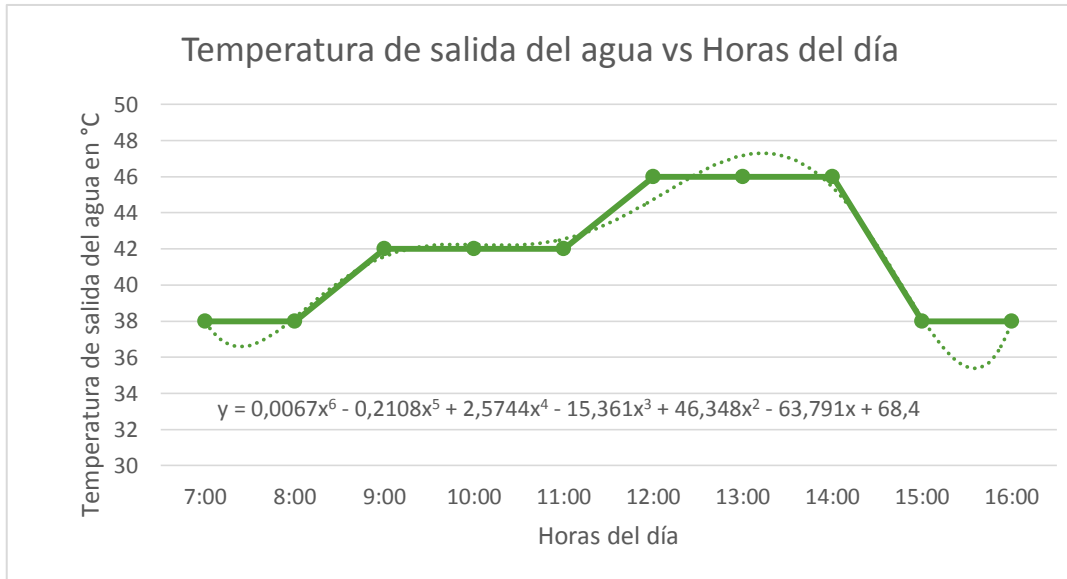
Fuente: Autor

Como se observa en la Tabla 42 la temperatura promedio de salida del agua en un día totalmente nublado alcanzo los 38°C, y una energía media diaria de 8,12 KW-h, con un promedio de salto térmico de 31,75°C

Día 2:

Tabla 43. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector de tubos al vacío en el día 2

Fecha: sábado 08 de Julio de 2017		Hora: 07:00 am - 16:00pm			
Condición Atmosférica: Cielo parcialmente nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
7:00	3	6	38	32	8,18
8:00	5	6	38	32	8,18
9:00	5	6	42	36	9,20
10:00	5	7	42	35	8,95
11:00	6	7	42	35	8,95
12:00	8	7	46	39	9,97
13:00	9	7	46	39	9,97
14:00	9	7	46	39	9,97
15:00	7	7	38	31	7,93
16:00	7	7	38	31	7,93
Promedio	6,4	6,7	41,6	34,9	8,92



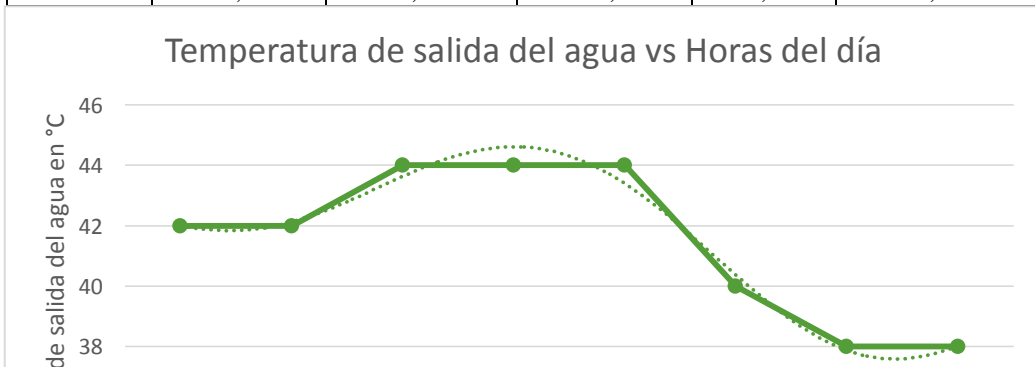
Fuente: Autor

En la Tabla 43 se observa que la temperatura promedio de salida es de 41,6°C, con un salto térmico de 34,9°C y una energía media de 8,92 KW-h

Día 3:

Tabla 44. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector de tubos al vacío en el día 3

Fecha: domingo 09 de Julio de 2017		Hora: 10:00 am - 17:00pm			
Condición Atmosférica: Cielo parcialmente nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	6	7	42	35	8,95
11:00	6,5	7	42	35	8,95
12:00	6,5	7	44	37	9,46
13:00	7	8	44	36	9,20
14:00	8	8	44	36	9,20
15:00	8	8	40	32	8,18
16:00	5	6	38	32	8,18
17:00	5	6	38	32	8,18
Promedio	6,5	7,13	41,5	34,38	8,79



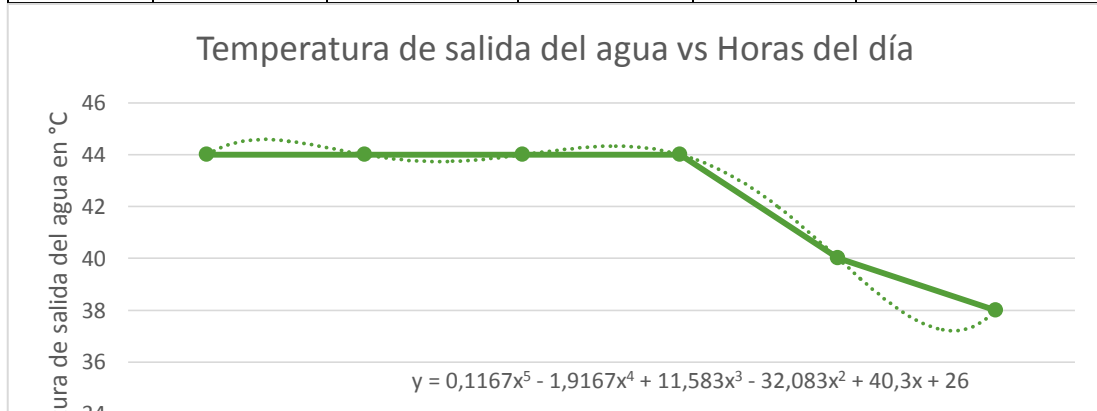
Fuente: Autor

En la Tabla 44 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 41,5°C, el salto térmico 34,38°C y una energía media de 8,79 KW-h.

Día 4:

Tabla 45. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector de tubos al vacío en el día 4

Fecha: martes 11 de Julio de 2017		Hora: 10:00 am - 17:00pm			
Condición Atmosférica: Cielo parcialmente nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	6	7	44	37	9,46
11:00	6	7	44	37	9,46
12:00	7	7	44	37	9,46
13:00	7	8	44	36	9,20
14:00	8	8	40	32	8,18
15:00	8	8	38	30	7,67
Promedio	7	7,50	42	34,83	8,91



Fuente: Autor

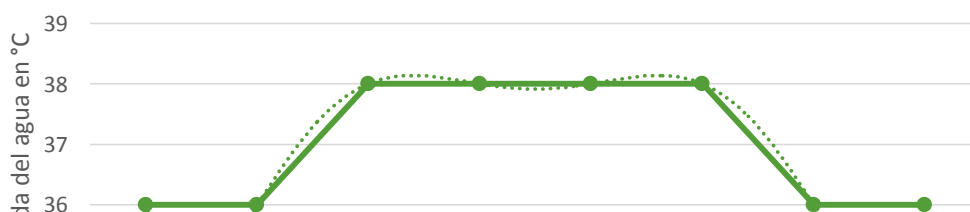
En la Tabla 45 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 42°C, el salto térmico 34,83°C y una energía media de 8,91KW-h.

Día 5:

Tabla 46. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector de tubos al vacío en el día 5

Fecha: viernes 14 de Julio de 2017		Hora: 10:00 am - 17:00pm			
Condición Atmosférica: Cielo nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	5	6	36	30	7,67
11:00	7	7	36	29	7,41
12:00	7	7	38	31	7,93
13:00	7	8	38	30	7,67
14:00	8	8	38	30	7,67
15:00	6	8	38	30	7,67
16:00	6	7	36	29	7,41
17:00	6	7	36	29	7,41
Promedio	6,5	7,25	37	29,75	7,61

Temperatura de salida del agua vs Horas del día



Fuente: Autor

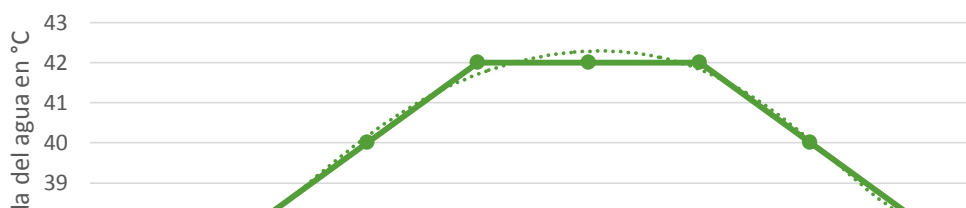
En la Tabla 46 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 37°C, el salto térmico 29,75°C y una energía media de 7,61KW-h.

Día 6:

Tabla 47. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector de tubos al vacío en el día 6

Fecha: domingo 16 de Julio de 2017		Hora: 10:00 am - 17:00pm			
Condición Atmosférica: Cielo nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	5	7	38	31	7,93
11:00	7	7	38	31	7,93
12:00	7	8	40	32	8,18
13:00	7	8	42	34	8,69
14:00	8	8	42	34	8,69
15:00	6	8	42	34	8,69
16:00	6	7	40	33	8,44
17:00	6	7	38	31	7,93
Promedio	6,5	7,50	40	32,50	8,31

Temperatura de salida del agua vs Horas del día



--	--	--

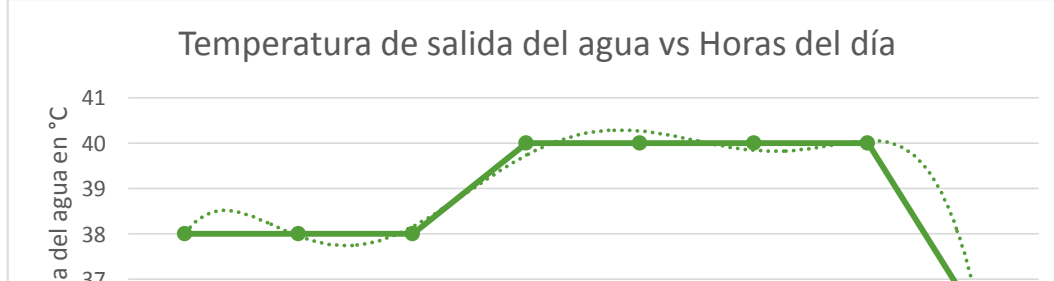
Fuente: Autor

En la Tabla 47 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 40°C, el salto térmico 32,50°C y una energía media de 8,31KW-h.

Día 7:

Tabla 48. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector de tubos al vacío en el día 7

Fecha: martes 18 de Julio de 2017			Hora: 10:00 am - 17:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	5,5	6	38	32	8,18
11:00	5,5	6	38	32	8,18
12:00	6	6	38	32	8,18
13:00	6	8	40	32	8,18
14:00	6	8	40	32	8,18
15:00	6	8	40	32	8,18
16:00	5	6	40	34	8,69
17:00	5	6	36	30	7,67
Promedio	5,625	6,75	38,75	32,00	8,18



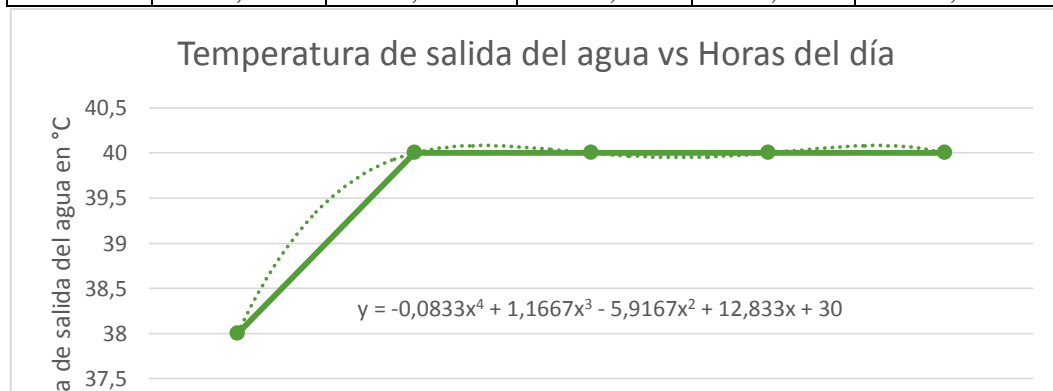
Fuente: Autor

En la Tabla 48 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 38,75°C, el salto térmico 32°C y una energía media de 8,18 KW-h.

Día 8:

Tabla 49. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector de tubos al vacío en el día 8

Fecha: sábado 22 de Julio de 2017		Hora: 10:00 am - 17:00pm			
Condición Atmosférica: Cielo nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
9:00	6	7	38	31	7,93
10:00	6	7	40	33	8,44
11:00	6	7	40	33	8,44
12:00	7	7	40	33	8,44
13:00	7	7	40	33	8,44
Promedio	6,4	7,00	39,6	32,60	8,34



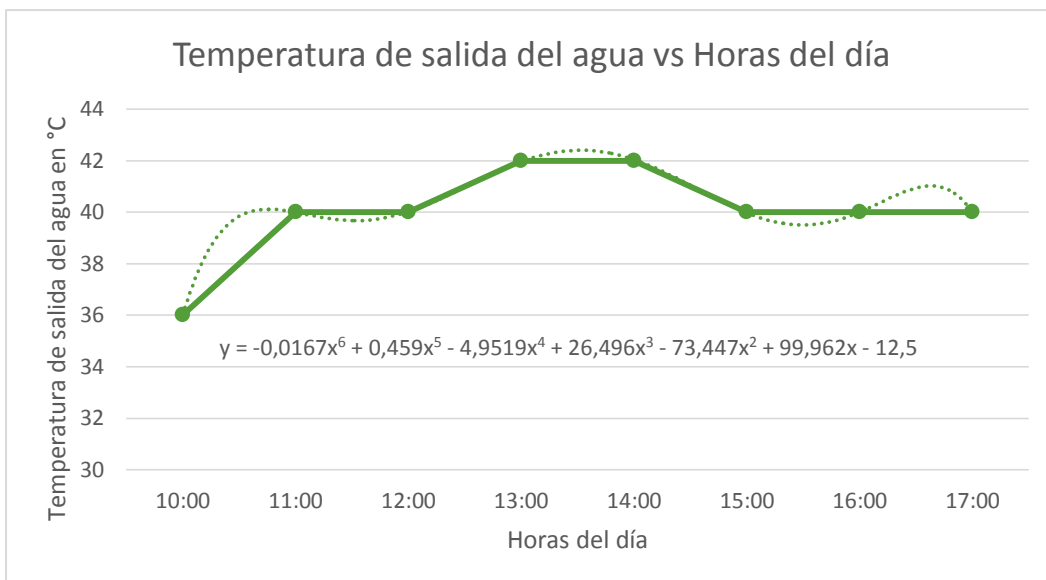
Fuente: Autor

En la Tabla 49 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 39,6°C, el salto térmico 32,60°C y una energía media de 8,34KW-h

Día 9:

Tabla 50. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector de tubos al vacío en el día 9

Fecha: domingo 23de Julio de 2017		Hora: 10:00 am - 17:00pm			
Condición Atmosférica: Cielo parcialmente nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	6	6	36	30	7,67
11:00	7	7	40	33	8,44
12:00	7	7	40	33	8,44
13:00	7	7	42	35	8,95
14:00	7,5	7	42	35	8,95
15:00	8	7	40	33	8,44
16:00	7	7	40	33	8,44
17:00	7	7	40	33	8,44
Promedio	7,06	6,88	40	33,13	8,47



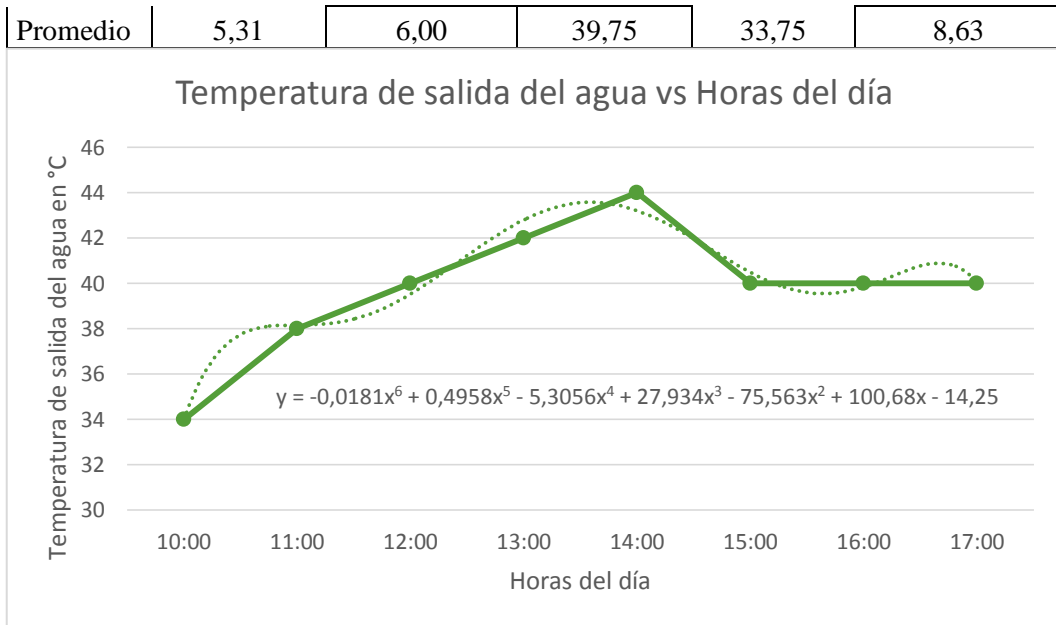
Fuente: Autor

En la Tabla 50 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 40°C, el salto térmico 33,13°C y una energía media de 8,47 KW-h.

Día 10:

Tabla 51. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector de tubos al vacío en el día 10

Fecha: martes 25 de Julio de 2017		Hora: 10:00 am - 17:00pm			
Condición Atmosférica: Cielo nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	5	6	34	28	7,16
11:00	5	6	38	32	8,18
12:00	5,5	6	40	34	8,69
13:00	6	6	42	36	9,20
14:00	6	6	44	38	9,72
15:00	5	6	40	34	8,69
16:00	5	6	40	34	8,69
17:00	5	6	40	34	8,69



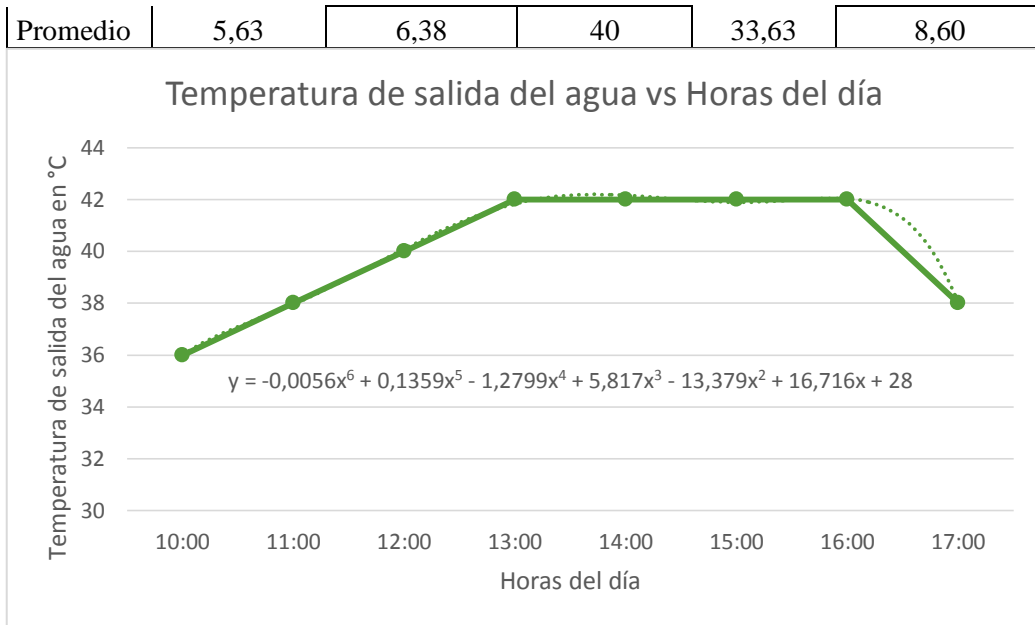
Fuente: Autor

En la Tabla 51 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 39,75°C, el salto térmico 33,75°C y una energía media de 8,63 KW-h

Día 11:

Tabla 52. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector de tubos al vacío en el día 11

Fecha: miércoles 26 de Julio de 2017			Hora: 10:00 am - 17:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	5	6	36	30	7,67
11:00	5	6	38	32	8,18
12:00	6	6	40	34	8,69
13:00	7	7	42	35	8,95
14:00	7	7	42	35	8,95
15:00	5	7	42	35	8,95
16:00	5	6	42	36	9,20
17:00	5	6	38	32	8,18



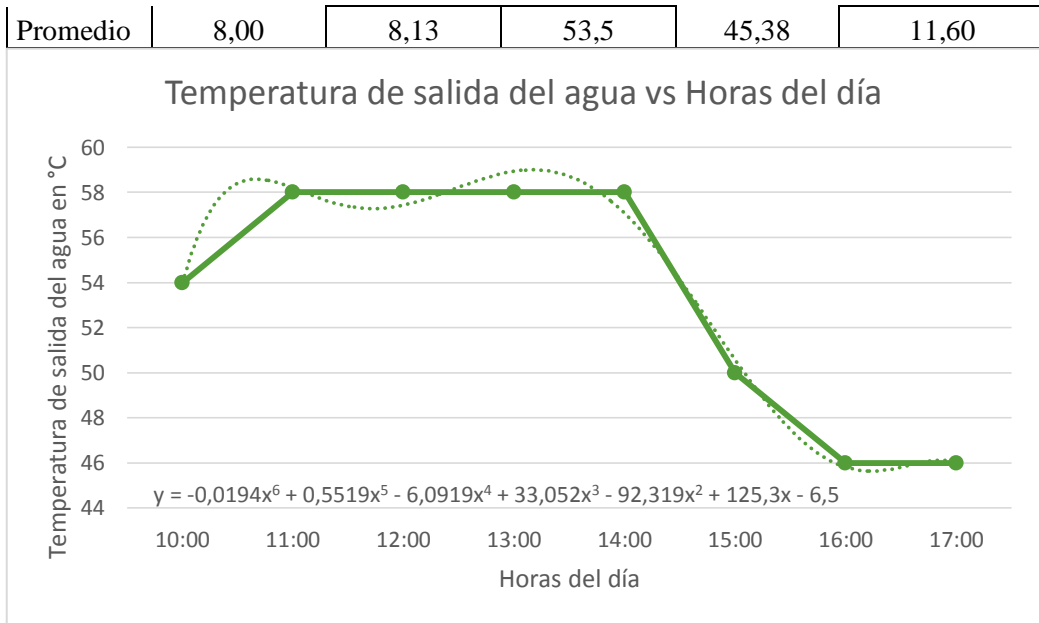
Fuente: Autor

En la Tabla 52 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 40°C, el salto térmico 33,63°C y una energía media de 8,60 KW-h.

Día 12:

Tabla 53. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector de tubos al vacío en el día 12

Fecha: domingo 30 de Julio de 2017			Hora: 10:00 am - 17:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo despejado- parcialmente nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	8	8	54	46	11,76
11:00	8	8	58	50	12,78
12:00	10	8	58	50	12,78
13:00	10	8	58	50	12,78
14:00	10	9	58	49	12,53
15:00	6	8	50	42	10,74
16:00	6	8	46	38	9,72
17:00	6	8	46	38	9,72



En la Tabla 53 se observa que la temperatura promedio de salida del agua en un día con presencia de sol es de 53,5°C, el salto térmico 45,38°C y una energía media de 11,60 KW-h

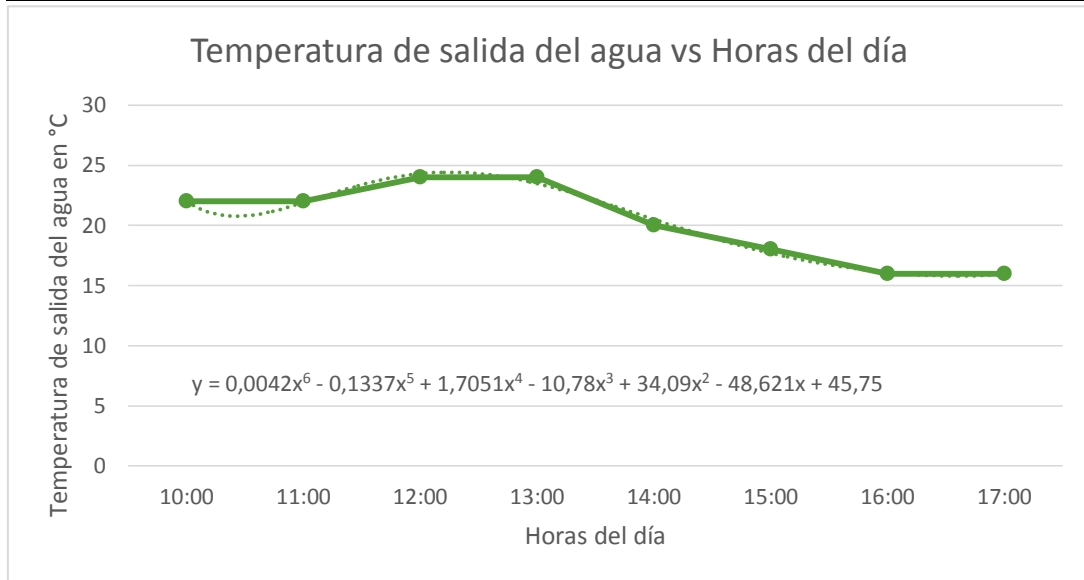
Variación de temperatura entre la entrada y salida del agua del colector solar cilindro parabólico compuesto

Día 1:

Tabla 54. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector cilindro parabólico compuesto en el día 1

Fecha: 04 de Julio de 2017			Hora: 10:00 am - 17:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	5	6	22	16	2,79

11:00	5	6	22	16	2,79
12:00	6,5	6	24	18	3,14
13:00	7	6	24	18	3,14
14:00	9	7	20	13	2,27
15:00	5	7	18	11	1,92
16:00	5	6	16	10	1,74
17:00	4,5	6	16	10	1,74
Promedio	5,875	6,25	20,25	14	2,44



Fuente: Autor

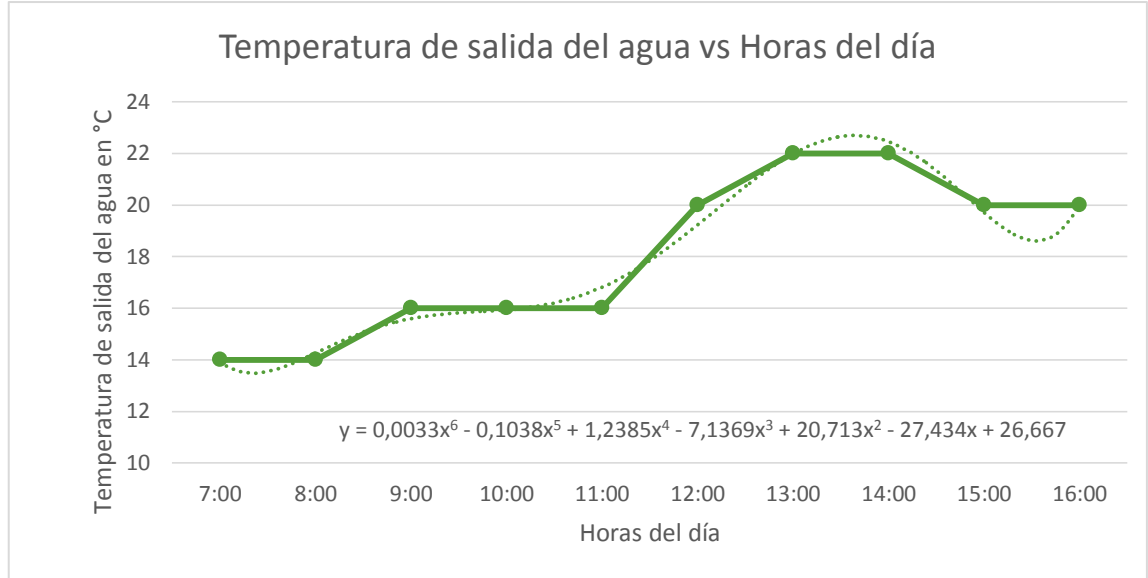
En la Tabla 54 se observa que la temperatura promedio de salida del agua en un día nublado es de 20,25°C, el salto térmico 14°C y una energía media de 3,58 KW-h.

Día 2:

Tabla 55. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector cilindro parabólico compuesto en el día 2

Fecha: sábado 08 de Julio de 2017			Hora: 07:00 am - 16:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo parcialmente nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
7:00	3	6	14	8	1,39
8:00	5	6	14	8	1,39
9:00	5	6	16	10	1,74
10:00	5	7	16	9	1,57
11:00	6	7	16	9	1,57
12:00	8	7	20	13	2,27
13:00	9	7	22	15	2,62

14:00	9	7	22	15	2,62
15:00	7	7	20	13	2,27
16:00	7	7	20	13	2,27
Promedio	6,4	6,7	18	11,3	1,97



Fuente: Autor

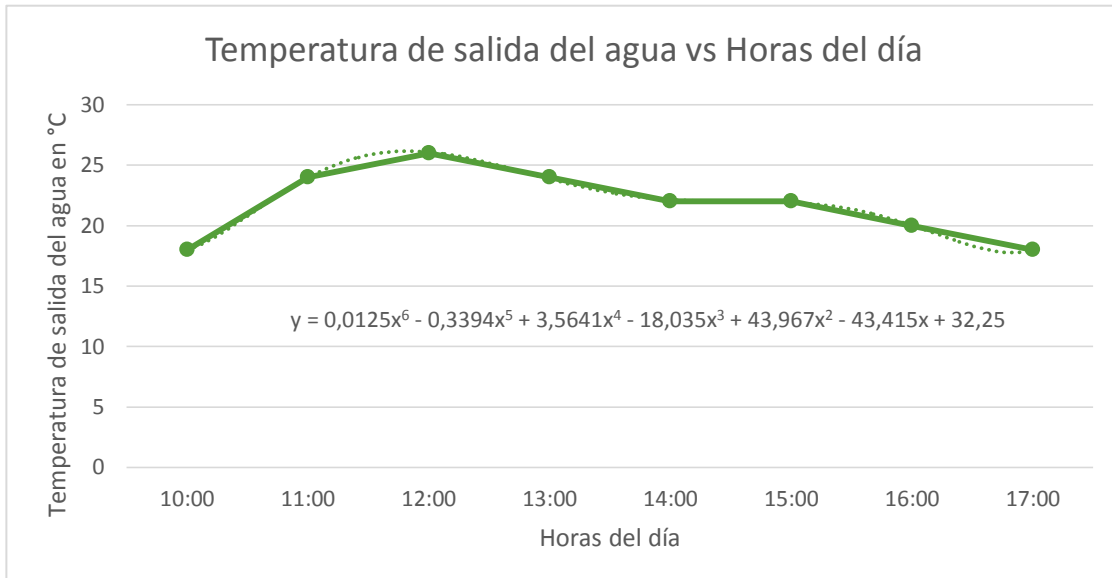
En la Tabla 55 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 18°C, el salto térmico 11,3°C y una energía media de 2,89 KW-h.

Día 3:

Tabla 56. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector cilindro parabólico compuesto en el día 3

Fecha: domingo 09 de Julio de 2017			Hora: 10:00 am - 17:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo parcialmente nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	6	7	18	11	1,92
11:00	6,5	7	24	17	2,96
12:00	6,5	7	26	19	3,31
13:00	7	8	24	16	2,79
14:00	8	8	22	14	2,44
15:00	8	8	22	14	2,44
16:00	5	6	20	14	2,44

17:00	5	6	18	12	2,09
Promedio	6,5	7,13	21,75	14,63	2,55



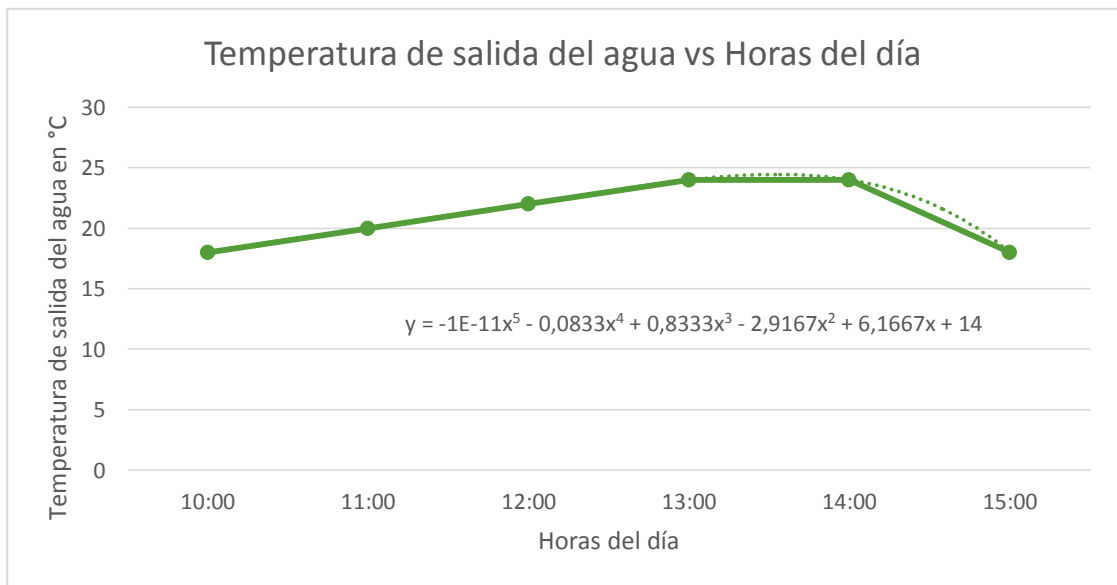
Fuente: Autor

En la Tabla 56 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 21,75°C, el salto térmico 14,63°C y una energía media de 3,74 KW-h.

Día 4:

Tabla 57. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector cilindro parabólico compuesto en el día 4

Fecha: martes 11 de Julio de 2017			Hora: 10:00 am - 17:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo parcialmente nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	6	7	18	11	1,92
11:00	6	7	20	13	2,27
12:00	7	7	22	15	2,62
13:00	7	8	24	16	2,79
14:00	8	8	24	16	2,79
15:00	8	8	18	10	1,74
Promedio	7	7,50	24	13,50	2,35



Fuente: Autor

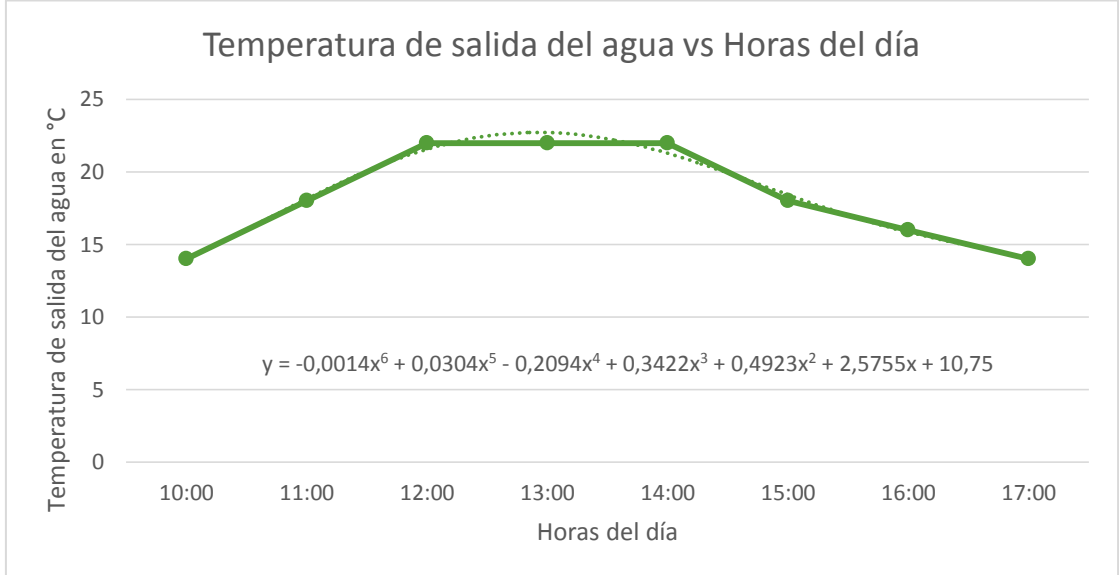
En la Tabla 57 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 24°C, el salto térmico 13,5°C y una energía media de 3,45 KW-h.

Día 5:

Tabla 58. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector cilindro parabólico compuesto en el día 5

Fecha: viernes 14 de Julio de 2017			Hora: 10:00 am - 17:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	5	6	14	8	1,39
11:00	7	7	18	11	1,92
12:00	7	7	22	15	2,62
13:00	7	8	22	14	2,44
14:00	8	8	22	14	2,44
15:00	6	8	18	10	1,74
16:00	6	7	16	9	1,57

17:00	6	7	14	7	1,22
Promedio	6,5	7,25	18,25	11,00	1,92



Fuente: Autor

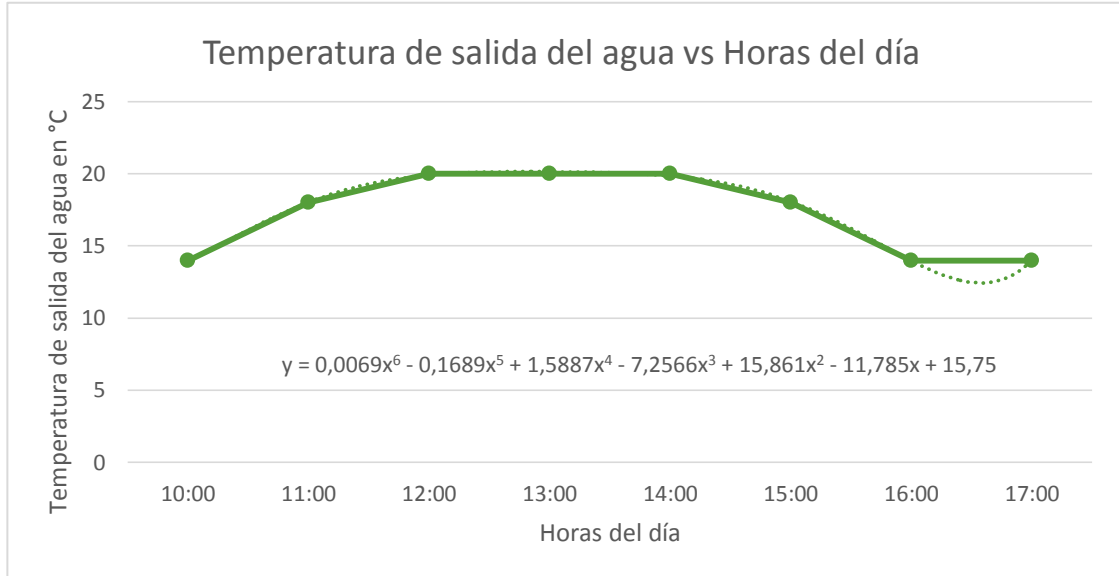
En la Tabla 58 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 18,25°C, el salto térmico 11°C y una energía media de 2,81 KW-h.

Día 6:

Tabla 59. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector cilindro parabólico compuesto en el día 6

Fecha: domingo 16 de Julio de 2017			Hora: 10:00 am - 17:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	5	7	14	7	1,22
11:00	7	7	18	11	1,92
12:00	7	8	20	12	2,09
13:00	7	8	20	12	2,09
14:00	8	8	20	12	2,09
15:00	6	8	18	10	1,74
16:00	6	7	14	7	1,22

17:00	6	7	14	7	1,22
Promedio	6,5	7,50	17,25	9,75	1,70



Fuente: Autor

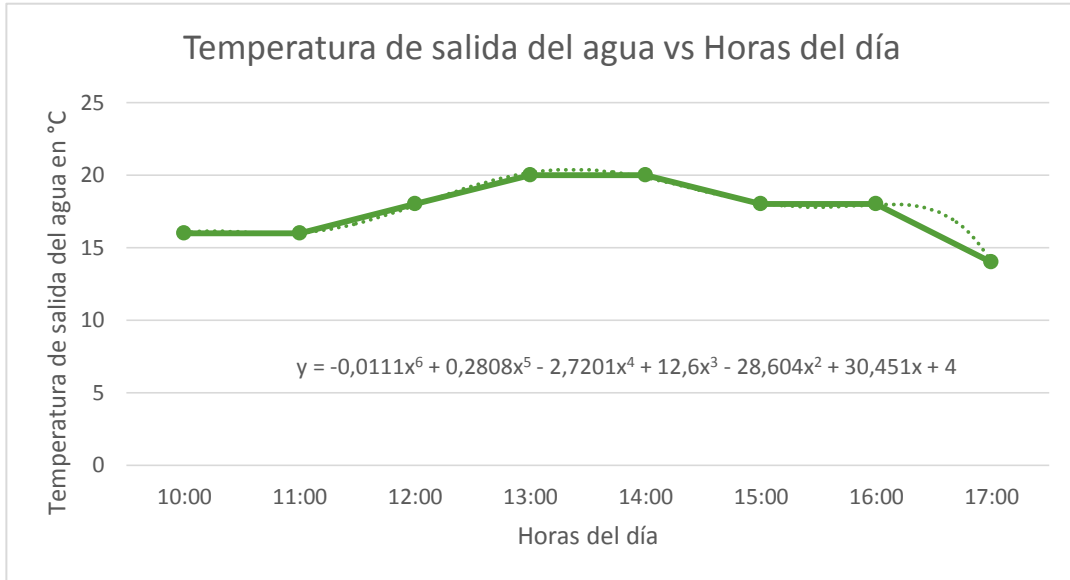
En la Tabla 59 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 17,25°C, el salto térmico 9,75°C y una energía media de 2,49 KW-h.

Día 7:

Tabla 60. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector cilindro parabólico compuesto en el día 7

Fecha: martes 18 de Julio de 2017			Hora: 10:00 am - 17:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	5,5	6	16	10	1,74
11:00	5,5	6	16	10	1,74
12:00	6	6	18	12	2,09
13:00	6	8	20	12	2,09
14:00	6	8	20	12	2,09
15:00	6	8	18	10	1,74
16:00	5	6	18	12	2,09

17:00	5	6	14	8	1,39
Promedio	5,625	6,75	17,5	10,75	1,87



Fuente: Autor

En la Tabla 60 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 17,5°C, el salto térmico 10,75°C y una energía media de 2,75 KW-h.

Día 8:

Tabla 61. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector cilindro parabólico compuesto en el día 8

Fecha: sábado 22 de Julio de 2017			Hora: 10:00 am - 17:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
9:00	6	7	12	5	0,87
10:00	6	7	12	5	0,87
11:00	6	7	16	9	1,57
12:00	7	7	18	11	1,92
13:00	7	7	18	11	1,92
Promedio	6,4	7,00	15,2	8,20	1,43



Fuente: Autor

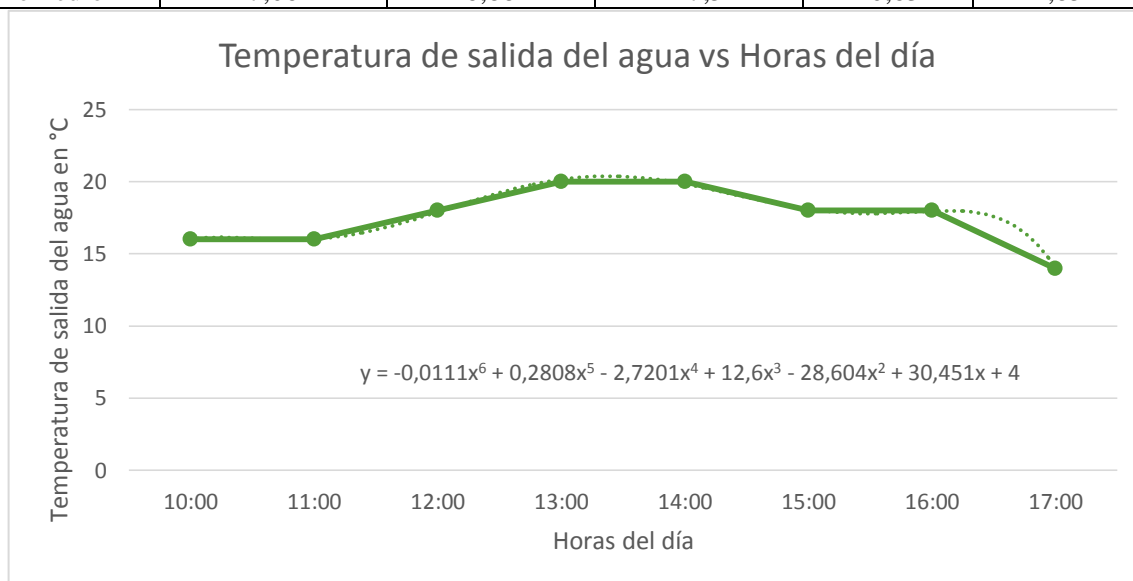
En la Tabla 61 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 15,2°C, el salto térmico 8,20°C y una energía media de 2,10 KW-h.

Día 9:

Tabla 62. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector cilindro parabólico compuesto en el día 9

Fecha: domingo 23de Julio de 2017			Hora: 10:00 am - 17:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo parcialmente nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	6	6	16	10	1,74
11:00	7	7	16	9	1,57
12:00	7	7	18	11	1,92
13:00	7	7	20	13	2,27
14:00	7,5	7	20	13	2,27
15:00	8	7	18	11	1,92

16:00	7	7	18	11	1,92
17:00	7	7	14	7	1,22
Promedio	7,06	6,88	17,5	10,63	1,85



Fuente: Autor

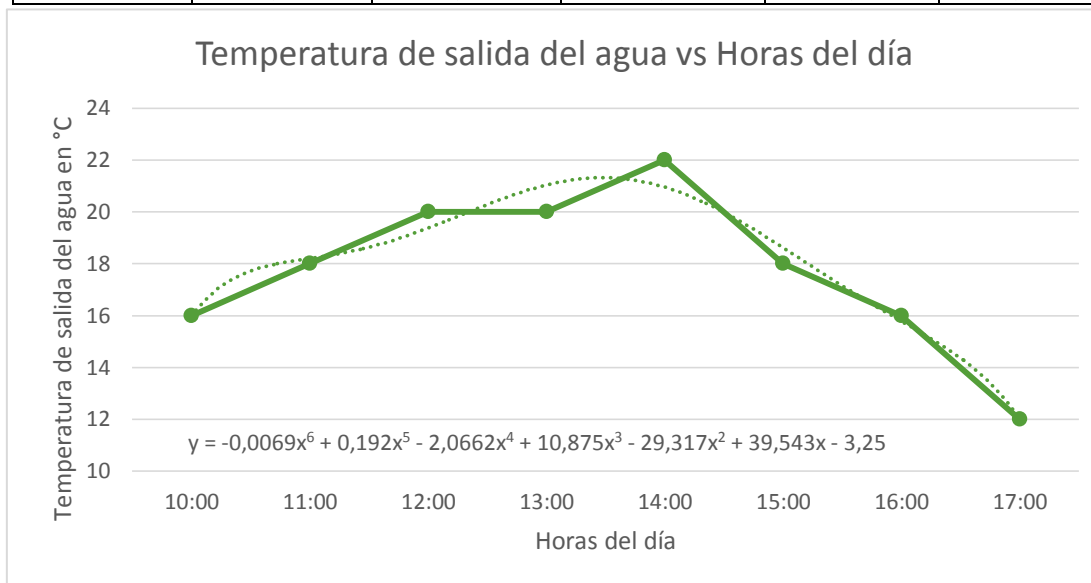
En la Tabla 62 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 17,5°C, el salto térmico 10,63°C y una energía media de 2,72 KW-h.

Día 10:

Tabla 63. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector cilindro parabólico compuesto en el día 10

Fecha: martes 25 de Julio de 2017			Hora: 10:00 am - 17:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	5	6	16	10	1,74
11:00	5	6	18	12	2,09
12:00	5,5	6	20	14	2,44
13:00	6	6	20	14	2,44
14:00	6	6	22	16	2,79

15:00	5	6	18	12	2,09
16:00	5	6	16	10	1,74
17:00	5	6	12	6	1,05
Promedio	5,31	6,00	17,75	11,75	2,05



Fuente: Autor

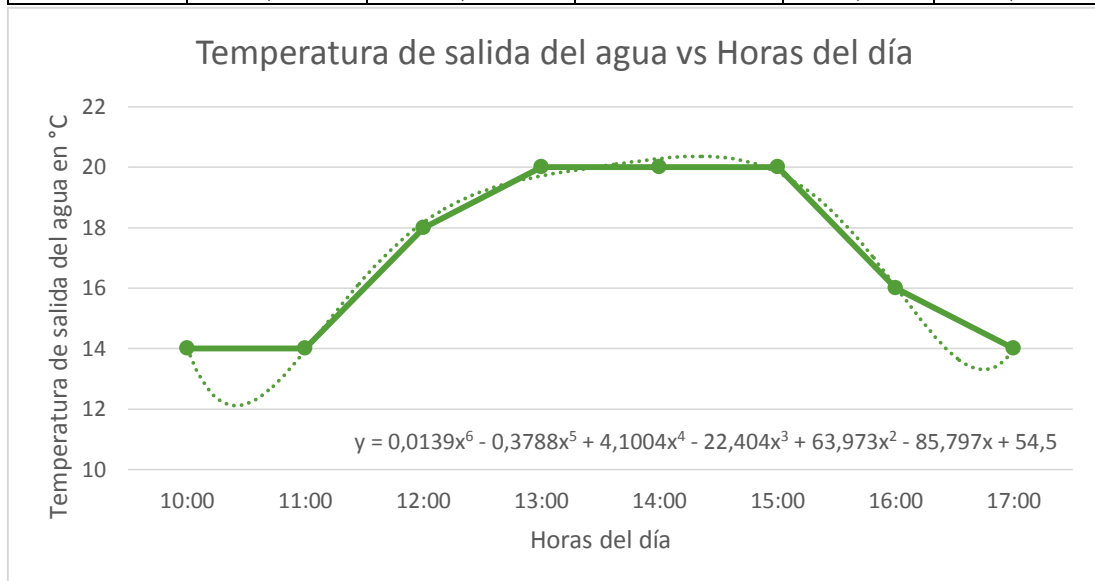
En la Tabla 63 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 17,75°C, el salto térmico 11,75°C y una energía media de 3 KW-h.

Día 11:

Tabla 64. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector cilindro parabólico compuesto en el día 11

Fecha: miércoles 26 de Julio de 2017			Hora: 10:00 am - 17:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	5	6	14	8	1,39
11:00	5	6	14	8	1,39
12:00	6	6	18	12	2,09
13:00	7	7	20	13	2,27

14:00	7	7	20	13	2,27
15:00	5	7	20	13	2,27
16:00	5	6	16	10	1,74
17:00	5	6	14	8	1,39
Promedio	5,63	6,38	17	10,63	1,85



Fuente: Autor

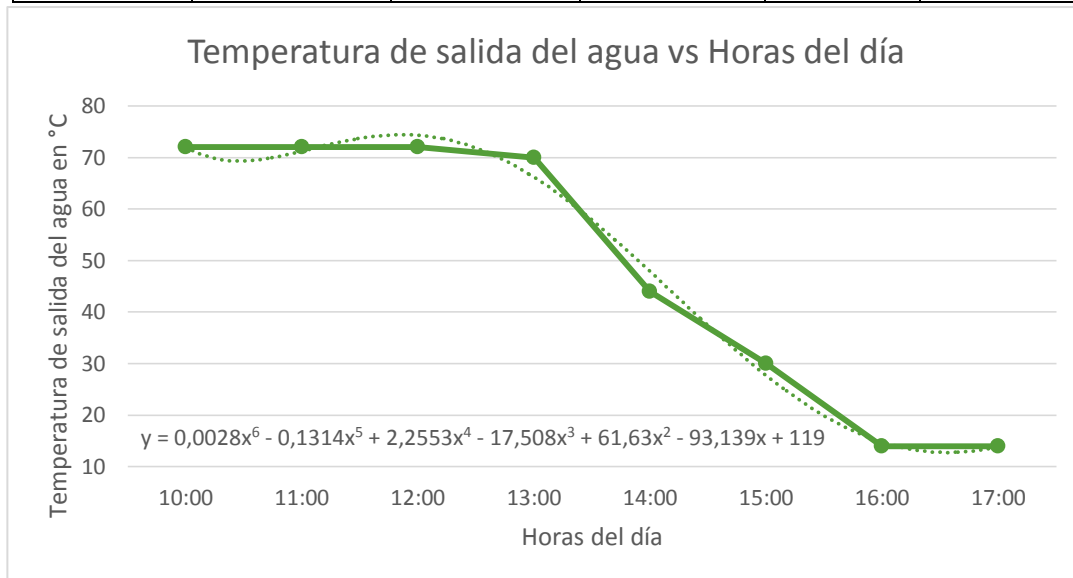
En la Tabla 64 se observa que la temperatura promedio de salida del agua es de 17°C, el salto térmico 10,63°C y una energía media de 2,72 KW-h.

Día 12:

Tabla 65. Temperatura de salida del agua y cantidad de energía con el colector cilindro parabólico compuesto en el día 12

Fecha: domingo 30 de Julio de 2017			Hora: 10:00 am - 17:00pm		
Condición Atmosférica: Cielo despejado- parcialmente nublado					
Tiempo (Horas)	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada °C	Temperatura de salida °C	Salto térmico °C	Cantidad de energía (Q) KW-h
10:00	8	8	72	64	11,16
11:00	8	8	72	64	11,16
12:00	10	8	72	64	11,16

13:00	10	8	70	62	10,81
14:00	10	9	44	35	6,10
15:00	6	8	30	22	3,84
16:00	6	8	14	6	1,05
17:00	6	8	14	6	1,05
Promedio	8,00	8,13	48,5	40,38	7,04



Fuente: Autor

En la Tabla 65 se observa que la temperatura promedio de salida del agua en un día soleado alcanzó 72°C con radiación directa y fue disminuyendo rápidamente mientras el cielo se nublaba, la temperatura promedio de salida bordea los 48,5°C, un salto térmico de 40,38°C y una energía media de 10,32 KW-h.

El colector cilindro parabólico compuesto (CPC), permite obtener una elevada temperatura, porque proyecta la energía captada sobre su eje focal donde circula el agua, pero solo aprovechan exclusivamente la radiación directa, mas no la radiación difusa dispersada por las nubes, que en este caso alcanza temperaturas que bordean los 20°C, por lo que no cumple con las necesidades de ACS, a diferencia de los colectores de tubos al vacío que por su geometría tienen la capacidad de captar tanto la radiación directa como la difusa, llegando a alcanzar temperaturas de alrededor a los 40°C, que fácilmente se puede mezclar con agua fría para obtener temperaturas 30 a 36°C que sería lo ideal para el consumo de ACS.

3.9.4 Tabla de resultados:

Tabla 66. Comparación de las temperaturas de salida y cantidad de energía acumulada entre los dos sistemas

N° Días	Tubos al vacío		Cilindro Parabólico Compuesto (CPC)	
	Temperatura promedio de salida (°C)	Cantidad de energía promedio (KW-h)	Temperatura promedio de salida (°C)	Cantidad de energía promedio (KW-h)
1	38	8,12	20,25	2,44
2	41,6	8,92	18	1,97
3	41,5	8,79	21,75	2,55
4	42	8,91	24	2,35
5	37	7,61	18,25	1,92
6	40	8,31	17,25	1,70
7	38,75	8,18	17,5	1,87
8	39,6	8,74	15,2	1,43
9	40	8,47	17,5	1,85
10	39,75	8,63	17,75	2,05
11	40	8,6	17	1,85
12	53,5	11,6	48,5	7,04
Promedio	40,98	8,74	21,08	2,42

Fuente: Autor

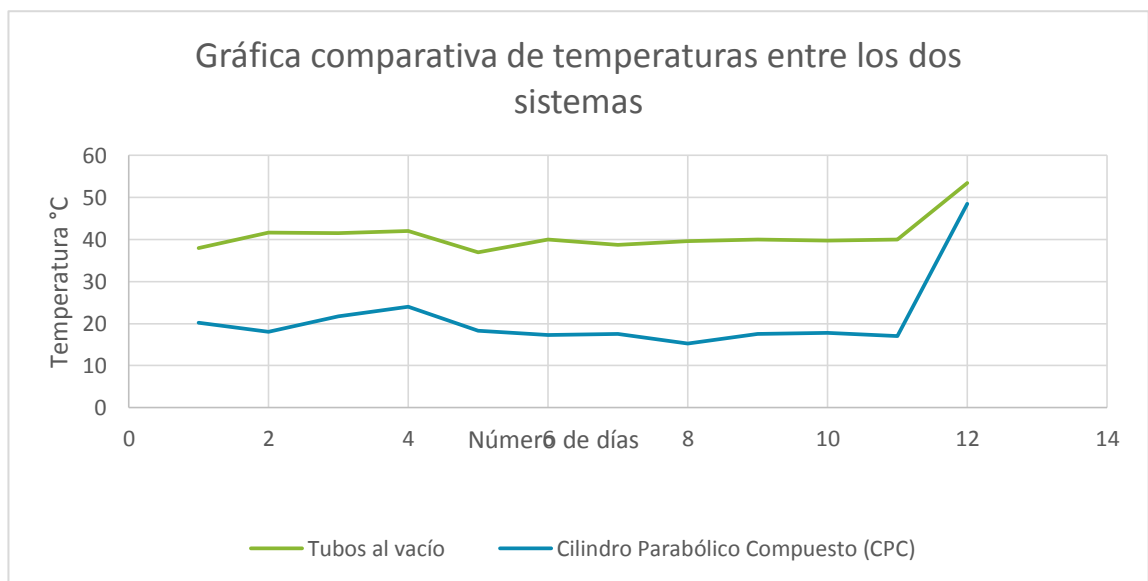


Figura 42. Gráfica comparativa de temperaturas entre los dos sistemas

Fuente: Autor

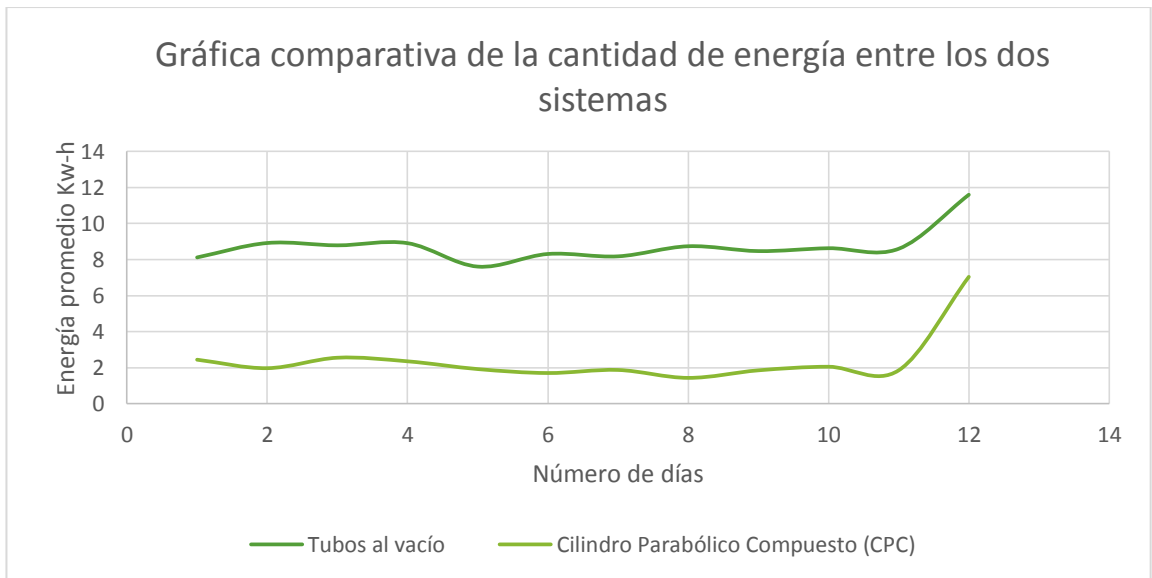


Figura 43. Gráfica comparativa de la cantidad de energía entre los dos sistemas

Fuente: Autor

Como se observa en la tabla de resultados el colector solar de tubos al vacío alcanza una temperatura promedio de $40,98^{\circ}\text{C}$, mientras que el colector cilindro parabólico apenas los $21,08^{\circ}\text{C}$ aproximadamente el doble de temperatura, lo mismo ocurre con la cantidad de energía útil, alcanza los $8,74 \text{ KW-h}$ y $2,42\text{KW-h}$ respectivamente, estos datos son los promedios tomados dentro de los doce días de ensayos.

En los días nublados como pudimos observar el sistema de tubos al vacío bordea los 38°C , y el cilindro parabólico los $18\text{-}20^{\circ}\text{C}$, como se observa en las siguientes figuras:

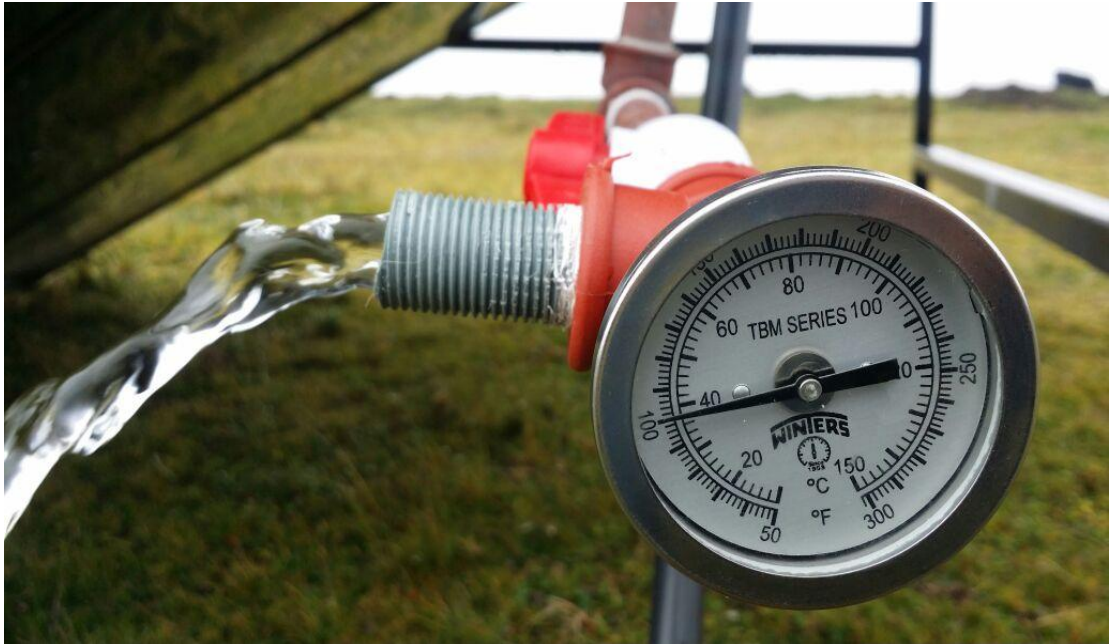


Figura 44. Temperatura de salida con el sistema de tubos de vacío en un día nublado

Fuente: Autor



Figura 45. Temperatura de salida con el sistema cilindro parabólico en un día nublado

Fuente: Autor

En los días parcialmente nublados la temperatura del sistema de tubos de vacío alcanza temperaturas superiores a los 40°C, mientras que el sistema cilindro parabólico apenas los 24-26°C, como observamos en las siguientes figuras:

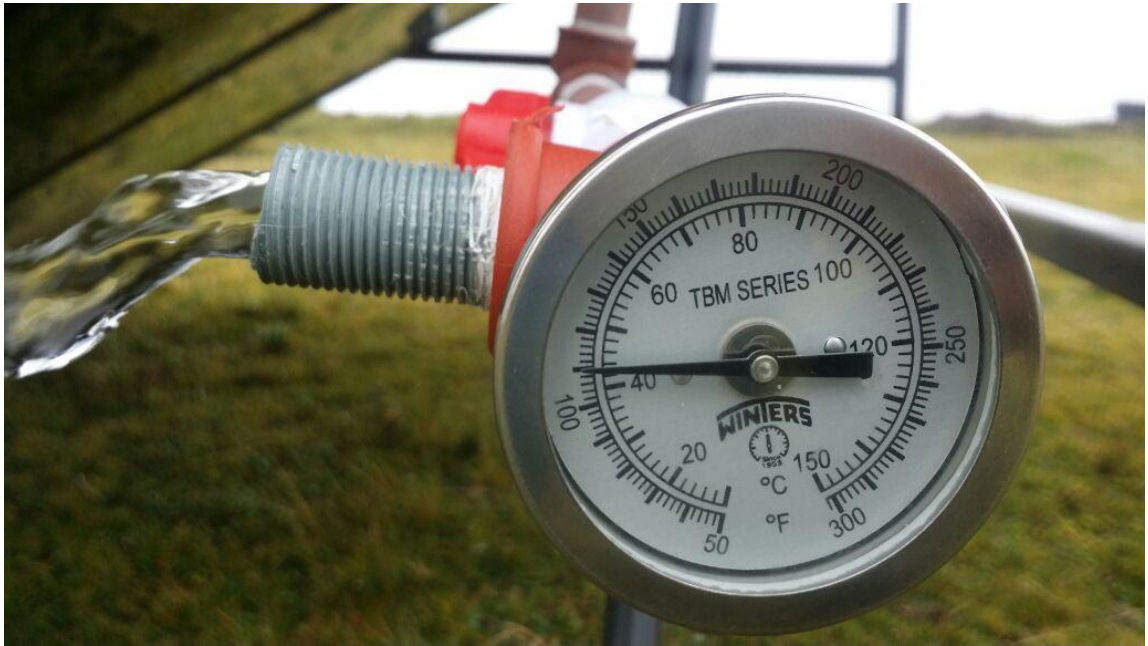


Figura 46. Temperatura de salida con el sistema de tubos al vacío en un día parcialmente nublado

Fuente: Autor

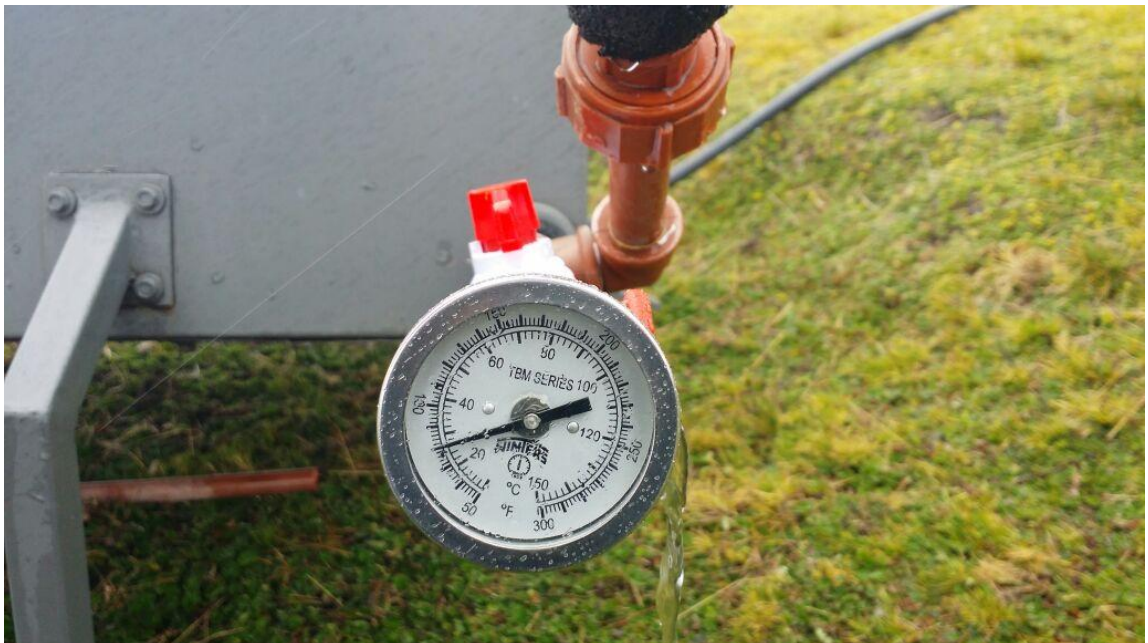


Figura 47. Temperatura de salida con el sistema cilindro parabólico en un día parcialmente nublado

Fuente: Autor

En un día, despejado con la presencia del sol el sistema de tubos de vacío alcanzó temperaturas superiores a los 50°C, mientras que es sistema cilindro parabólico alcanzo temperaturas superiores a los 70°C, he aquí la teoría de que estos sistemas parabólicos alcanzan elevadas temperaturas siempre y cuando exista radiación directa en un día totalmente despejado, como lo podemos apreciar en las siguientes imágenes:

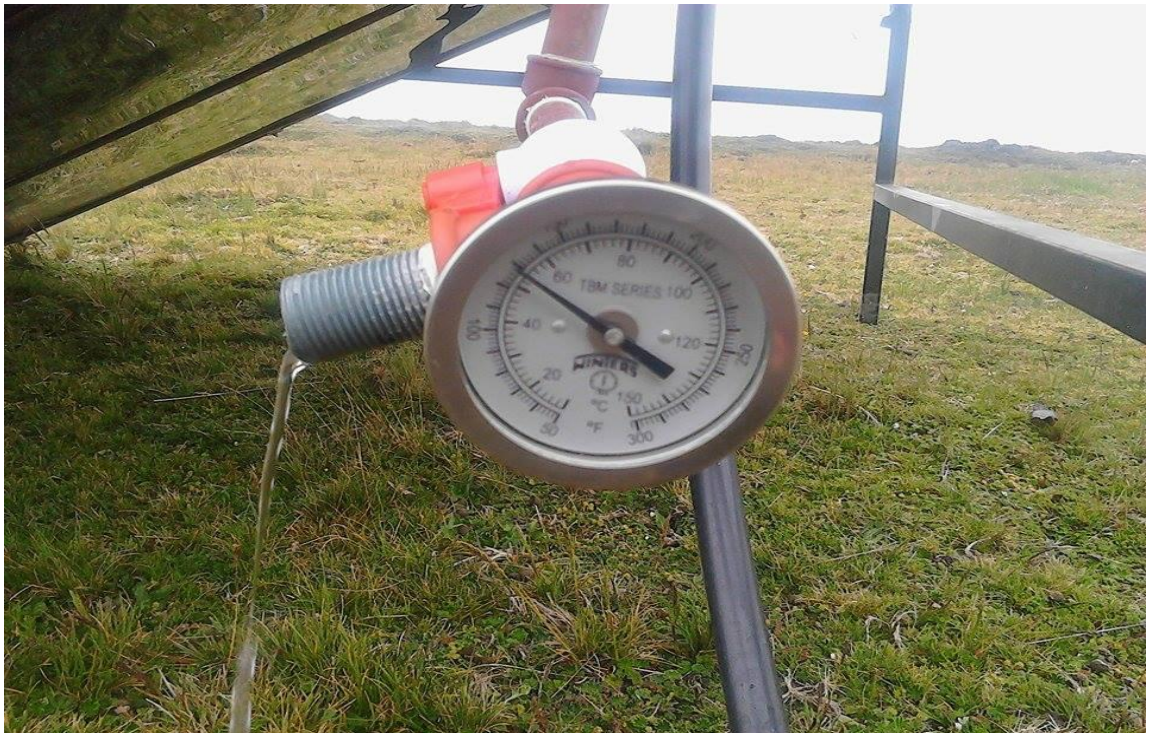


Figura 48. Temperatura de salida con el sistema de tubos al vacío en un día despejado

Fuente: Autor



Figura 49. Temperatura de salida con el sistema cilindro parabólico en un día despejado

Fuente: Autor

3.10 SIMULACIÓN DEL SISTEMA:

Para la simulación del sistema de calentamiento de agua de uso sanitario con energía solar térmica se utilizó un software de demostración, el cual ofrece un programa fiable para el dimensionamiento y simulación de instalaciones con energía solar térmica, para que, con los datos obtenidos mediante los cálculos compararlos, al igual que observar la cantidad de ahorro de combustible, para este caso leña seca, observar si el sistema cumple con las necesidades del sector bajo estas condiciones climáticas; el software incluye las siguientes características:

- Selección de más de 200 diferentes instalaciones
- Datos climáticos de más de 8000 lugares del mundo
- Añadir datos climáticos de todo el planeta
- Resultados con un informe detallado del proyecto

Paso 1:

Generar los datos climáticos del sector de Río Blanco, gracias a la información obtenida de la torre de medición meteorológica.

En la Figura 53-54 se observa la pantalla del software donde ingresan los datos climáticos:

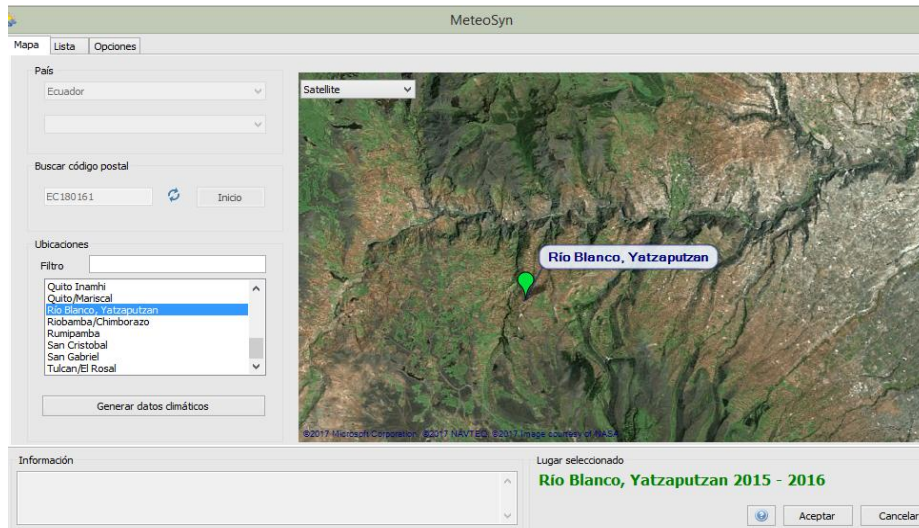


Figura 50. Ubicación de la zona de estudio en el software

Fuente: Autor

Fuente de datos: Observado

Período de medición: De 2015 Hasta 2016

Datos:

Mes	Radiación global kWh/m ² (día)	Temperatura externa me °C
ene.	5,10	4,03
feb.	3,59	5,81
mar.	3,15	4,82
abr.	3,73	4,64
may.	3,88	5,70
jun.	2,86	6,48
jul.	3,03	6,85
ago.	4,11	6,33
sep.	4,19	5,27
oct.	4,61	5,04
nov.	3,72	4,19
dic.	4,26	5,97

Figura 51. Ingreso de datos climáticos de la zona de Río Blanco

Fuente: Autor

Paso 2:

Una vez generado los datos climáticos del sector, seleccionamos el sistema termosifón ACS con resistencia eléctrica, como se observa en la Figura 55:

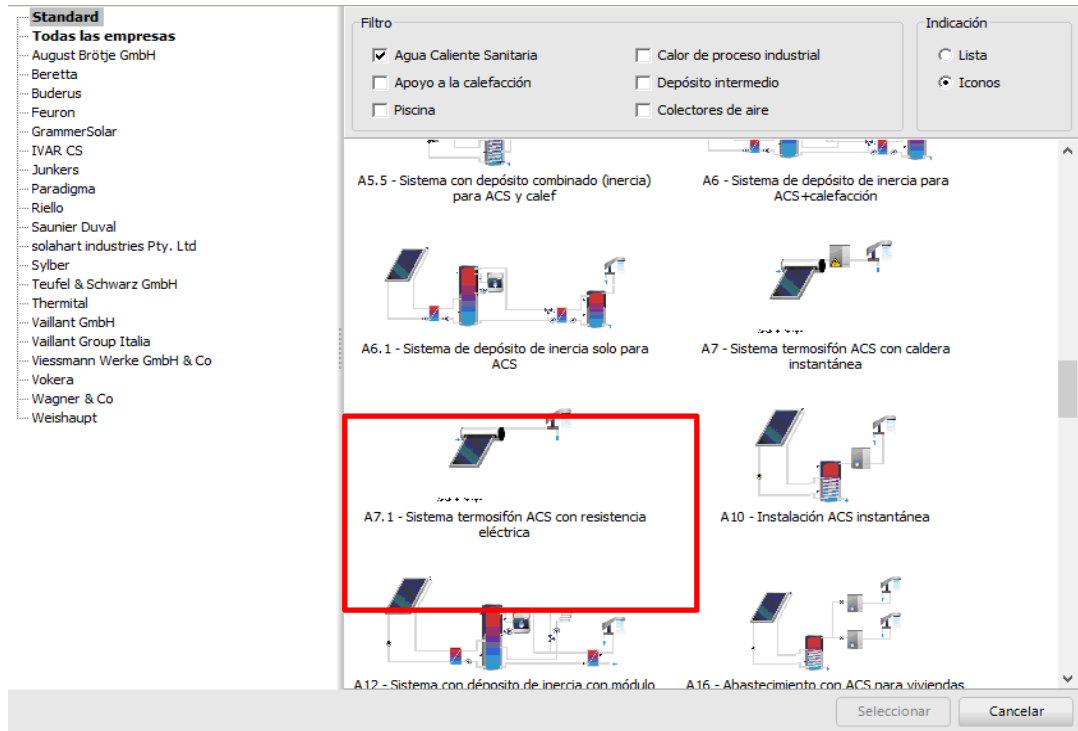


Figura 52. Selección del sistema de ACS

Fuente: Autor

Paso 3:

Definimos el modo de instalación, el software nos da dos opciones que es: al exterior o sobre el tejado, para nuestro estudio lo haremos al exterior y definiremos los parámetros como se observa en la Figura 56:

Especificación Sistema Ahorros Campo colector

Modo de instalación de los depósitos

Al exterior Integrado en el tejado

Depósito

Volumen: l Espesor de aislamiento: mm

Altura = x Diámetro Coef. elevación de la W/(m·K)

Resistencia eléctrica kW

Períodos de operación

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic

Días de funcionamiento: 0 Días

Figura 53. Selección del modo de instalación del depósito

Fuente: Autor

Paso 4:

Mediante el software encontramos el ángulo azimut como se observa en la Figura 57:

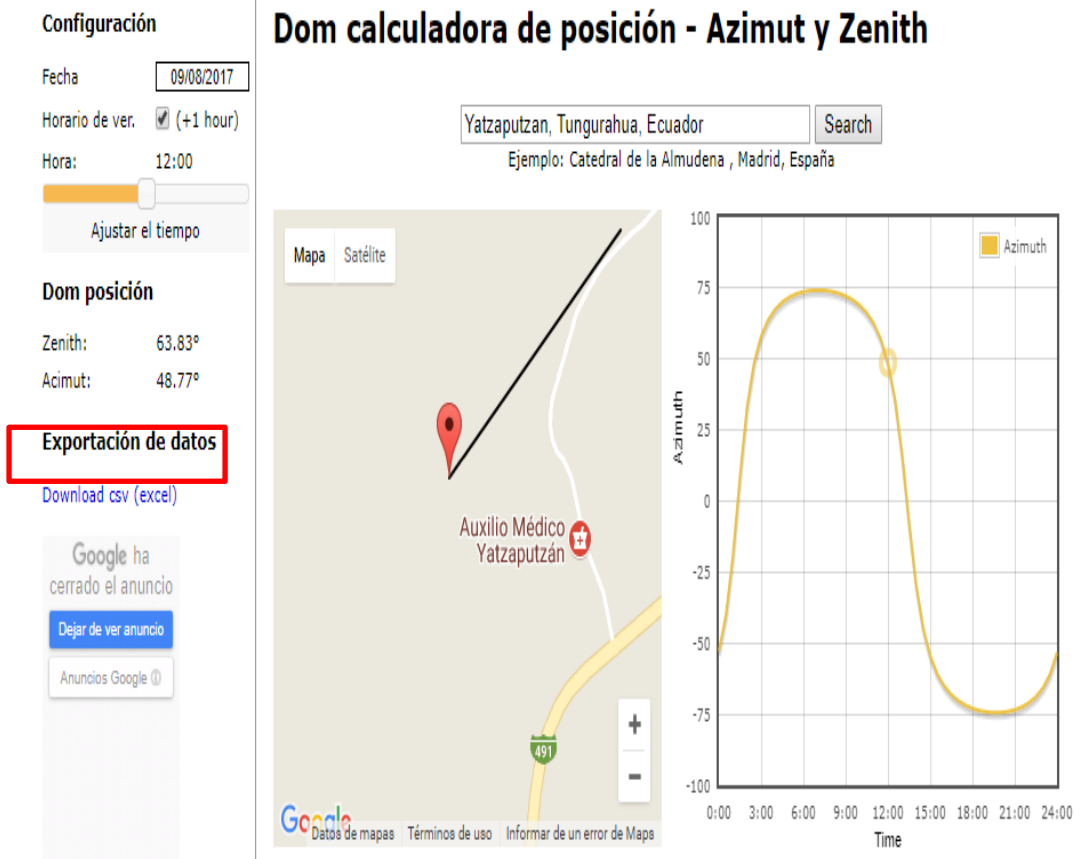


Figura 54. Ángulo azimut de Yatzaputzan

Fuente: Autor

Paso 5:

Seleccionamos el campo colector, para el estudio será un colector de tubos al vacío como se observa en la Figura 58:

Especificación Sistema Ahorros **Campo colector**

Número de colectores: Superficie bruta: 2,17 m²
Superficie de referencia: 1,78 m²

Colector
Fabricante: **2-improve Energy**
Tipo: **Prisma Pro 10**

Ángulo de acimut: °
Ángulo de inclinación: °

Sombra
Sombra

Figura 55. Selección del campo colector

Fuente: Autor

Paso 6:

Definimos los datos de consumo de agua caliente, como se observa en la Figura 59:

The screenshot shows a software interface with two tabs: "Parámetros" and "Períodos de operación". The "Parámetros" tab is active. It contains several sections:

- Recirculación disponible:** A checkbox that is currently unchecked.
- Consumo (relativo al período de servicio):** A section with two radio buttons. The first, "Consumo medio diario", is selected and has a value of "125,01" with the unit "l". The second, "Consumo anual", is unselected and has a value of "45,63" with the unit "m³". Below these are calculated values: "Demanda anual: 1.827 kWh" and "Demanda máxima horaria: 1,70 kWh".
- Temperaturas:** A section with a text input for "Temperatura deseada del ACS" set to "40" °C. Below it is a checked checkbox for "Calcular temp. de agua fría a partir de datos climáticos:". Underneath are two more text inputs: "Temperatura del agua fría en Febrero" set to "5" °C and "Temperatura del agua fría en Agosto" set to "5,5" °C.
- Perfil de carga (Perfil de consumo):** A section with a button labeled "Casa unifamiliar (Punta en la tarde)" and a "Seleccionar" button next to it. Below this is a "Parámetros" button.

On the right side of the interface, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

Figura 56. Demanda de agua caliente sanitaria

Fuente: Autor

3.10.1. Informe Técnico de simulación del sistema

En la Tabla 67 se observa el informe técnico que nos arroja la simulación mediante el software de demostración

Tabla 67. Informe Técnico de simulación del sistema

Variante	Río Blanco, Comunidad Yatzaputzan, Provincia de Tungurahua
Tipo de instalación	A7.1
Ubicación	Río Blanco, Yatzaputzan
Radiación global	1406,847 kWh/m ²
Especificación ACS	
Consumo diario	125 l
Temperatura deseada	40 °C
Campo colector	
Número de colectores	1
Superficie total bruta	2,17 m ²
Fabricante	2-improve Energy
Tipo	Prisma Pro 10
Ángulo de inclinación	10,0 °
Orientación	48,77°
Depósito 1	
Tipo	Depósito incl. resistencia eléctrica (1,5 kW)
Fabricante	Estándar
Nombre	Depósito
Volumen	0,13 m ³
Resultados	
Energía suministrada por los circuitos del colector	1.921 kWh
Energía suministrada por la calefacción auxiliar	0 kWh
Grado de uso del sistema	50,94%
Fracción solar total	100%
Ahorro de combustible	282,9 Kg
Emisión de CO ₂ evitada	0,0 Kg

Energía del sistema solar para el ACS	1.921 kWh
---------------------------------------	-----------

Fuente: Autor

- El informe final se presenta en el Anexo 3

3.11 COSTO DE INSTALACIÓN DE UN CALENTADOR SOLAR

En la Figura 60 se observa los costos de los calentadores solares de acuerdo a la capacidad de almacenamiento de agua caliente

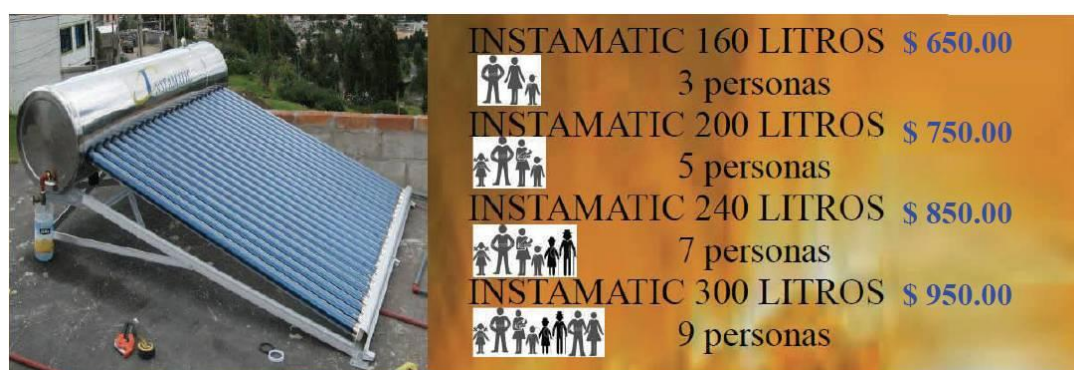


Figura 57. Costos de calentadores solares Instamatic

Fuente: [18]

En la Tabla 68 se observa los valores necesarios para la adquisición e instalación de un calentador solar térmico de tubos al vacío

Tabla 68. Costo de instalación de un calentador de tubos al vacío

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario \$	Subtotal \$
Calentador solar	1	u	\$750	\$750
Tubo pvc ½"	1	6m	\$4,60	\$4,60
Válvulas de esfera ½"	6	in	\$0,70	\$4,20
Válvula de alivio de presión RL-3 ½"	1	in	\$45	\$45
Tapones macho ½"	2	in	\$0,45	\$0,90
Tapones hembra ½"	2	in	\$0,20	\$0,40
Codos 90° ½"	5	in	\$0,50	\$2,50
Teflón industrial	1	u	\$4,50	\$4,50
Unión T ½"	2	in	\$0,65	\$1,30

Bushing ½” a ¾”	2	in	\$0,40	\$0,80
Abrazaderas	4	u	\$0,60	\$2,40
Manguera	25	m	\$0,60	\$15
Manómetro	2	u	\$3,80	\$7,60
Termómetro bimetálico	1	u	\$57	\$57
Termómetro digital	1	u	\$45	\$45
Total				\$941,20

Fuente: Autor

3.11.1 Costo de mantenimiento

El mantenimiento se lo realizara por lo menos una vez al año, debe realizarse con personal técnico de la empresa suministradora, debe asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil, consiste en drenar el tanque y limpiar los tubos al vacío internamente.

A continuación, se presenta en la Tabla 69 las operaciones del plan de mantenimiento que se debe realizar en el sistema solar térmico para ACS, la frecuencia establecida en meses:

Tabla 69. Operaciones del plan de mantenimiento

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	Inspección visual: diferencias entre captadores
Cristales	6	Inspección visual: condensaciones y suciedad
Conexiones	12	Inspección visual: aparición de fugas
Estructura	12	Inspección visual: indicios de corrosión, ajuste de tornillos
Termotanque	12	Presencia de lodos
Aislamiento	12	Comprobar que no exista humedad
Purgador manual	6	Vaciar el aire del tanque
Válvula de corte	12	Abrir y cerrar para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	Control de funcionamiento
Sistema auxiliar	12	Control de funcionamiento

Fuente: Autor

3.11.2 Comparación de costos de instalación y mantenimiento

Se procederá a realizar la comparación de costos de instalación y mantenimiento entre diferentes sistemas para calentamiento de agua sanitaria como son: la ducha eléctrica, calefón, quema de leña seca y el calentador solar.

Para lo cual se incluye el precio de instalación y el mantenimiento anual de los sistemas, se considerara la inflación en el país para el incremento del precio del mantenimiento

En el país se estableció una inflación que oscila entre 0,90% en el mes de enero de 2017 y del 0,10% en el mes de julio de 2017, por lo que tomaremos una inflación del 1% al mantenimiento requerido. Véase anexo 6.

Por lo tanto:

Para la ducha eléctrica tenemos la Tabla 70

Tabla 70. Costo anual de la ducha eléctrica

Ducha Eléctrica						
N° Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Instalación	\$82					
Energía Eléctrica		\$107,76	\$107,76	\$107,76	\$107,76	\$107,76
Total	\$82	\$107,76	\$107,76	\$107,76	\$107,76	\$107,76

Fuente: [20]

En la tabla 70 se aprecia que se realizó los costos de instalación y consumo de energía durante cinco años que es el tiempo de vida útil de una ducha eléctrica, a partir de este del quinto se deberá adquirir otra ducha.

De acuerdo con la investigación de Sailema Edwin (2015), el consumo mensual de una ducha eléctrica es de 94,53kW-h, multiplicado por el costo del kW-h que es de 0,095 ctv kW-h tenemos que el valor mensual aproximado de una ducha eléctrica para una vivienda unifamiliar de 5 personas es de \$8,98.

Entonces tenemos que el costo anual por consumo de energía de una ducha eléctrica es de \$107,76.

Para el calefón tenemos la Tabla 71:

Tabla 71. Costo anual del calefón

Calefón								
N° Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Instalación	\$400							
Costo operacional		\$59,28	\$59,28	\$59,28	\$59,28	\$59,28	\$59,28	\$59,28
Mantenimiento		\$15	\$15,15	\$15,30	\$15,45	\$15,60	\$15,76	\$15,91
Gasto total	\$400	\$74,28	\$74,43	\$74,58	\$74,73	\$74,88	\$75,04	\$75,19

Fuente: [20]

Al igual que la ducha eléctrica se hará los gastos de instalación y mantenimiento del calefón durante los siete años de vida útil del sistema.

Aproximadamente el consumo de cilindros de GLP es de 23 anuales que multiplicados por 2,60 cada cilindro tenemos que el costo anual de operación de un calefón es de 59,28 más el costo de mantenimiento anual que es de \$15 más el 1% de la inflación en el país.

La empresa EC-ENERGY especializada en la instalación y mantenimiento de calentadores solares a nivel nacional, brinda servicios de mantenimiento para calefones a gas a un costo de 30 dólares por mantenimiento preventivo del equipo calefactor

Para el calentamiento de agua mediante la quema de leña, comúnmente utilizado en esta población tenemos la Tabla 72:

Tabla 72. Costo anual de la quema de leña

Quema de leña						
N° Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Instalación	\$0					
Quema de leña	\$60	\$60	\$60	\$60	\$60	\$60
Total	\$60	\$60	\$60	\$60	\$60	\$60

Fuente: Autor

En la tabla se observa los gastos con el consumo de leña seca, se lo hace durante cinco años tomando como referencia la vida útil de la ducha eléctrica, los costos son sumamente bajos anualmente, en comparación a los demás sistemas, pero la contaminación generada por la quema de la leña se debe considerar.

Para el consumo de leña se lo hizo mediante encuestas en la población de Río Blanco, donde adquieren este producto por \$60 el cual tiene una duración de un año.

Para el calentador solar de tubos al vacío, con una vida útil de 20 años tenemos la Tabla 73:

Tabla 73. Costo anual del calentador solar

Calentador solar de tubos al vacío																					
N° Años	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Instalación	\$941,20																				
Mantenimiento				15	15,15	15,30	15,45	15,60	15,76	15,91	16,06	16,22	16,38	16,54	16,7	16,87	17,03	17,20	17,37	17,54	17,72
Gastos totales	\$941,20			15	15,15	15,30	15,45	15,60	15,76	15,91	16,06	16,22	16,38	16,54	16,7	16,87	17,03	17,20	17,37	17,54	17,72

Fuente: Autor

El calentador solar tiene una vida útil de aproximadamente 20 años, como se puede observar en la tabla 73, la inversión inicial es alta, el mantenimiento es bajo en comparación a los demás sistemas de ACS.

Para el calentador solar el costo de instalación es de \$941,20, el valor de mantenimiento se determinó con los precios establecidos por empresas que se encargan en brindar este servicio, el fabricante EC-ENERGY incluye garantía y mantenimiento durante dos años.

A continuación, se presenta los costos totales de instalación y mantenimiento, tomando como referencia la vida útil del calefón que es siete años, en la Tabla 74

Tabla 74. Costos de instalación y mantenimiento

	Año	Calefón (\$)	Ducha Eléctrica (\$)	Quema de Leña (\$)	Calentador solar (\$)
Inversión inicial	0	400	164	0	941,20
	1	74,28	107,76	60	0
	2	74,43	107,76	60	0
	3	74,58	107,76	60	15
	4	74,73	107,76	60	15,15
	5	74,88	107,76	60	15,3
	6	75,04	107,76	60	15,45
	7	75,19	107,76	60	15,60

Fuente: Autor

La comparación de los costos de instalación y mantenimiento se lo puede observar en la tabla74, al cabo de siete años, el valor más elevado es el de la ducha eléctrica, en este lapso de tiempo se tuvo que adquirir un segundo sistema, el calefón el costo es relativamente bajo anualmente, pero a partir del octavo año se debería adquirir otro sistema elevándose considerablemente los gastos, el costo de la leña es bajo pero la contaminación ambiental el alta, el calentador solar la inversión es elevada, pero los gastos anuales son bajos y la vida útil del sistema es de aproximadamente 20 años, recuperándose la inversión en el ahorro económico, siendo a la larga el sistema que menos gastos genera, y a la vez amigable con el medio ambiente, debido a que se aprovecha la energía solar, con respecto a los sistemas convencionales antes mencionados.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Mediante el estudio realizado se pudo determinar la cantidad de agua caliente necesaria que ocupan los habitantes de las viviendas de la población de Río blanco, Provincia de Tungurahua, 125 l/día aproximadamente por cada 5 personas, con la implementación del sistema solar térmico de tubos al vacío se puede obtener agua caliente a 40°C los 365 días al año, mejorando la economía de la población y evitando en gran cantidad emisiones de CO₂.
- Con los valores promedios de irradiación solar, el volumen de agua caliente, una eficiencia del sistema del 80% y un salto térmico de 33°C se determinó el área de captación del panel solar que es de 2,35 m², la cantidad de energía Q=5,10 kW-h, y 10 tubos al vacío, necesarios para cumplir con las necesidades de agua caliente de la población.
- Con los datos tomados de la torre meteorológica la irradiación promedio es de 2.71 kWh/m² día, valores suficientes para incrementar la temperatura de 7°C a más de 40°C, mediante la utilización de sistemas de calentamiento solar térmico de tubos al vacío.
- Entre las alternativas propuestas se tiene un sistema de tubos al vacío y un sistema cilindro parabólico, tomando en cuenta criterios de economía, autonomía, eficiencia, peso, instalación y mantenimiento
- Mediante las pruebas de funcionamiento realizados en el sitio con los dos sistemas, se concluye que el sistema de tubos al vacío es el más aceptable para las condiciones climáticas del sector ya que la mayoría de días permanecen nublados, con este sistema se alcanzan temperaturas superiores a los 40°C en 4 horas, con el aislante térmico y el vacío de los tubos se pierde 2°C cada 12 horas; a diferencia del captador cilindro parabólico que promedio alcanza en un día nublado los 21°C, ya que estos sistemas aprovechan exclusivamente la radiación directa mas no la radiación difusa.

- Mediante la aplicación del software de demostración, se escogió un sistema de tubos al vacío para calentar 125 l/día de agua, se ingresó los datos climáticos del sector tomados con la torre de medición, nos arroja un informe técnico en el cual podemos observar el ahorro de combustible en este caso leña seca que es de 289,8 kg, la energía del sistema solar para la producción de ACS 1.921 kWh, valores registrados para un año de uso.
- La implementación de sistemas solares de tubos al vacío beneficiaría directamente a las familias de escasos recursos económicos del sector mejoraría su calidad de vida con el uso de energías renovables o energía limpias ayudando también a problemas que afronta la humanidad como es la contaminación ambiental.

4.2 Recomendaciones

- Para la instalación se debe tener en cuenta ciertos aspectos fundamentales como son, la demanda de agua caliente, la energía útil aportada por el sol, la superficie de captación de energía solar, el ahorro económico, los meses con temperaturas más bajas, así como los datos con menor irradiación solar realizados estos aspectos se escoge el sistema que responde mejor a las necesidades del sector.
- Realizar un mantenimiento correcto de la instalación para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema térmico, durante este mantenimiento es de mucha importancia la inspección visual y control rutinario de todos los elementos, para prevenir las averías que puedan producirse con el tiempo.
- Revisar periódicamente las válvulas y el sistema de conexiones para evitar fugas, se debe tener muy en cuenta el buen funcionamiento de la válvula de alivio de presión para evitar accidentes por sobrepresión en el tanque debido al vapor acumulado por el aumento de temperatura.
- En el caso de falta de ocupación del sistema, para evitar el excesivo calentamiento y por lo tanto la sobreproducción energética, se recurre al tapado del campo colector y al vaciado parcial de los colectores.

Material de Referencia

Bibliografía

- [1] «Energía Solar Térmica,» [En línea]. Available: <http://www.energiasolartermica.biz/>.
- [2] A. M. Pachano, «El desarrollo de la Energía Renovable en el Ecuador,» 23 septiembre 2014. [En línea]. Available: <http://www.energia.org.ec>.
- [3] «Solar Térmica Ecuador,» 21 septiembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.energiasolar.lat/solar-termica-ecuador/>.
- [4] G. P. PILAGÜIN, «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015- 2020,» Tungurahua, 2015.
- [5] L. Jutglar, «Energía Solar,» CEAC, 2007.
- [6] M. Martinetti, «Fuentes de Energía,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos/fuentesener/fuentesener.shtml>.
- [7] C. Tenemasa, «PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA INDUSTRIA FABRICANTE DE CALENTADORES DE AGUA DE USO DOMÉSTICO A BASE DE ENERGÍA SOLAR EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA,» Riobamba, 2012.
- [8] M. R. Tous, de *Energía Solar Térmica de Baja Temperatura*, Barcelona-España, CEAC, 2009, pp. 17-20.
- [9] S. d. Economía, «CONAGUA,» 2013. [En línea]. Available: www.conagua.gob.mx. [Último acceso: 23 06 2016].
- [10] «Espectro Electromagnético,» [En línea]. Available: http://www.espectrometria.com/espectro_electromagnitico.
- [11] M. Á. Sánchez, *Energía Solar Térmica*, México: LIMUSA, 2010.
- [12] INEN, NTE INEN 2507 Rendimiento Térmico de Colectores Solares, 2015.
- [13] F. Daniels, *Uso directo de la energía solar*, Madrid: H. Blume Ediciones, 1985.
- [14] T. P. Benito, *Guía del instalador de Energía Renovables*, Mexico, D.F.: LIMUSA, 2010.
- [15] T. Perales, *Instalación de Paneles Solares Térmicos*, México: Alfaomega, 2010.

- [16] V. Salcedo, «Influencia del estudio de la tecnología de vacío en tubos sobre la eficiencia para el calentamiento de agua usando la energía solar,» Ambato, 2011.
- [17] «Full mecánica,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.fullmecanica.com/definiciones/f/1214-fuerza-del-viento-presion-del-viento>.
- [18] N. Quadri, Energía Solar, Buenos Aires: ALSINA, 2010.
- [19] A. Y. G. Bridgewater, Energías Alternativas Handbook, Madrid: Paraninfo, 2009.
- [20] E. Sailema, «Diagnóstico energético del calentamiento de agua, de uso domiciliario en viviendas unifamiliares en las zonas rurales de la provincia de Tungurahua y su incidencia en la relación costo beneficio,» Ambato, 2015.
- [21] «Calentador de agua solar,» [En línea]. Available: <http://www.ec-energy.galeon.com/productos2522845.html>.
- [22] B. Toalombo, «Estudio del espectro de irradiación solar para determinar el potencial de energía aprovechable en la ciudad de ambato,» Ambato, 2011.
- [23] S. Guanaluiza, «ESTUDIO DE LA GEOMETRÍA DEL ABSORBEDOR DEL COLECTOR SOLAR PARABÓLICO COMPUESTO Y SU INCIDENCIA EN LA EFICIENCIA PARA,» Ambato, 2015.
- [24] S. Peña, «ESTUDIO DE AISLANTES TÉRMICOS PARA CUBIERTA EN PANELES SOLARES PLÁSTICOS Y SU INFLUENCIA SOBRE LA,» Ambato, 2014.
- [25] Z. R. Marco Conde, «DISEÑO DE UN CALENTADOR SOLAR DE PLACA DE CALOR PARA CALENTAMIENTO DE AGUA PARA USO DOMESTICO.,» México, 2014.
- [26] C. R. Romeva, Diseño Concurrente, Barcelona, 2002.
- [27] M. Guananga, Diseño y construcción de un sistema fotovoltaico debaja potencia en el sector río blanco perteneciente a la comunidad yatzaputzan, Ambato, 2017.

ANEXOS:

ANEXO 1: Encuesta

ENCUESTA APLICADA A LA POBLACIÓN DE RÍO BLANCO PROVINCIA DE
TUNGURAHUA

¿CUANTAS PERSONAS HABITAN EN LA VIVIENDA?

.....

¿LABORES A LA QUE SE DEDICAN PARA LOS INGRESOS ECONÓMICOS?

.....

¿CUÁL ES EL INGRESO MENSUAL DE LA FAMILIA?

.....

¿LA FAMILIA UTILIZA AGUA CALIENTE PARA EL ASEO PERSONAL?

.....

¿CUAL ES EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA EN SU HOGAR?

.....

¿CON QUE FRECUENCIA SE BAÑAN LOS HABITANTES DE LA VIVIENDA?

.....

¿CONSIDERA QUE SU SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA ES COSTOSO?

SI ()

NO ()

¿LE GUSTARÍA TENER UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA EN EL
CUAL LA ENERGÍA USADA SEA ALTERNATIVA, NO CONTAMINANTE, Y DE
BAJO COSTO?

SI ()

NO ()

¿ÉPOCA DEL AÑO CON MAYOR PRESENCIA DEL SOL?

.....

¿HORAS DEL DÍA CON MAYOR PRESENCIA DEL SOL?

.....

¿QUÉ CANTIDAD DE AGUA CALIENTE UTILIZA APROXIMADAMENTE PARA EL ASEO PERSONAL Y LAVADO DE UTENSILIOS DE COCINA AL DÍA?

.....

ANEXO 2: Especificaciones del termómetro digital para líquidos

Especificaciones del modelo TDS-3



Recomendación de uso industrial, tratamiento de agua, hidroponía y acuarios.

Rango TDS: 0 – 9990 ppm (mg / L)

Termómetro digital incorporado para la temperatura.

Temperatura. Alcance: 0 – 80 grados Celsius

Resolución: 0-999: 1 ppm; 1000-9990: 10 ppm (indicado por un icono 'x10')

Temperatura Resolución: 0.1 grados Celsius (solamente Celsius)

Precisión: +/- 2%

Factor de conversión de EC a TDS: NaCl (media 0,5)

ATC: Sensor incorporado para compensación automática de la temperatura de 1 a 50 grados Celsius (33 a 122 grados Fahrenheit)

Fuente de alimentación: 2 pilas de botón de 1.5V (incluidas) (LR44 o equivalente)

Duración de la batería: 1000 horas de uso

Dimensiones: 15,5 x 3,1 x 2,3 cm (6,1 x 1,25 x 1 pulgadas)

Peso con el estuche: 76.5g (2.7 oz)

Peso sin caja: 56.7g (2 onzas)

ANEXO 3: Especificaciones técnicas del termómetro bimetalico Winters

TBM

Termómetro Bimetalico



Descripción:

- Termómetro versátil para múltiples usos
- Carátulas de 1" (25mm) a 6" (150mm)
- Construido en Acero Inoxidable 304
- Sensor Bimetalico
- Exactitud de 1%
- Conexión inferior, posterior y ángulo variable
- Vástago soldado a partir de 2.5" (63mm)
- Tornillo Calibrador standard desde 2" (50mm) hasta 6" (150mm)

Aplicaciones:

- Industrias de procesos, alimenticias, hornos, etc

Especificaciones	
Carátula	1" (25mm), 2" (50mm), 3" (75mm), 4" (100mm), 5" (125mm), 6" (150mm) aluminio con marcaciones en negro
Caja	Acero Inoxidable 304
Vástago	Acero Inoxidable 304 soldado al conector posterior trasero, inferior o ángulo variable. 2" (50mm): Disponible unicamente en conexión trasera central
Tornillo Calibrador	Standard
Lentes	1" (25mm): Acrílico, los demás: vidrio standard, sellado herméticamente
Aro	Acero Inoxidable 304
Conexión	1" (25mm): Ninguno - 2" (50mm): 1/4" NPT Standard - 3" (75mm), 4" (100mm), 5" (125mm), 6" (150mm): 1/2" NPT Standard
Elemento Sensor	Espiral Bimetalico
Aguja	Aluminio pintada de negro
Límite de Sobrepresión	125 psi/bar
Presión de Trabajo	Máximo 75% de fondo de escala
Temperatura de Proceso	-50°C a 120°C (-58°F a 248°F)
Exactitud	1% de fondo de escala
Grado de Protección	IP68

ANEXO 4: Tabla de conversión de Presión

Tabla de Conversión de Presión



Tabla de Conversión de Presión

Escala de Dial	psi	kPa	kg/cm ²	cm de H ₂ O	Pies de H ₂ O	Pulgadas de Hg	mm de Hg	Pulgadas de H ₂ O	onzas por pulgadas	atmósfera	bar	mbar	MPa
psi	1	6.894757	0.070306958	70.306927	2.306723	2.03602	51.71486	27.86068	16	0.0680460	0.06894757	68.9476	0.00689
kPa	0.1450377	1	0.01019716	10.19745	0.3345618	0.29522997	7.500610	4.01472	2.320603	0.009669235	0.01	10	0.001
kg/cm ²	14.223343	98.06694	1	1000.026	32.809312	28.95901	735.5588	393.711806	227.57349	0.967841596	0.98066494	980	0.09806
Pies de H ₂ O	0.0142229	0.0980634	0.00099997	1	0.032808	0.0289581	0.7355372	0.3937	0.227566	0.000967814	0.000980634	0.9806	0.000098
Pulgadas de Hg	0.433515	2.968961	0.03047912	30.480	1	0.882646	22.4192	12	6.93624	0.02949896	0.02968961	29.689	0.00298
mm de Hg	0.4911542	3.386389	0.0345316	34.53253	1.132957	1	25.4	13.595484	7.85847	0.0334211	0.03386389	33.8639	0.00386
mm de Hg	0.0193388	0.1333225	0.00135951	1.359554	0.0446046	0.039370079	1	0.535255	0.3083888	0.0013157895	0.001333225	1.33322	0.00013
Pulgadas de H ₂ O	0.03612628	0.2490819	0.00254219	2.54	0.08333	0.0735539	1.8682683	1	0.578020	0.00245825	0.002490819	2.49089	0.000249
Onzas x pulgada ²	0.0625	0.4309223	0.004394308	4.394308	0.14417	0.12725125	3.23218	1.73004	1	0.004252875	0.004309223	4.309	0.0004309
Atmósfera	14.6960	101.32535	1.033231	1033.2633	33.8995	29.9213	760	406.794	235.136	1	1.0132535	1013.25	0.1013
bar	14.5038	100	1.019716	1019.7466	33.4833	29.5300	750.0626	401.8596	232.0608	0.986923	1	1000	0.1
mbar	0.0145	0.1	0.001019	1.019	0.03456	0.02953	0.75006	0.40146	0.23206	0.00099	0.001	1	0.0001
MPa	145	1000	10.197	10197.45	334.56	295.299	7500.61	4014.74	2320.603	9.669	10	10000	1

Como usar la Tabla de conversión / códigos para diales por encargo de Wintners:

1. Encuentre la columna con el dial por encargo desde el cual desea hacer la conversión y recorra esa columna hasta hallar el número.
 2. Muevase en sentido horizontal por esa misma hilera para hacer la conversión a la escala de dial por encargo que busca.
 3. Multiplique el número por la cantidad hilera para hacer la conversión a la cual efectúa la modificación para obtener el factor de conversión
- Ej. Convertir 50 bar a escala psi/bar → (1 bar = 14.5038 psi - 50 bar = 725.19 psi)

ANEXO 5: Simulación del sistema de agua caliente sanitaria aplicando el software T*SOL 2017



Resultados de la simulación anual

Potencia de colectores instalada:	1,52 kW
Superficie de colectores instalada (bruta):	2,17 m ²

Vista preliminar del informe de proyecto (Testversion)



Variante 1

Instalación

Sistema termosifón

Superficie colector (superficie de referencia):	1,78 m ²
Tipo:	Prisma Pro 10
Ángulo de inclinación:	10 °
Orientación:	48,77 °
Acimut:	48,77 °
Volumen de acumulación:	0,13 m ³

Leyenda

Con informe de ensayo
Solar Keymark





-
-

Variante 1

Cálculo de la eficiencia económica

Instalación

Superficie de referencia:	1,78 m ²
Rendimiento del sistema:	919,26 kWh
Ahorro anual de combustible:	282,9 kg Leña seca

Parámetros de rentabilidad económica

Tiempo de vida:	20 Años
Interés por capital:	2,5 %
Interés de reinversión:	2,5 %
Tasa de aumento de precio de la energía:	2,0 %
Tasa de aumento de precio por coste de servicio:	1,0 %

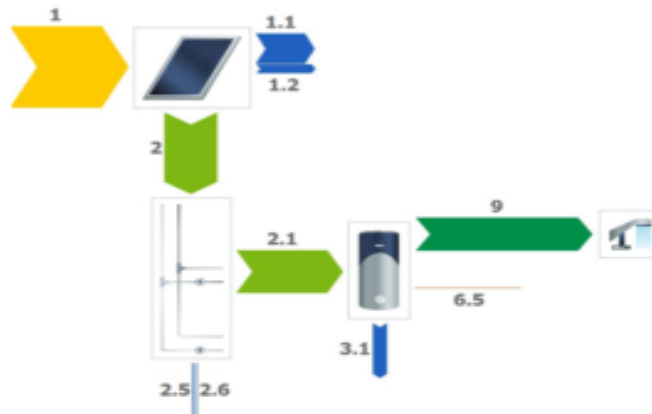
Financiación

Inversión total:	712 \$
Subsidios:	0 \$
Capital externo:	0 \$
Inversión restante:	712 \$



Río Blanco

Esquema del balance energético

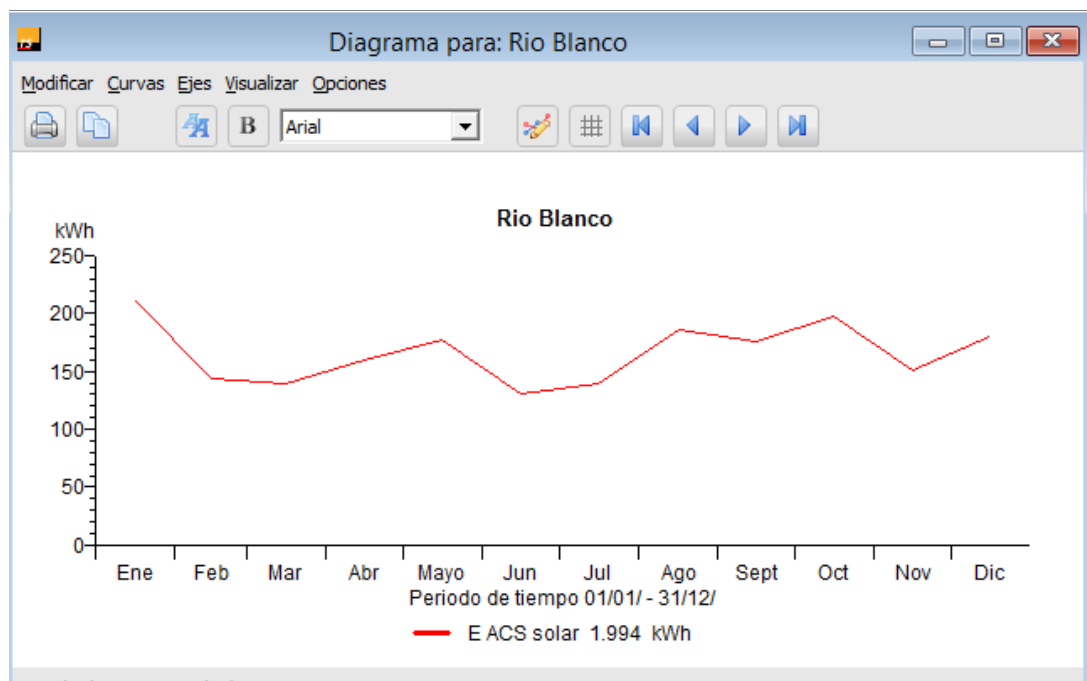


Leyenda

1	Irradiación a la superficie colector (Superficie ref.)	3.771 kWh
1.1	Pérdidas ópticas del colector	1.379 kWh
1.2	Pérdidas térmicas del colector	386 kWh
2	Energía del campo de colectores	2.005 kWh
2.1	Energía solar al depósito	1.994 kWh
2.5	Pérdidas de tubería al interior	-23 kWh
2.6	Pérdidas de tubería al exterior	34 kWh
3.1	Pérdidas del depósito	484 kWh
6.5	Resistencia eléctrica	0 kWh
9	AC-Energía del depósito	1.510 kWh

Glosario

- 1 Irradiación a la superficie colector (Superficie ref.)
Energía irradiada a la superficie (de referencia) del colector
- 1.1 Pérdidas ópticas del colector
Pérdidas por reflexión entre otras
- 1.2 Pérdidas térmicas del colector
Pérdidas por conducción de calor entre otras
- 2 Energía del campo de colectores
Energía en la salida del campo de colectores (delante de la tubería)
- 2.1 Energía solar al depósito
Energía del campo de colectores al depósito (menos pérdidas en tubería)
- 2.5 Pérdidas de tubería al interior
Pérdidas de tubos instalados al interior
- 2.6 Pérdidas de tubería al exterior
Pérdidas de tubos instalados al exterior
- 3.1 Pérdidas del depósito
Pérdidas de calor por la superficie
- 6.5 Resistencia eléctrica
Energía de la resistencia electr.
- 9 AC-Energía del depósito
Calor para consumidores ACS del depósito (sin Redcirculación)



ANEXO 6. Inflación anual Ecuador

Seleccione otro indicador ▼

Datos Comparables

Selección dato a comparar: --- ▼

Fecha Inicial: 1990 ▼ Enero ▼
1 ▼

Fecha Inicial: 1990 ▼ Enero ▼
1 ▼

La inflación es medida estadísticamente a través del Índice de Precios al Consumidor del Área Urbana (IPCU), a partir de una canasta de bienes y servicios demandados por los consumidores de estratos medios y bajos, establecida a través de una encuesta de hogares.

Es posible calcular las tasas de variación mensual, acumuladas y anuales; estas últimas pueden ser promedio o en deslizamiento.

Desde la perspectiva teórica, el origen del fenómeno inflacionario ha dado lugar a polémicas inconclusas entre las diferentes escuelas de pensamiento económico. La existencia de teorías monetarias-fiscales, en sus diversas variantes; la inflación de costos, que explica la formación de precios de los bienes a partir del costo de los factores; los esquemas de pugna distributiva, en los que los precios se establecen como resultado de un conflicto social (capital-trabajo); el enfoque estructural, según el cual la inflación depende de las características específicas de la economía, de su composición social y del modo en que se determina la política económica; la introducción de elementos analíticos relacionados con las modalidades con que los agentes forman sus expectativas (adaptativas, racionales, etc), constituyen el marco de la reflexión y debate sobre los determinantes del proceso inflacionario.

La evidencia empírica señala que inflaciones sostenidas han estado acompañadas por un rápido crecimiento de la cantidad de dinero, aunque también por elevados déficit fiscales, inconsistencia en la fijación de precios o elevaciones salariales, y resistencia a disminuir el ritmo de aumento de los precios (inercia). Una vez que la inflación se propaga, resulta difícil que se le pueda atribuir una causa bien definida.

FECHA	VALOR
Julio-31-2017	0.10 %
Junio-30-2017	0.16 %
Mayo-31-2017	1.10 %
Abril-30-2017	1.09 %
Marzo-31-2017	0.96 %
Febrero-28-2017	0.96 %
Enero-31-2017	0.90 %
Diciembre-31-2016	1.12 %
Noviembre-30-2016	1.05 %
Octubre-31-2016	1.31 %
Septiembre-30-2016	1.30 %
Agosto-31-2016	1.42 %
Julio-31-2016	1.58 %
Junio-30-2016	1.59 %
Mayo-31-2016	1.63 %
Abril-30-2016	1.78 %
Marzo-31-2016	2.32 %
Febrero-29-2016	2.60 %
Enero-31-2016	3.09 %
Diciembre-31-2015	3.38 %
Noviembre-30-2015	3.40 %
Octubre-31-2015	3.48 %
Septiembre-30-2015	3.78 %
Agosto-31-2015	4.14 %

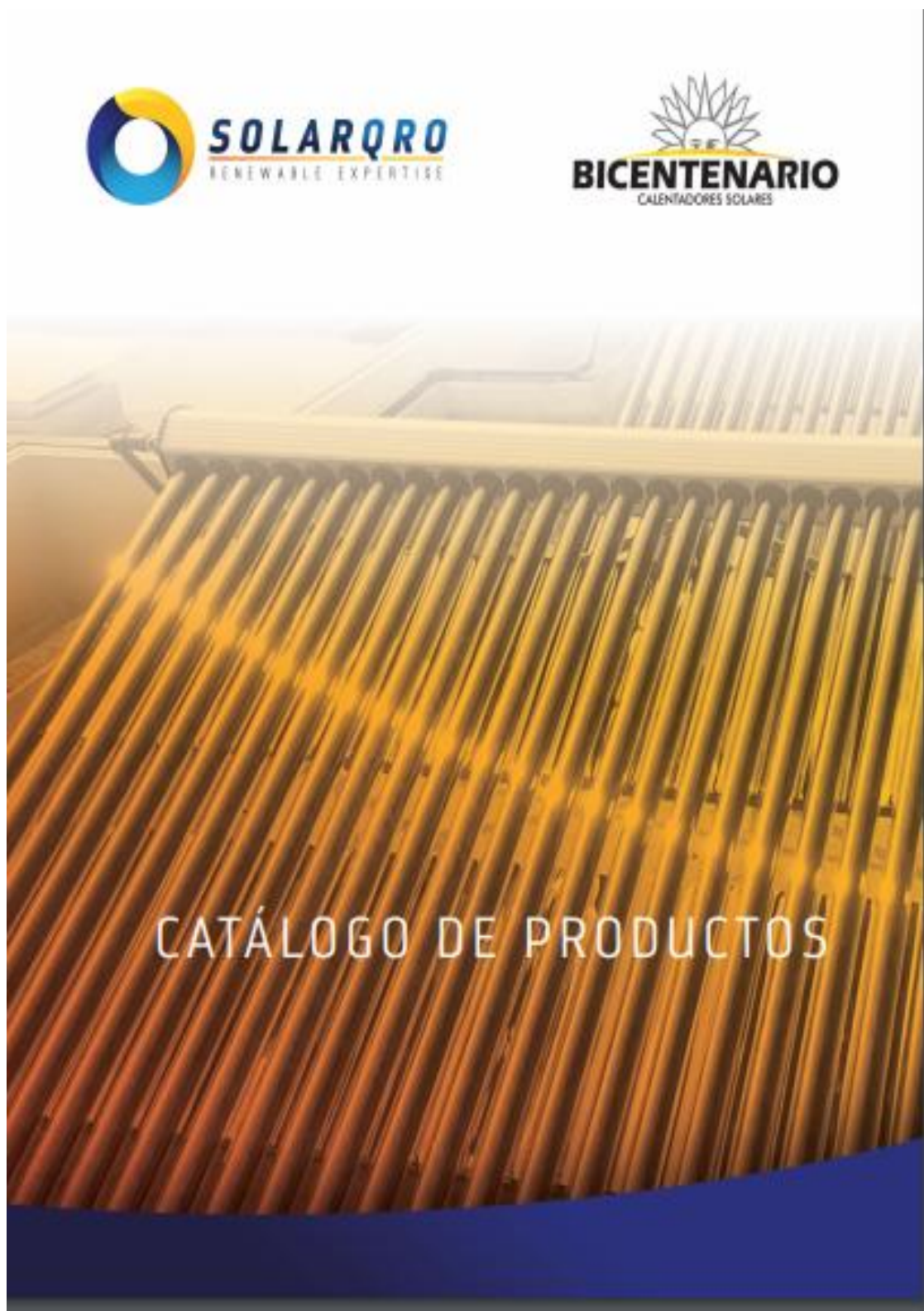
Indicadores Relacionados

% DE INFLACION MENSUAL
INFLACION - ACUMULADO MENSUAL
% Previsión de la inflación máxima anual
% Previsión de la inflación mínima anual

Activa
Ve a C

Fuente: https://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion

ANEXO 7. Catálogo de productos SOLARQRO





Grupo Solarqro® es una organización creada en 2006 en la ciudad de Querétaro, Qro., México. Somos líderes en la comercialización de equipos solares térmicos en el centro de la república mexicana. En 2012 iniciamos con la fabricación de equipos solares térmicos residenciales en México, en nuestra planta de Zapotlanejo, Jalisco. Contamos con una amplia red de distribución que crece día a día. A la fecha hemos instalado 200,000 metros cuadrados de equipos solares térmicos en México, lo que se traduce en 1, 000,000 kg/mes de CO2 mitigado a la atmósfera y hasta un 80% de ahorro de gas para nuestros clientes beneficiando su economía y calidad de vida.

En 2016 establecemos alianzas con despachos de ingeniería en Alemania y México para proyectos a gran escala de energías renovables. También abrimos nuestra planta en Haining, Zhejiang China para la producción de tanques térmicos. Y por último éste mismo año comenzamos con la distribución y comercialización de las marcas más prestigiosas de equipos fotovoltaicos, tanto paneles, inversoras, equipos de montaje etc.

Misión

Ofrecer la mejor calidad en nuestros productos y ofrecer un servicio de excelencia buscando satisfacer las exigencias de nuestros distribuidores y clientes en la república mexicana, comercializando sistemas de energía renovable fabricados con las tecnologías más modernas, avanzados diseños y la más alta eficiencia. Ofrecemos nuestros productos y servicios bajo el prestigio, la imagen y la excelencia de nuestra marca.

Visión

Ser una de las empresas líderes en México en el sector de energías renovables, comenzar a exportar equipos de energía renovable en 2016, logrando posicionarnos como una empresa global. Para 2020 estar dentro del top 10 en América del Norte como empresa de energías renovables.

Termosifón en Baja Presión- Modelos BTC

Es la opción de equipos residenciales, más accesible para nuestros clientes, son equipos que soportan únicamente la presión ejercida por el tinaco o tanque de agua en la azotea de la casa habitación. El tanque exterior y estructura de armado están fabricados con acero al carbón con pintura de alta resistencia para exteriores. El tanque interno está fabricado con acero inoxidable 304.



Termosifón en Baja Presión

FICHA TÉCNICA MODELO BTC - 58/1800 ACERO INOXIDABLE

Modelos	BTC-58/ 1800-8	BTC-58/ 1800-12	BTC-58/ 1800-16	BTC-58/ 1800-20	BTC-58/ 1800-25	BTC-58/ 1800-30
Capacidad total (L)	96	130	180	250	300	380
Peso total (kg)	36	45	57	69	86	103
Área de instalación (m ²)	1.6	2.24	2.88	3.52	4.3	5.1
Núm. De usuarios sugeridos*	1	2 a 3	4 a 5	5 a 6	7 a 8	9 a 10
Número de tubos en el colector	8	12	16	20	25	30
Presión máxima de operación	.5 kg/cm ²					
Diámetro de tubos	58 mm					
Longitud de tubos	1800 mm					
Diámetro Interior / Exterior del Tanque	470 mm / 360 mm					
Aislamiento térmico	55 mm poliuretano					
Tanque exterior	Espesor 0.40 mm Acero al carbón					
Tanque interior	Espesor 0.50 mm Acero Inoxidable SUS-304-2B					
Conexiones Entrada / Salida	3/4 Pulgada					
Guardapolvos / O'ring	EPDM					
Base de Tubos	Acero galvanizado					
Marco	Acero galvanizado					
Reflector (Se vende por separado)	SUS 202 / Aluminio					
Inclinación	20°/ 30°					
Eficiencia Diaria	> 80%					
Coefficiente de pérdidas de calor	10 W/m ² * K					
Resistencia Eléctrica (opcional según el modelo)	1200W / 220 V					
País de Fabricación / Certificados	MEXICO / CHINA					

1100000000