



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

Proyecto de Investigación y Desarrollo en opción al Grado Académico de
Magister en Gestión de Energías

TEMA:

“Evaluación del potencial energético solar en la Ciudadela El Bosque Cantón
Latacunga, durante el año 2015. Diseño de un prototipo de calentamiento de agua de
uso doméstico empleando energía solar”.

Autor:

TELLO Robayo, Segundo Ángel

Tutor:

Ing. MS.c. Proaño Maldonado, Xavier Alfonso

LATACUNGA – ECUADOR

Septiembre - 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

Proyecto de Investigación y Desarrollo en opción al Grado Académico de
Magister en Gestión de Energías

TEMA:

“Evaluación del potencial energético solar en la Ciudadela El Bosque Cantón Latacunga, durante el año 2015. Diseño de un prototipo de calentamiento de agua de uso doméstico empleando energía solar”.

Autor:

TELLO Robayo, Segundo Ángel

Tutor:

Ing. MS.c. Proaño Maldonado, Xavier Alfonso

LATACUNGA – ECUADOR

Septiembre – 2016



AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe del Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el posgraduado: Licenciado Humberto Isaías Chiguano Umajunga, con el título del trabajo de investigación y desarrollo titulado: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN LA CIUADELA EL BOSQUE CANTÓN LATACUNGA, DURANTE EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa.

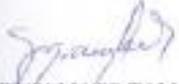
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

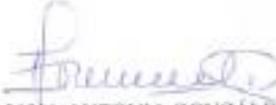
Latacunga octubre 17, 2016.

Para constancia firman:


MSc. MANUEL ÁNGEL LEÓN SEGOVIA
cc. 0200011755.....
PRESIDENTE


PhD. GUSTAVO RODRIGUEZ BARCENAS
cc. 175160357.....
MIEMBRO


PhD. JUAN MATO TAMAYO
cc. 2255790528.....
MIEMBRO


PhD. ILIANA ANTONIA GONZÁLES PAULA
cc. 13530370619.....
OPONENTE

**AVAL DEL TUTOR PARA LA APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO EN EL CONSEJO DE POSGRADO**

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE TUTOR

**En mi calidad de Tutor del Programa de Maestría en GESTIÓN DE ENERGÍAS,
nombrado por el Consejo de Posgrado.**

CERTIFICO:

**Que: analizado el Proyecto de Investigación y Desarrollo del Trabajo de Titulación,
presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo de la investigación para
optar por el grado de Magister en PROGRAMA DE POSGRADOS**

El problema de investigación se refiere a:

“Evaluación del potencial energético solar en la Ciudadela El Bosque Cantón
Latacunga, durante el año 2015. Diseño de un prototipo de calentamiento de agua de
uso doméstico empleando energía solar”.

**Presentado por: TELLO ROBAYO SEGUNDO ÁNGEL con cédula de ciudadanía N^a
0502221450.**

**Sugiero su aprobación y permita continuar con la ejecución del proyecto de
investigación y desarrollo.**

Latacunga, Septiembre del 2016

**Ing. MS.c. Proaño Maldonado, Xavier Alfonso
Tutor**

AUTOR

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación es propiedad y de exclusiva responsabilidad del autor, lo que incluye su autenticidad y su originalidad. La información citada o presentada tiene y se respeta sus derechos Reservados de Autoría.

Segundo Ángel Tello Robayo
C.I. 0502221450

Agradecimiento

A Dios, por otorgarnos el don de la vida y la salud para disfrutarla durante todo este tiempo.

Por su valiosa colaboración, al;

Ing. MS.c. Proaño Maldonado Xavier Alfonso

Lda. Lidia Rosaura Carrera Bracho

Ph.D. Gustavo Rodríguez Bárcenas

Ph.D. Iliana Antonia Gonzalez Palau

Vecinos.

Por transmitir de sus conocimientos y experiencias en beneficio de nuestra formación académica.

Gracias...

Dedicatoria

Dedicado a, mi hijo Isaac y mi querida esposa Nancy por el constante apoyo, esfuerzo, amor y sobre todo la paciencia y comprensión que me han tenido para mi desarrollo personal y académico. A mis queridos padres Mario y Martha por encontrarse presentes en los momentos más difíciles de mi vida y siempre estuvieron pendientes y brindándome su comprensión y cariño. A mis queridos hermanos Amada, Edgar, Azucena, María por brindarme la fuerza y comprensión que necesitaba, a mis queridos sobrinos Stalin, Paul, Joselyn, Mayarí porque con sus caricias y juegos de niños me han dado el valor para seguir adelante. A mis mejores amigos, por compartir la experiencia y sabiduría de cada uno.

Ángel Tello

Índice de contenido

<i>Agradecimiento</i>	<i>xi</i>
<i>Dedicatoria</i>	<i>xii</i>
<i>Índice de contenido</i>	<i>xiii</i>
<i>Índice de Tablas</i>	<i>xvi</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>xvii</i>
<i>Índice de Gráficos</i>	<i>xviii</i>
<i>Anexos</i>	<i>xx</i>
<i>Resumen</i>	<i>xxi</i>
<i>Abstract</i>	<i>xxii</i>
<i>Introducción</i>	<i>xxiv</i>
<i>A. Situación Problémica</i>	<i>xxv</i>
<i>CAPÍTULO I</i>	<i>1</i>
<i>1. MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO</i>	<i>1</i>
<i>1.1. Caracterización detallada del objeto</i>	<i>1</i>
<i>1.2. Marco Teórico de la Investigación</i>	<i>2</i>
<i>1.2.1. Argumentación acerca de la necesidad de la investigación</i>	<i>2</i>
<i>1.2.2. Antecedentes de estudio</i>	<i>3</i>
<i>1.3. Fundamentación de la Investigación</i>	<i>4</i>
<i>1.4. Aspectos Teóricos Fundamentales</i>	<i>7</i>
<i>1.5. Fuentes de energía</i>	<i>7</i>
<i>1.5.1. Energía solar</i>	<i>8</i>
<i>1.5.2. La Energía Solar en el Ecuador</i>	<i>8</i>
<i>1.5.3. Energía Solar Térmica</i>	<i>9</i>
<i>1.5.3.1. Tipos de Aprovechamientos</i>	<i>9</i>
<i>1.6. Distribución espectral de la radiación solar</i>	<i>9</i>
<i>1.7. Constante solar</i>	<i>10</i>
<i>1.8. Radiación solar sobre la superficie terrestre</i>	<i>11</i>
<i>1.8.2. Factores climáticos</i>	<i>11</i>
<i>1.9. Radiación global</i>	<i>11</i>
<i>1.9.1. Radiación directa</i>	<i>12</i>
<i>1.9.2. Radiación difusa</i>	<i>12</i>
<i>1.9.3. Radiación reflejada</i>	<i>12</i>
<i>1.10. Posición solar</i>	<i>13</i>
<i>1.11. Implementos de medición de la radiación solar</i>	<i>14</i>
<i>1.11.1. Heliógrafos</i>	<i>14</i>
<i>1.11.2. Piranómetros</i>	<i>15</i>
<i>1.12. Fundamentos básicos de transferencia de calor para la utilización de energía solar</i>	<i>17</i>
<i>1.12.1. Transmisión del calor por conducción</i>	<i>17</i>
<i>1.12.2. Transmisión del calor por convección</i>	<i>20</i>
<i>1.12.3. Transmisión del calor por radiación</i>	<i>22</i>

1.12. Sistema de calentamiento de agua convencional.....	25
1.13. Demanda de Agua para el usos Sanitario	26
1.14. Energía solar disponible en Ecuador	31
1.15. Sistema de Energía Solar para Calentamiento de Agua.....	33
1.15.1. Características	33
1.15.2. Tipos de colectores solares	34
1.15.2.1. Colector de placa plana esmaltada.....	34
1.15.2.2. Sistema termosifón	35
1.15.2.3. Sistema colector – tanque integrados	36
1.15.2.4. Sistema colector con tubo evacuado	37
1.16. Parámetros de Funcionamiento del Sistema de Calentamiento de Agua.....	38
1.16.1. Parámetros atmosféricos	38
1.16.2. Parámetros del sistema.....	38
1.16.3. Balance de energía en el calentador solar	39
1.16.4. Balance de energía en el colector solar.....	40
1.17. Mecánica de fluidos	43
1.18. Diseño de elementos Mecánicos	46
CAPÍTULO II	48
2. METODOLOGÍA.....	48
2.1. Diseño de la investigación	48
2.2. Modalidad de Investigación.....	48
2.2.1. De Campo.....	48
2.2.2. Bibliográfica–Documental.....	49
2.2.3. Experimental	49
2.2.4. Modalidades Especiales - Proyecto Factible.....	49
2.3. Nivel o tipo de investigación.....	49
2.3.1. Exploratorio	50
2.3.2. Descriptivo	50
2.3.3. Correlacional.....	50
2.3.4. Explicativo.....	50
2.4. Población y muestra.....	51
2.5. Método de Investigación	58
2.6. Operacionalización de variables	59
2.7. Técnicas e Instrumentos.....	59
CAPÍTULO III.....	61
3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	61
3.1. Parámetros iniciales	61
3.2. Análisis de histogramas y polígonos de frecuencia	61
3.3. Análisis de la cantidad de agua por persona.....	74
3.4. Demanda energética	76
3.5. Cálculo de energía eléctrica consumida mensualmente.....	78
3.6. Análisis del consumo energético utilizando el calefón a gas.....	80

CAPITULO IV.....	83
4. PROPUESTA.....	83
4.1 Datos Informativos.....	83
4.1.1 Título de la propuesta	83
4.1.2 Beneficiarios	83
4.1.3 Equipo Técnico Responsable	83
4.2 Antecedentes de la Propuesta	83
4.3 Justificación de la Propuesta.....	84
4.4 Objetivos de la Propuesta	85
4.4.1 Objetivo General.....	85
4.4.2 Objetivos Específicos	85
4.5 Análisis de Factibilidad	85
4.5.1 Análisis Técnico	85
4.5.2 Económico – Financiero.....	85
4.6. Fundamentación.....	86
4.6.1 Cálculos Térmicos.....	87
4.6.1.1 Cálculo de las Temperaturas y Calor que sale del Tubo.....	87
4.6.1.2 Calor que sale del tanque	93
4.6.1.3 Calentamiento del agua en el tubo.....	97
4.6.1.4 Determinación de la eficiencia del calentador de tubos al vacío.....	104
4.6.1.5. Posición solar.....	105
4.6.2 Cálculos Mecánicos	106
4.6.2.1 Cálculo del diámetro del tanque	106
4.6.2.2 Cálculo del esfuerzo tangencial.....	106
4.6.2.3 Determinación del espesor de cilindro	107
4.6.2.4 Análisis de la estructura.....	107
4.6.2.5 Cálculo de la columna de la estructura	109
4.7 Metodología	111
4.7.2. Termo tanque	111
4.7.1 Tubos al vacío	113
4.7.3. Estructura de soporte.....	114
4.7.4. Controlador digital y sensores.....	114
4.7.5. Resultados obtenidos con la implementación del prototipo	116
4.7.6. Análisis de histogramas y polígonos de frecuencia de los resultados	117
4.7.7. Montaje del calentador solar de tubos al vacío.....	123
4.7.8. Plan de mantenimiento.....	124
4.8. Aspecto Económico y Financiero.....	124
CONCLUSIONES.....	126
RECOMENDACIONES.....	128
Bibliografía	129

Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Valores Típicos de Coeficiente de Convección</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2: Recomendaciones de consumo de ACS</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 3: Consumo medio de agua caliente en la vivienda</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4: Consumo en kW-hora en la vivienda.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 5: Irradiación promedio anual en kwh/m².día.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 6: Radiación solar global de las provincias y ciudades del Ecuador</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 7: Características técnicas del colector solar</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 8: Datos meteorológicos.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 9: Matriz de la Operalización de las Variables.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 10: Técnica e Instrumentos.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 11: Consumo medio de agua caliente.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 12: Certificado y Criterios de Rio Solar.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 13: Demanda energética.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 14: Consumo energético</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 15: Costo final del calentador solar de tubos al vacío.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 16: Datos para Cálculo de Pérdidas de Calor en el Tubo al Vacío.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 17: Datos para cálculo del calentamiento del agua.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 18: Límite de Fluencia del Acero inoxidable AISI 316</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 19: Medidas de la estructura soporte</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 20: Temperatura en los meses de junio y julio</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 21: Pérdida de temperatura en la mañana el 22 de junio.....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 22: Pérdida de temperatura al medio día el 24 de julio.....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 23: Pérdida de temperatura en la tarde el 03 de julio</i>	<i>122</i>

Índice de Figuras

<i>Figura 1: Ubicación Geográfica del la vivienda.....</i>	<i>2</i>
<i>Figura 2: Heliógrafos empleados para medir la duración de la luz solar.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3: Piranómetro, medición de la radiación global, directa y difusa.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 4: Calentador de punto</i>	<i>25</i>
<i>Figura 5: Calentadores de Paso</i>	<i>26</i>
<i>Figura 6: Calentadores de acumulación</i>	<i>26</i>
<i>Figura 7: Ubicación Geográfica</i>	<i>51</i>
<i>Figura 8: Piranómetro, Medición de la Radiación Global, Directa y Difusa.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 9: Cronómetro Digital con Memoria.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 10: Tipos de Termómetros</i>	<i>58</i>
<i>Figura 11: Equipo piranómetro haciendo las mediciones de los datos</i>	<i>61</i>
<i>Figura 12: Caudal de Agua en litros/min.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 13: Medición de voltaje.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 14: Medición de los amperios.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 15: Calefón olym 10 litros</i>	<i>80</i>
<i>Figura 16: Lectura del cilindro lleno</i>	<i>81</i>
<i>Figura 17: Calentador solar de tubos al vacío.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 19: Características del termo tanque</i>	<i>112</i>
<i>Figura 18: Características del tubo de vidrio al vacío</i>	<i>113</i>
<i>Figura 20: Estructura de soporte</i>	<i>114</i>
<i>Figura 21: Controlador digital y sensores</i>	<i>116</i>
<i>Figura 22: Prototipo de calentador solar.....</i>	<i>117</i>

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Irradiancia solar espectral vs. Longitud de onda	10
Gráfico 2: Tipos de radiación solar que llegan a la tierra.....	12
Gráfico 3: Posicionamiento solar.....	14
Gráfico 4: Medidas Piranométricas para diferentes condiciones ambientales.....	17
Gráfico 5: Proceso de conducción.....	18
Gráfico 6: Proceso de convección.....	20
Gráfico 7: Colector de placa plana esmaltada.....	35
Gráfico 8: Sistema termosifón	36
Gráfico 9: Sistema colector – tanque integrados	37
Gráfico 10: Sistema colector con tubo evacuado	38
Gráfico 11: Velocidad de Flujo Másico.....	44
Gráfico 12: Velocidad de Flujo de Volumen	45
Gráfico 13: Cosine Response of SP Series Pyranometers	54
Gráfico 14: Radiación solar de 6H30 a 7H00 am.....	62
Gráfico 15: Radiación solar de 7H00 a 7H30 am.....	62
Gráfico 16: Radiación solar de 7H30 a 8H00 am.....	63
Gráfico 17: Radiación solar de 8H00 a 8H30 am.....	64
Gráfico 18: Radiación solar de 8H30 a 9H00 am.....	64
Gráfico 19: Radiación solar de 9H00 a 9H30 am.....	65
Gráfico 20: Radiación solar de 9H30 a 10H00 am.....	65
Gráfico 21: Radiación solar de 10H00 a 10H30 am.....	66
Gráfico 22: Radiación solar de 10H30 a 11H00 am.....	66
Gráfico 23: Radiación solar de 11H00 a 11H30. am.....	67
Gráfico 24: Radiación solar de 11H30 a 12H00 am.....	67
Gráfico 25: Radiación solar de 12H00 a 12H30 am.....	68
Gráfico 26: Radiación solar de 12H30 am. a 13H00 pm.....	68
Gráfico 27: Radiación solar de 13H00 a 13H30 pm.....	69
Gráfico 28: Radiación solar de 13H30 a 14H00 pm.....	69
Gráfico 29: Radiación solar de 14H00 a 14H30 pm.....	70
Gráfico 30: Radiación solar de 14H30 a 15H00 pm.....	70
Gráfico 31: Radiación solar de 15H00 a 15H30 pm.....	71
Gráfico 32: Radiación solar de 15H30 a 16H00 pm.....	71
Gráfico 33: Radiación solar de 16H00 a 16H30 pm.....	72
Gráfico 34: Radiación solar de 16H30 a 17H00 pm.....	72
Gráfico 35: Radiación solar de 17H00 a 17H30 pm.....	73
Gráfico 36: Radiación solar de 17H30 a 18H00 pm.....	73
Gráfico 37: Consumo diario de agua por la familia	75
Gráfico 38: Esquema de Tubos al Vacío	87
Gráfico 39: Circuito Térmico Equivalente	88
Gráfico 40: Circuito térmico equivalente simplificado del tubo al vacío	92
Gráfico 41: Diagrama del termo tanque	94
Gráfico 42: Circuito térmico equivalente del termo tanque	94

<i>Gráfico 43: Calentamiento del agua mediante la radiación solar.....</i>	<i>97</i>
<i>Gráfico 44: Diagrama de estructura del calentador solar.....</i>	<i>108</i>
<i>Gráfico 45: Figura del cuerpo libre de la columna.....</i>	<i>109</i>
<i>Gráfico 46: Diagrama de cuerpo libre de la columna</i>	<i>110</i>
<i>Gráfico 47: Pérdida de temperatura en la mañana el 22 junio.....</i>	<i>120</i>
<i>Gráfico 48: Pérdida de temperatura al medio día el 24 julio</i>	<i>122</i>
<i>Gráfico 49: Pérdida de temperatura en la tarde el 03 julio</i>	<i>123</i>

Anexos

<i>Anexo 1: Potencial energético solar en el mes de septiembre (w/m²)</i>	133
<i>Anexo 2: Potencial energético solar en el mes de octubre (w/m²)</i>	134
<i>Anexo 3: Potencial energético solar en el mes de noviembre (w/m²)</i>	135
<i>Anexo 4: Cantidad de agua consumida litros/minuto por cada persona</i>	136
<i>Anexo 5: Temperatura de uso</i>	137
<i>Anexo 6: Tabla de conductividad térmica del acero</i>	138
<i>Anexo 7: Propiedades del tubo galvanizado cuadrado</i>	139
<i>Anexo 8: Propiedades mecánicas del tubo galvanizado</i>	140
<i>Anexo 9: Longitudes efectivas de columnas</i>	140
<i>Anexo 10: Presión permisible [Fa]</i>	141
<i>Anexo 11: Temperatura (°C) registrada en el controlador TK-8A</i>	142
<i>Anexo 12: Costo del cilindro de gas sin considerar transporte, envasado y distribución</i>	143
<i>Anexo 13: Cálculo del VAN Y TIR</i>	144



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
Maestría en Gestión de Energías

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN LA CIUDADELA EL BOSQUE
CANTÓN LATACUNGA, DURANTE EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE
CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR

Autor: Tello Robayo Segundo Ángel Ing.
Tutor: Proaño Maldonado Xavier Alfonso Ing. MS.c.

Resumen

El presente trabajo consiste en el diseño de un calentador de agua con energía solar; este es un equipo que utiliza la radiación solar para incrementar la temperatura de sustancias, como agua, aceite, salmuera, glicol o incluso aire. Su uso más común es en albercas o servicios sanitarios (duchas, lavado de ropa, vajilla etc.) tanto en ambientes domésticos, comerciales e industriales. El calentador de agua empleando energía solar se lo utiliza en el consumo doméstico, como alternativa para sustituir los calentadores tradicionales, como calefones de gas licuado de petróleo (GLP), termostatos y duchas que utilizan energía eléctrica y otro tipo de energías convencionales. Éste equipo que se lo instaló en el domicilio ubicado en la ciudadela El Bosque en la ciudad de Latacunga, es una opción muy práctica si se toma en cuenta las bajas temperaturas solares necesarias (40°C a 60°C) para lograr su objetivo. Estos sistemas para calentamiento de agua están constituidos por dos elementos principales: El colector, encargado de recibir y transformar la energía incidente durante la radiación solar y el tanque de almacenamiento aislado para que conserve la temperatura y suministre agua caliente durante el día y también se mantenga la misma por la noche. La recolección de datos y el análisis de la información del potencial energético se lo ejecutó durante tres meses para posterior interpretación de resultados obtenidos. Los parámetros de diseño son en base a la cantidad de agua y el tiempo que se demora en utilizar el agua caliente para uso sanitario en la familia. En el diseño del prototipo de calentador de agua empleando energía solar se obtuvo temperaturas que alcanzan desde (40°C a 96°C) y una eficiencia del 84%, gozando así de una mayor confiabilidad del sistema. Con la aplicación de esta técnica y el equipo, se puede prescindir de las energías convencionales para el calentamiento de agua de uso sanitario en los domicilios, mejorando la calidad de vida y a la vez reduciendo el consumo de energías fósiles.

Descriptor: Potencial energético solar, optimizar energías convencionales, sistema de calentamiento de agua, aprovechamiento energía alternativa.



COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
POSGRADO DEPARTMENT
Magister in Energy Management

EVALUATION OF SOLAR ENERGY POTENTIAL IN THE BOSQUE NEIGHBORHOOD ON LATACUNGA CITY, DURING THE YEAR 2015. DESIGNING A PROTOTYPE OF HEATING DOMESTIC WATER USING SOLAR POWER

Autor: Tello Robayo Segundo Ángel Ing.
Tutor: Proaño Maldonado Xavier Alfonso Ing. MS.c.

Abstract

This paper is the design of a solar water heater with solar energy; this is a team that uses solar radiation to increase the temperature of substances, such as water, oil, brine, glycol or air. The most common use of solar heater is heating water for pools or bathrooms (showers, laundry or dishes etc.) both in domestic, commercial and industries environments. The solar water heater using energy for domestic consumption, as an alternative for replacing traditional heaters, as water heater that use liquefied petroleum gas (LPG), thermostats and showers that use conventional energy. This device was installed in “The Bosque” neighborhood on Latacunga city; it is a good option if it considers the low temperatures necessary (from 40°C to 60°C). Solar systems for water heating are composed of two main elements: The collector, responsible for receiving and transforming the incident solar radiation energy during the day and also keep the same night. Data collection and information analysis to energy potential was executed for three months for subsequent interpretation of results. The design parameters are based on the water amount and the time it takes to use hot water for sanitary use in the family. The prototype design using solar energy water heater temperatures ranges (from 40°C to 96°C) and an efficiency of 84% thus enjoying greater system reliability was obtained. With the application of this technique and equipment can be dispensed with conventional energy for heating water for sanitary use in the home, improving the quality of life while reducing consumption of fossil fuels.

Descriptors: Solar energy potential, optimize conventional energy, water heating system, use alternative energy.

Introducción

El Ecuador tiene una cultura energética arraigada en la utilización de combustibles fósiles. El uso de Sistemas de Calentamiento de Agua con Energía Solar en los domicilios es tan solo del 10,2 % en el país.

Esto se debe a la falta de divulgación, carencia de una visión empresarial, barreras climatológicas, falta de incentivos y apoyo gubernamental. Evidentemente, hay zonas en el país donde estos equipos son más utilizados, como Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato y algunas ciudades del norte.

Sin embargo, se puede constatar que algunos fabricantes frustran las expectativas generadas con sus equipos, principalmente en razón de la utilización de materiales inadecuados o la desobediencia a las normas de fabricación. Así, acaban convirtiéndose en un gran obstáculo para la difusión de la tecnología solar térmica.

Un calentador de agua solar, como su nombre lo indica, tiene el propósito de producir agua caliente sin necesidad de la quema de combustibles fósiles, utilizando únicamente energía solar que el sistema convierte en calor.

Las ventajas económicas y ecológicas de la generalización de este tipo de tecnología son evidentes: el ahorro o la eliminación del uso de hidrocarburos y combustibles, tales como gas natural, gas (GLP), carbón, leña y combustible en la producción de agua caliente para aplicaciones domésticas, turísticas, de esparcimiento e industriales; así como el consecuente impacto positivo en el medio ambiente, en virtud de que el uso de la energía solar contribuye a prolongar el tiempo de existencia de los recursos naturales.

La posición geográfica del Ecuador es muy buena es uno de los países más ricos en el recurso energético solar, su divulgación no es una práctica generalizada, no obstante que la aplicación de este tipo de energía alternativa representa grandes oportunidades.

A. Situación Problemática.

Actualmente en el mundo el consumo de electricidad es muy alto y en un futuro seguirá aumentando la necesidad de dicho recurso, lo que causará aumento de costos. Los efectos contaminantes para el ambiente al usar este tipo de fuente energética proveniente de los combustibles fósiles crea la necesidad de optar nuevas alternativas menos dañinas para el ambiente.

Una de estas alternativas constituye las aplicaciones energéticas con energía solar cuyo uso como fuente energética se remonta a principios de la humanidad y en la actualidad han cobrado gran importancia, por las siguientes características: Es una energía abundante, gratuita, fuente energética limpia y ecológica, tecnología accesible al medio, coste de generación amortizable y energía renovable.

El sol se ha constituido en todas las épocas una fuente energética natural irremplazable para la humanidad porque gracias a su abundante y gratuito potencial energético puede tener aplicaciones variadas como: calentamiento de agua de uso domiciliario, generación de vapor, secado de productos, ambientación, climatización, obtención de hidrógeno, obtención de temperaturas elevadas, estas aplicaciones utilizan a diario tanto en los sectores domésticos como industriales.

Razón por la cual la Organización Latinoamérica de energía (olade) y el Ecuador mediante el Ministerio de Electricidad y Energías renovables, Universidades y Escuelas Politécnicas del Ecuador han efectuado trabajos de prospección del recurso solar, diseños de tipos y prototipos experimentales y productivos, que han insertado al Ecuador en el campo de la transformación de energía solar y se ha determinado la factibilidad técnica de proceder a desarrollar a pequeña y mediana escala y mediante escala de transformación energética del sol, particularmente en el calentamiento del agua de uso doméstico.

Se pretende con el presente trabajo, sustituir el gas licuado de petróleo y la fuente de energía eléctrica por el sistema de calentamiento de agua empleando la energía

solar, diseñando un prototipo, como una alternativa energética económica, ecológica y popular. El estudio considera las siguientes variables:

Variable Independiente: Potencial energético solar.

Variable Dependiente: Sistema de calentamiento de agua empleando energía solar para uso sanitario.

El uso de las energías alternativas evitara la contaminación y la economía en las familias con este sistema de calentamiento de agua.

- **Justificación de la investigación**

El proyecto está relacionado con el aprovechamiento de la energía solar que se justifica desde los siguientes puntos de vista:

El Ecuador para satisfacer su demanda energética utiliza en los diferentes sectores energía cinética (hidráulica) y la combustión de petróleo (Térmica), en función de las diferentes plantas de transformación de energías instaladas a nivel nacional y el componente proveniente del sol es casi nula.

Es bueno recordar que la transformación de energía primaria proveniente de los derivados del petróleo y tiene una eficiencia térmica de alrededor del 30%, y la energía hidráulica un 80%, el cambio de transformación con la energía alternativa (sol) en energía útil para calentar agua de consumo sanitario e industrial, con la característica de que esta energía primaria es completamente gratuita y abundante, así como inagotable, no así con el elevado precio del petróleo.

El alto grado de contaminación que acarrea consigo la utilización de energías provenientes del petróleo y la sedimentación y escases de agua utilizando las energías hidráulicas, mientras que la utilización de las energías alternativas para calentar agua para uso sanitario, y no tiene ninguna clase de contaminación.

El Coste de transformación de energía solar en uso térmico, es amortizable en el tiempo, como se demostrara a lo largo de este estudio.

Con la consideración de todo lo anterior se justifica plenamente la realización de un sistema de calentamiento de agua para uso doméstico en la ciudad de Latacunga, proyecto que pretende constituirse en un estudio demostrativo de las bondades técnicas, económicas, ecológicas del uso de la energía solar.

- **Objeto de Estudio de la investigación**

Sistema Termodinámico para elevar la temperatura.

- **Campo de acción de la investigación**

Sistema de calentamiento de agua empleando energía solar para uso doméstico.

- **Hipótesis**

La evaluación del potencial energético solar en la ciudadela El Bosque durante el año 2015, permitirá diseñar un prototipo de un sistema de calentamiento de agua empleando energía solar para uso doméstico.

- **Objetivo General**

Diseño de un prototipo de calentamiento de agua de uso doméstico empleando energía solar.

- **Sistema de objetivos específicos**

- Revisar el marco teórico referente al tema de investigación.

Se investigará tomando estudios que estén acorde al proyecto de investigación para que el proyecto sea factible y eficiente.

- Estudiar las generalidades para implementar el sistema energético alternativo.

Tomando modelos de los proyectos ya construidos se hará relación para poder establecer el mejor material y el dimensionamiento del prototipo de calentamiento de agua empleando energía solar.

- Evaluar el potencial energético del sol en la Ciudad de Latacunga.

Para ello se procederá a medir en el mismo sitio con los equipos como son el piranómetro, para de esta manera establecer el potencial energético que existe en el lugar de la investigación.

- Ejecutar el análisis de costos y rentabilidad del sistema.

Con relación a los sistemas convencionales de sistemas de calentamiento de agua se hará una relación del costo beneficio con el proyecto de investigación.

- Determinar el ángulo de incidencia de la irradiación solar según el día y la hora, para conocer su variabilidad.

La relación de la investigación del movimiento de la tierra con respecto al sol se tomara de los estudios realizados para establecer el ángulo de inclinación.

- Diseñar un prototipo de un calentador solar con las condiciones requeridas para el problema planteado.

Después de establecer todos los análisis del proyecto se construirá el prototipo del calentamiento de agua empleando energía solar para uso domiciliario en una vivienda del sector.

- Determinar la eficiencia del calentador de agua de uso doméstico.

Una vez ya construido el prototipo se realizara un análisis de cuan eficiente es el calentador de agua.

- **Visión epistemológica de la investigación**

Paradigma o Enfoques

En el trabajo de investigación se utiliza el enfoque cuantitativo y cuantitativo; debido a que se realizaron mediciones, descripciones y observaciones, métodos para realizar la medición se elaboró un cronograma de registros para realizar en el sitio de estudio y el uso de la estadística para la comprobación de hipótesis y en función de

estos datos estableceremos conclusiones y recomendaciones sobre las variables de investigación.

Alcance de la investigación

La presente investigación pretende o tiene como alcance diseñar un prototipo para sustituir los calefones convencionales por el sistema de calentamiento de agua solar para uso doméstico y así reducir la contaminación al medio ambiente. El calentador de agua empleando energía solar cuyo uso sanitario o industrial, para no depender de los combustibles fósiles que tanto mal le hacen a la atmósfera y así poder disminuir la contaminación y evitar enfermedades a la población, y también disminuir el consumo económico.

- **Descripción Breve del Proyecto**

En éste proyecto de tesis se aplican varias técnicas de investigación estudiadas, las cuales son tanto innovadoras como de gran ayuda para las familias. Con la aplicación de la técnica y equipo necesario en el calentamiento de agua solar de uso sanitario, se podrá prescindir de las energías convencionales, mejorar la calidad de vida y reducir el consumo excesivo de energías fósiles utilizadas en el calentamiento de agua, entonces la investigación se desarrollara de la siguiente forma.

CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

En el capítulo se realiza una caracterización del objeto, se determina el marco teórico de la investigación, fundamentación y bases teóricas del problema a investigar.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.

Se detalla los métodos para realizar la investigación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Recolección y tratamiento de la información.

CAPÍTULO IV. PROPUESTA.

Se propone la solución al problema, y se detalla todos los materiales utilizados, y todo el procedimiento de la elaboración del proyecto.

CAPÍTULO I

1. MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

1.1. Caracterización detallada del objeto

Objeto: Sistema de calentamiento de agua para elevar la temperatura en una de las viviendas de la ciudadela El Bosque, ubicada en la Ciudad de Latacunga.

La investigación se realiza tomando en consideración los siguientes aspectos:

Evaluar el potencial energético del sol.

Y la cantidad de agua caliente utilizada para el uso sanitario.

La situación energética a nivel mundial, busca disminuir las emisiones de gases producidas por los derivados del petróleo (GLP), y hacer uso de las energías alternativas para calentamiento de agua solar para el uso sanitario e industrial.

En el Ecuador, según la regulación 004/11 del CONELEC, que, la seguridad energética para el abastecimiento de la electricidad debe considerar la diversificación y participación de las energías renovables no convencionales, a efectos de disminuir la vulnerabilidad y dependencia de generación eléctrica a base de combustibles fósiles.

Se pretende con el presente trabajo ser partícipe de utilizar energías alternativas para uso del sistema de calentamiento de agua con energía solar diseñando un prototipo que permita cambiar el uso de combustibles fósiles (GLP), así como la electricidad en el calentamiento de agua para uso sanitario como una alternativa energética económica, ecológica y popular.

La vivienda donde se va hacer el análisis está ubicada en Ecuador – Provincia de Cotopaxi – Cantón Latacunga – Parroquia Ignacio Flores – Ciudadela El Bosque Calle Los Ceibos y Pasaje S/n y Av. Unidad Nacional.



Figura 1: Ubicación Geográfica de la vivienda

Fuente: <https://www.google.com.ec/maps/@>

El período para la investigación es de tres meses de registros para evaluar el potencial energético solar. Además el desarrollo del sistema será en el área de calentamiento de agua para uso sanitario para disminuir el consumo de energías convencionales. El desarrollo o aplicación de tecnología ayuda a mejorar muchos aspectos en la vida de las personas, tanto en el aspecto económico como social, finalmente ayudará al medio ambiente.

1.2. Marco Teórico de la Investigación

1.2.1. Argumentación acerca de la necesidad de la investigación

El Ecuador es un país con características topológicas muy variadas, de gran diversidad climática y condiciones únicas que le confieren un elevado potencial de energías renovables y limpias, las cuales no pueden quedar al margen del inventario de los Recursos Energéticos para Producción Eléctrica, pues las condiciones de cobertura y satisfacción de la demanda que representan en la actualidad, demuestra un estrecho vínculo especialmente con la electrificación y energización rural.

El diseño de políticas, estrategias y medidas para incentivar el mayor uso de las energías limpias que promuevan el desarrollo especialmente en zonas rurales e incluso en las zonas Urbanas, se fundamenta en su cuantificación, disponibilidad y distribución estacional en el territorio.

En uso de las atribuciones que le confiere la Constitución Política del Estado, que el consumo energético ecuatoriano se sustente, mayormente en hidrocarburos; minerales, combustibles recursos naturales no renovables, es imperioso que se busquen fuentes sustitutivas para producir energía y que a su vez, expide el siguiente.

(Reglamento, 1982) Artículo 1.- El Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales, a través de las instituciones de investigación y bajo la coordinación del Instituto Nacional de Energía (INE), a fin de adoptar y desarrollar nuevas tecnologías para la utilización de estos recursos.

1.2.2. Antecedentes de estudio

En la investigación (Jimenez & Portalan, 2009): el autor manifiesta

El dimensionamiento del sistema energético, esto es: demanda energética y recurso disponible, que al compatibilizarlos permitieron determinar teóricamente el área del panel solar a utilizar, en esta investigación utiliza el método de la modelación matemática que considera factores mecánicos, térmicos e hidráulicos, y concluye con esto la eficiencia del sistema de calentamiento de agua de uso doméstico en función a dos variables, la una es el número de usuarios y la otra la radiación solar disponible esta estandarización cubrió un rango de 1 a 20 usuarios y la radiación incidente entre 200 y 1000W/m²". (p.18)

En la investigación: (Burbano, Restrepo, & Sabogal, 2006), en este artículo los autores manifiestan el diseño y construcción directa de un calentador de agua operado por termosifón, para el uso sanitario, en esta investigación utiliza el método matemático para la selección de los materiales y el proceso de construcción, con base en las normas técnicas Colombianas NTC 4368 y NTC 2461.

La conclusión de este trabajo se puede afirmar que el sistema solar para el calentamiento de agua alcanza las condiciones de temperatura requeridas para ser usadas en el consumo doméstico de manera eficiente, e igualmente permite conservarla en las noches y periodos de poca radiación.

1.3. Fundamentación de la Investigación

El aprovechamiento de la energía solar en la tierra, con relación a las energías geotérmica y nuclear las fuentes energéticas empleadas por el ser humano tienen un origen solar. Por ejemplo, los combustibles fósiles son el resultado de la energía de origen solar acumulada en determinados seres vivos que al pasar el tiempo reaccionan químicamente formando petróleo, gas o carbón. La investigación corresponde a la de proyecto factible. Proyecto factible según (Jimenez & Portalan, 2009).

La radiación solar incidente en la tierra puede aprovecharse, por su capacidad para calentar o directamente, a través del aprovechamiento de la radiación en dispositivos óptimos o de otro tipo. Este es un tipo de energía renovable limpia, lo que se conoce como energía verde. (p. 26).

En la Constitución de la República del Ecuador existen leyes y reglamentos que resguardan a la biodiversidad, a los recursos naturales y al uso de recursos renovables. Además, el Estado Ecuatoriano fomenta el uso de energías limpias con el

fin de disminuir la contaminación ambiental producida por el uso inapropiado y el mal manejo de combustibles fósiles.

La Constitución de la República del Ecuador como el Plan Nacional del Buen Vivir apoyan las investigaciones en el campo de las energías alternativas y su vez la Vicepresidencia comandada por el Ing. Jorge Glas se encuentra cambiando la matriz energética para no ser un país dependiente de los combustibles fósiles.

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

TÍTULO VII: RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR

CAPÍTULO SEGUNDO: BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES

SECCIÓN SÉPTIMA

BIÓSFERA, ECOLOGÍA URBANA Y ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Artículo 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua. Las energías renovables deben ser aprovechables en el mayor porcentaje posible ya que esto dará lugar a futuras investigaciones.

En el Plan Nacional del Buen Vivir para los años comprendidos entre el 2013 y el 2017, el Estado Ecuatoriano propone una revolución del conocimiento, dicha revolución plantea una innovación en cualquier ámbito utilizando como bases principales la ciencia y la tecnología, esto llevará al Ecuador a no ser dependiente de recursos naturales no renovables como lo ha sido con el petróleo, se puede innovar en diferentes campos uno de ellos es utilizando energías limpias que ayuden a cambiar la matriz energética del país, un ejemplo de esto es las implementación de un destilador solar térmico.

PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR 2013 - 2017

OBJETIVOS NACIONALES PARA EL BUEN VIVIR

OBJETIVO 7: GARANTIZAR LOS DERECHOS DE LA NATURALEZA Y PROMOVER LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL, TERRITORIAL Y GLOBAL

7.7. Promover la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles como medida de prevención de la contaminación ambiental.

- a. Implementar tecnologías, infraestructuras y esquemas tarifarios, para promover el ahorro y la eficiencia energética en los diferentes sectores de la economía.
- b. Promover investigaciones para el uso y la generación de energías alternativas renovables, bajo parámetros de sustentabilidad en su aprovechamiento.

Toda investigación que se realice contará con el apoyo del Estado Ecuatoriano ya que lo que se busca es el uso de energías alternativas, la investigación a realizar encajaría perfectamente en el objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir.

PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR 2013 - 2017

OBJETIVOS NACIONALES PARA EL BUEN VIVIR

OBJETIVO 11: ASEGURAR LA SOBERANÍA Y EFICIENCIA DE LOS SECTORES ESTRATÉGICOS PARA LA TRANSFORMACIÓN INDUSTRIAL Y TECNOLÓGICA

11.1. Reestructurar la matriz energética bajo criterios de transformación de la matriz productiva, inclusión, calidad, soberanía energética y sustentabilidad, con incremento de la participación de energía renovable.

- a. Aprovechar el potencial energético basado en fuentes renovables.

b. Fortalecer la investigación científica en los ámbitos energéticos, de industrias básicas y de generación y uso sustentable de energía renovable, para la industria, los hogares, el transporte y la producción.

Las investigaciones en ámbitos energéticos utilizando energías renovables deben ser fructíferas y de esto se debe aprovechar el mayor potencial energético posible, al incentivar las investigaciones con cualquier tipo de energía renovable, no solo se estaría ayudando a disminuir la contaminación ambiental, sino también se debe observar desde el ámbito social ya que varios estudiantes van a poder contar con una guía para sus prácticas de laboratorio, fruto del aprovechamiento de la energía solar.

1.4. Aspectos Teóricos Fundamentales

1.5. Fuentes de energía

La energía es la capacidad que tiene un determinado sistema para producir trabajo. Se mide en Joule, y a pesar de ser un fenómeno único puede manifestarse de diferentes formas como son: la mecánica, eléctrica, calorífica, entre otras. Todas las energías mencionadas anteriormente pueden transformarse unas en otras, manteniendo el principio fundamental de conservación el cual plantea que la energía no se crea ni se destruye; solo se transforma (Regio, 2014)

Las fuentes de energía se clasifican en dos grupos: las no renovables y las renovables. Esta última será motivo de investigación en el presente trabajo, ya que en el Ecuador se prevé que los combustibles fósiles llegarán a su fin en un futuro no muy lejano y las fuentes alternativas de energía serán las más empleadas. Las fuentes de energía generalmente son de origen hidráulico y químico, en este último campo se puede encontrar a los combustibles fósiles, los cuales se agotan a una velocidad acelerada. Es por ello que se requiere de la implementación de energías limpias y ecológicas que ayuden a disminuir la contaminación ambiental. A los elementos de la naturaleza que pueden suministrar energía se les denomina fuentes de energía.

1.5.1. Energía solar

La energía solar es la obtenida del Sol. La radiación que incide en la superficie terrestre puede ser utilizada directamente como energía calorífica (Energía Solar Térmica. También, puede ser transformada por medio de paneles solares, en energía eléctrica (Energía Solar Fotovoltaica). Es de interés para la presente investigación la solar térmica.

Esta energía renovable tiene como base fundamental al sol que es la estrella más cercana a la tierra, posee un radio de 695000 kilómetros, su temperatura media superficial se aproxima a los 6000 °K, mientras que su periodo de rotación va desde los 25 días en el Ecuador hasta los 36 días cerca de los polos. Se debe tomar en cuenta que la energía solar está sometida a continuas fluctuaciones y a variaciones bruscas, en términos generales la intensidad de la energía solar disponible en un punto determinado de la tierra depende del día del año, de la hora y de la latitud, además la cantidad de energía que puede recogerse depende de la orientación y las características del dispositivo receptor.

1.5.2. La Energía Solar en el Ecuador

De los datos obtenidos del Consejo Nacional de Electricidad “El Ecuador es un país con características topográficas muy variadas, de gran diversidad climática y condiciones únicas que le confieren un elevado potencial de energías renovables y limpias” (Conelec, 2008)

A pesar del costo el país a invertido mucho economicamnete. Desde el 2005 también funciona un parque fotovoltaico en Floreana, que cubre el 30% de la energía eléctrica requerida. Estos dos proyectos son impulsados a través de Energía Renovable. En octubre del 2012 se inició la construcción de un nuevo parque eólico en Baltra con capacidad de 2,1 MW, según Marco Salao, presidente ejecutivo encargado de Elecgalapagos. Además, están en estudios los proyectos de otros dos

parques eólicos: el de Salinas, entre Carchi e Imbabura (15 MW), Minas de Huascachaca y el Hidroeléctrico Mina (SN, 2013). En la actualidad poco a poco se va implementando a nivel mundial el uso de energías renovables.

El atlas del Ecuador es muy importante porque nos ayuda a identificar el potencial calorífico que tiene el país por zonas y sectores a nivel nacional para una mejor elección del diseño y construcción.

1.5.3. Energía Solar Térmica

La energía solar térmica se utiliza principalmente para calentar fluidos, normalmente agua. Dependiendo de la temperatura final alcanzada por el fluido a la salida, las instalaciones solares térmicas se dividen en: de baja, media y alta temperatura.

1.5.3.1. Tipos de Aprovechamientos

Instalaciones solares térmicas de baja temperatura: Son las más extendidas y se destinan a aquellas aplicaciones que no exigen temperaturas del agua superiores a los 363 Kelvin.

Instalaciones solares térmicas de media temperatura: Son destinadas a aquellas aplicaciones que exigen temperaturas del agua comprendidas entre los 363 °K y 523 °K. (Frohlich, 1977)

Instalaciones solares térmicas de alta temperatura: Se emplean en aquellas aplicaciones que requieran temperaturas superiores a 523 Kelvin.

1.6. Distribución espectral de la radiación solar

La energía solar se transmite en forma de radiaciones electromagnéticas o luz que consiste en la combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se

propagan a través del espacio transportando energía y cargas eléctricas de un lugar a otro.

(Ibáñez Plata, Rosell Polo, & Rosell Urrutia, 2005), el Sol emite radiación en toda la gama del espectro electromagnético, desde los rayos gamma hasta las ondas de radio. Pero debido al efecto de la fotosfera, que se encuentra próxima a los 6 000 °K, el flujo de energía emitida por el sol corresponde al de un cuerpo negro a esa temperatura.

La luz es la radiación que resulta visible al ojo humano. El 99 % de la radiación visible está comprendida entre 400 y 730 nm. La radiación cuya longitud de onda es inferior a 400 nm se denomina ultravioleta, y la de longitud de onda superior a 730 nm, infrarroja. El intervalo de la radiación ultravioleta se divide en tres: UV-A (400 a 315 nm); UV-B (315 a 280 nm); UV-C (280 a 100 nm). En la figura gráfico No. 1 se muestra la Irradiancia solar espectral vs. Longitud de onda.

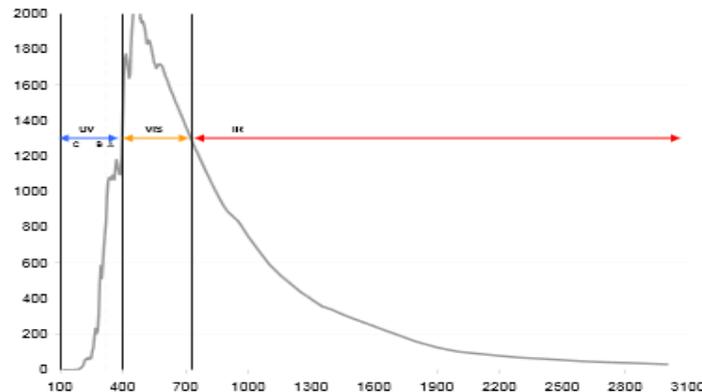


Gráfico 1: Irradiancia solar espectral vs. Longitud de onda
Fuente: (Williams, 1976)

1.7. Constante solar

La constante solar se define como la cantidad de energía recibida en forma de radiación solar por unidad de tiempo y de superficie, medida en la parte externa de la atmósfera terrestre en un plano perpendicular a los rayos del sol según el autor. (Fernández Salgado, 2010)

La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, considerando la distancia promedio entre la Tierra y el Sol, se llama constante solar, y su valor medio es 1353 W/m². La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar, siendo alrededor de 1000 W/m², debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera. Esta porción de energía se conoce como radiación directa. (p.37)

1.8. Radiación solar sobre la superficie terrestre

La radiación solar que llega a la tierra se ve afectada por dos factores: los astronómicos y los climáticos, a continuación se estudian cada uno de ellos.

1.8.1. Factores astronómicos

Son aquellos que dependen de la geometría Tierra – Sol, son función de la posición relativa sol – tierra y de las coordenadas geográficas del lugar, considerando latitud y longitud.

1.8.2. Factores climáticos

Son aquellos que atenúan la radiación que se espera en un determinado lugar, ya que para cada altura solar la radiación no suele tomar el valor esperado, los responsables de dicha atenuación son las nubes, el vapor de agua, los aerosoles y el ozono, entre otros gases atmosféricos.

1.9. Radiación global

También llamada radiación total, se puede expresar como la suma de la radiación directa, difusa y reflejada (Schallenberg Rodríguez, 2008)

1.9.1. Radiación directa

Es la que llega a la tierra directamente del sol; sin haber incidido con nada por el camino y, por tanto, sin haberse desviado ni cambiado de dirección. Esta radiación es la que produce las sombras. Es el tipo de radiación predominante en un día soleado (Duffie & Beckman, 2013)

1.9.2. Radiación difusa

Es la que llega después de haber incidido con cualquier elemento de la atmósfera (polvo, nubes, contaminantes, entre otros), por lo que ha cambiado de dirección. Es el tipo de radiación predominante en un día nublado (Fernández Salgado, 2010)

1.9.3. Radiación reflejada

Es la que refleja la superficie terrestre; cobra importancia en las zonas con nieve, agua (cerca del mar o de una presa) o cualquier otra zona donde la reflexión sea importante (Fernández Salgado, 2010)

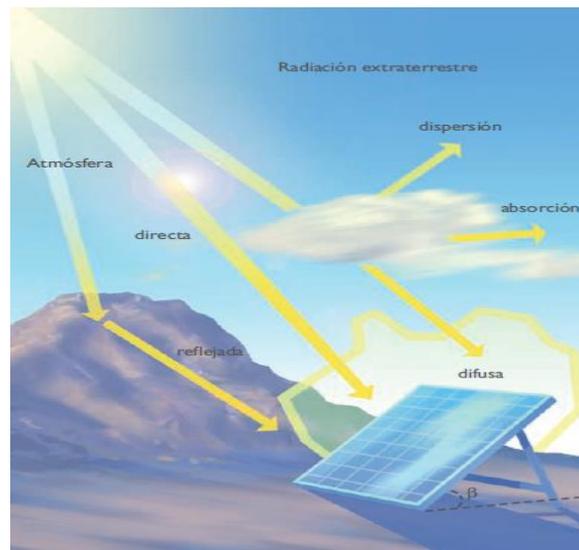


Gráfico 2: Tipos de radiación solar que llegan a la tierra
Fuente: (Schallenberg, 2008)

1.10. Posición solar

Para el cálculo de la producción energética en una instalación solar es importante tomar en cuenta la trayectoria solar, la posición del sol se determina por la altura y el azimut del mismo, las dos variables antes mencionadas proporcionan la posición del sol referida al plano del horizonte.

La altura solar (α) es el ángulo formado por la superficie determinada por el horizonte. El azimut solar (ψ) es el ángulo de giro del sol medido sobre el plano horizontal mediante la proyección del rayo sobre dicho plano y tomando como origen el sur si la persona que analiza la posición solar se encuentra en el hemisferio norte y el norte si la persona que analiza la posición solar se encuentra en el hemisferio sur, por convenio se considera positivo la dirección hacia el oeste. Según el autor (Cobos Rodríguez, Ruiz Celma, González Benítez, Bravo Hernández, & Cuadros Blásquez, 2009) dice:

El ángulo cenital (Θ_z) es el ángulo formado por el eje vertical y la dirección de los rayos solares. La inclinación del captador (β) es el ángulo formado entre el captador con respecto a la horizontal. El ángulo de acimut del captador (γ) es aquel ángulo formado por el eje sur y la normal del captador en el plano horizontal. En la figura que se muestra a continuación se indica gráficamente cada uno de los ángulos descritos. (p.40)

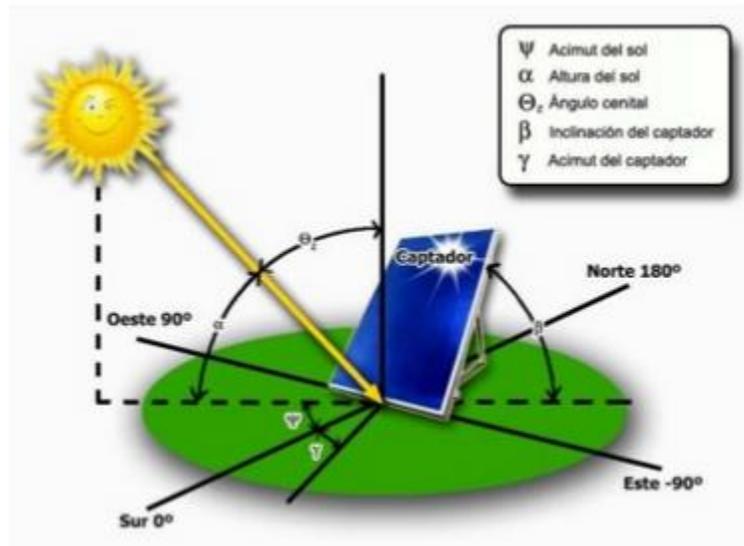


Gráfico 3: Posicionamiento solar

Fuente: (Cobos R. Ruiz C. González B. Bravo H. & Cuadros B. 2009)

1.11. Implementos de medición de la radiación solar

Los instrumentos utilizados en la medición de la radiación solar, se clasifican según sea la medida a realizar, como por ejemplo la duración de la luz solar, la radiación directa, la radiación difusa y reflejada; a continuación se describen algunos de ellos.

1.11.1. Heliógrafos

Sirven para medir la duración de la luz solar, que se puede definir como el intervalo de tiempo durante el cual se ve el disco solar y determinan los períodos del día durante los cuales la intensidad de la radiación directa es superior a un cierto umbral, que está reconocido a nivel mundial con un valor de 120 W/m^2 . El intervalo de tiempo transcurrido entre la salida y la puesta de Sol, define el máximo tiempo de radiación solar diaria posible, para un día concreto del año y para un lugar determinado. El autor (Fernández Salgado, 2010) dice:

Los heliógrafos no comienzan a registrar la radiación solar hasta que la radiación directa es superior a un cierto valor, variable de

un tipo de aparato a otro. El registrador de referencia intermedio de luz solar tiene un mínimo de intensidad de 210 W/m^2 , equivalente a $1/5$ de la máxima posible; debido a las variaciones entre los instrumentos, este umbral puede oscilar entre 7 y $28 \mu\text{W/cm}^2$. (p.50)

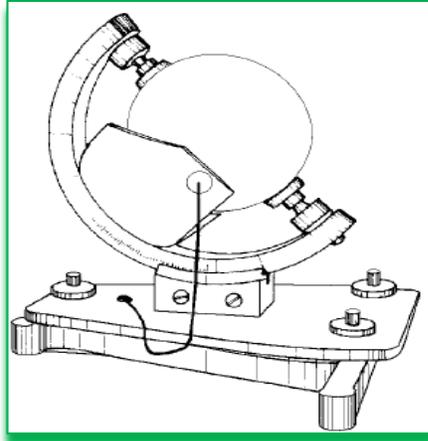


Figura 2: Heliógrafos empleados para medir la duración de la luz solar
Fuente: (Fernández S. 2010)

1.11.2. Piranómetros

Sirven para medir la radiación global, directa y difusa, que se recibe en todas las direcciones, La radiación directa se elimina poniendo el aparato a la sombra, con ayuda de una pantalla, para que la superficie sensible del piranómetro capte sólo la radiación difusa.



Figura 3: Piranómetro, medición de la radiación global, directa y difusa
Fuente: (Schallenberg Rodríguez, 2008)

La banda de frecuencias medida por el piranómetro está comprendida en el intervalo entre 0,3 y 3 mm; si está protegido de la radiación directa por un anillo protector desvanecedor, entonces mide sólo la radiación difusa.

Los piranómetros más usuales se basan en la detección de la diferencia de temperaturas entre una superficie negra y una superficie blanca mediante termopilas o células fotoeléctricas, que deben estar protegidas del viento y compensadas para cambios de temperatura ambientales, mediante una doble semiesfera de vidrio, para suprimir los fenómenos de convección. Mediante un nivel se consigue la horizontalidad del aparato.

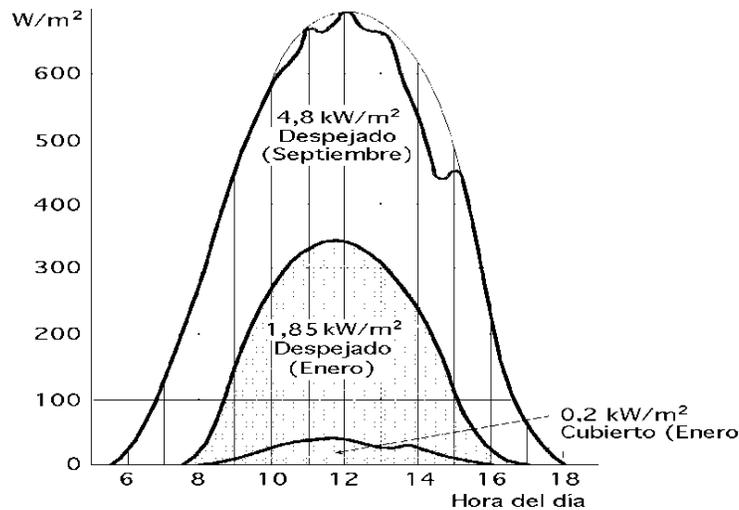


Gráfico 4: Medidas Piranométricas para diferentes condiciones ambientales
Fuente: (Schallenberg, R. 2008)

1.12. Fundamentos básicos de transferencia de calor para la utilización de energía solar

Para el estudio y diseño de un colector solar es de mucha importancia conocer sobre transferencia de calor, un suficiente conocimiento del proceso es indispensable para diseñar colectores eficientes ya que la energía solar que llega a la superficie de la tierra es mediante radiación, así también se pueden diseñar otros elementos como intercambiadores de calor para transferir la energía almacenada a los aparatos de conversión de energía o donde ésta sea utilizada.

1.12.1. Transmisión del calor por conducción

La transferencia de calor por conducción se define como la transmisión de energía de las partículas más a las menos calientes en una sustancia, provocado por las interacciones entre las mismas. La ecuación para determinar la transferencia de calor por conducción se conoce como la Ley de Fourier (Duffie & Beckman, 2013)

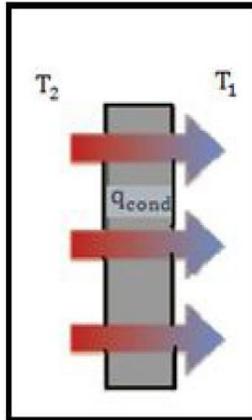


Gráfico 5: Proceso de conducción
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/50647345/energia-calor>

$$q_x^n = k * \frac{\Delta T}{L} \quad (1.1)$$

Donde:

q_x^n : Densidad del flujo de calor transferido por conducción; [W/m²]

k : Conductividad térmica; [W/m·°K]

ΔT : Variación de temperatura; [°K]

L : Longitud de la superficie; [m]

El flujo de calor representa la velocidad de transferencia de calor a través de una sección de área unitaria, por lo tanto para determinar la pérdida de calor de la pared se aplica la siguiente ecuación:

$$q_x = q_x^n * A = A * k * \frac{\Delta T}{L} \quad (1.2)$$

Donde:

q_x : Flujo de calor transferido por conducción; [W]

A : Área de transferencia de calor; [m²]

K : es la conductividad térmica del material [W/m.°C]

ΔT : es la diferencia de temperatura [°C]

Conducción unidimensional de estado estable en sistemas radiales

En el cilindro y en la esfera se produce conducción unidimensional, ya que solamente la dirección radial es la coordenada necesaria para describir la variación espacial de las variables dependientes. La ecuación para la transferencia de calor en este sistema es:

$$q = \frac{2\pi L K (T_{s1} - T_{s2})}{\ln(r_2/r_1)} \quad (1.3)$$

Donde:

q : Flujo de calor para pared cilíndrica [W]

L : Longitud [m]

ΔT : Variación de temperatura [°C]

r_e : Radio externo [m]

r_i : Radio interno [m]

La resistencia térmica de la capa cilíndrica contra la conducción de calor o simplemente la resistencia a la conducción de la capa cilíndrica se puede expresar de la siguiente manera:

$$R_{cond-cil} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k L} \quad (1.4)$$

Donde:

r_2 : Radio externo [m]

r_1 : Radio interno [m]

k : Conductividad térmica [W/m. °C]

L : Longitud [m]

1.12.2. Transmisión del calor por convección

La transferencia de calor por convección está estructurada por dos mecanismos, el primero es la transferencia de energía debida al movimiento molecular aleatorio y además por el movimiento global o macroscópico del fluido, en otras palabras debido a los efectos combinados de la conducción y movimiento global de un fluido; puede ocurrir la transferencia de calor por convección forzada y esto sucede cuando el flujo es provocado por medios externos como una bomba, un ventilador o un compresor y la transferencia de calor por convección libre o natural la cual sucede cuando el flujo es inducido por fuerzas de empuje provocadas por diferencias de densidades que son producto de las variaciones de temperatura en el fluido.

Para determinar la transferencia de calor por convección (sea forzada o libre) se emplea la Ley de enfriamiento de Newton, la que se describe a través de la siguiente ecuación (Duffie & Beckman, 2013)

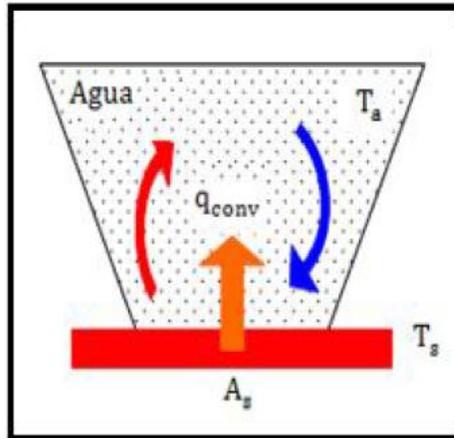


Gráfico 6: Proceso de convección

Fuente: <http://www2.udec.cl/~jinzunza/fisica/cap14.pdf>

$$q_{conv} = h_{conv} * A_s * (T_s - T_a) \quad (1.5)$$

Donde:

q : Flujo de calor transferido por convección; [W]

h_{conv} : Coeficiente de transferencia de calor por convección; [W/m²·°C]

T_s : Temperatura de la superficie; [°C]

T_a : Temperatura del fluido; [°C]

A_s : es el área de la superficie; [m²]

Las pérdidas de calor por convección en los colectores expuestos a vientos externos se da por una expresión dimensional obtenida del libro “Energía Solar Fundamentos y Aplicaciones Foto térmicas” de Manrique José, la cual fue dada por Mc Adams, esta relaciona el coeficiente de transferencia de calor en [W/m²°C] a la velocidad del viento [m/s].

$$h_{conv} = 5,7 + 3,8 * V_v \quad (1.6)$$

Donde:

V_v : es la velocidad del viento [m/s].

Proceso	h(W/m ² .K)
Convección Libre	
Gases	2 - 25
Líquido	50 - 1000
Convección Forzada	
Gases	25 - 250
Líquido	50 - 20000

Tabla 1: Valores Típicos de Coeficiente de Convección

Fuente: (Frank, P. David, P. 2008)

La resistencia térmica por convección viene dada por la siguiente ecuación:

$$R = \frac{1}{h_{conv} * \pi * D * L} \quad (1.7)$$

Donde:

h_{conv} : es el coeficiente de transferencia de calor por convección [W/m². °C]

D: Diámetro del cilindro [m]

L: Longitud [m]

1.12.3. Transmisión del calor por radiación

Tomando como referencia una superficie la cual recibe toda la radiación proveniente del sol, la radiación que la superficie emite y la velocidad a la que libera energía por unidad de área se conoce como potencia emisiva superficial. De la Ley de Stefan - Boltzmann se obtiene la siguiente ecuación para determinar la transferencia de calor por radiación

$$q_{rad} = \varepsilon * \sigma * A_s * (T_s^4 - T_{cielo}^4) \quad (1.8)$$

Donde:

q_{rad} : Flujo de calor transferido por radiación; [W]

ε : Emisividad de la superficie de la placa; (adimensional)

σ : Constante de Stefan-Boltzman; [5,67·10⁻⁸ W/m².°K⁴]

A_s : es el área de la superficie; [m²]

T_s^4 : Temperatura de los alrededores; [°K]

La emisividad es una propiedad radiactiva de la superficie. Los valores para cuerpos reales se encuentran en el intervalo $0 \leq \varepsilon \leq 1$. Esta propiedad expresa la medida de la eficiencia con que una superficie real emite energía en relación con un cuerpo negro.

Transferencia de calor por radiación entre dos placas paralelas

$$Q_{rad} = \frac{\sigma * A_s (T_s^4 - T_{cielo}^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \quad (1.9)$$

Donde:

ε_1 : es la emisividad de la superficie de la cubierta.

ε_2 : es la emisividad de la superficie de la placa.

Transferencia de calor por radiación entre dos cilindros concéntricos

$$Q_{rad} = \frac{\sigma * A_s * (T_s^4 - T_{cielo}^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2} * \left(\frac{D_{int}}{D_{ext}}\right)} \quad (1.10)$$

Donde:

D_{int} : es el diámetro del tubo interior [m]

D_{ext} : es el diámetro del tubo exterior [m]

Temperatura Ambiente

$$T = 0.0552(T_a)^{1.5} \quad (1.11)$$

T_a : es la temperatura ambiente [° K]

El coeficiente de transferencia de calor por radiación es modelado en forma similar a la convección, observe sin embargo que h_{rad} depende marcadamente de la temperatura mientras que la dependencia de la temperatura del coeficiente de transferencia de calor por convección h_{conv} es por lo general débil. El coeficiente de transferencia de calor por radiación viene expresado de la siguiente forma:

$$h_{rad} = \varepsilon * \sigma (T_s + T_{cielo})(T_s^2 + T_{cielo}^2) \quad (1.12)$$

La resistencia térmica por radiación es similar a la de convección y es de la forma expresada en la ecuación:

$$R = \frac{1}{h_{rad} * \pi * D * L} \quad (1.13)$$

Donde:

h_{rad} : es el coeficiente de transferencia de calor por radiación [W/m². °C]

D: Diámetro del cilindro [m]

L: Longitud [m]

Calor Necesario

Es la cantidad de calor que se requiere para un cierto fin, en el caso que se requiere calentar agua se determinará esta demanda mediante la determinación del calor requerido para calentar el fluido.

Antes de calcular se halla el valor de la masa de agua a calentar en un día m (Kg/día)

$$M = N_p * \rho_{H_2O} * V_p \quad (1.14)$$

M: Masa del agua a calentar [Kg/día]

N_p : Número de personas [3 personas]

ρ_{H_2O} : Densidad del agua [1000 Kg/m³]

V_p : Volumen de agua por persona [litros/persona]

$$Q_{Nec} = M * C_p * (T_f - T_i) \quad (1.15)$$

Donde:

M: Cantidad de agua a calentar [Kg]

C_p : Calor específico del agua [KJ/Kg °C]

T_f : Temperatura del agua caliente [$^{\circ}$ C]

T_i : Temperatura del agua fría [$^{\circ}$ C]

1.12. Sistema de calentamiento de agua convencional

Calentador de punto

Este tipo de calentadores son alimentados con electricidad y se activan automáticamente por flujo o manualmente con un interruptor. Tiene un elevado consumo eléctrico que va desde los 1500 W a 5400 W. y se los puede encontrar instalados en lavamanos, duchas y fregaderos de las cocinas en una vivienda.



Figura 4: Calentador de punto

Fuente: Tello A. (2016)

Calentadores de paso

También llamados calentadores sin tanque o calentadores de flujo, el modelo de un calentador a gas (GLP) pueden alcanzar las 8 Kcal/s como es el caso de un calentador de 18 lt./min.



Figura 5: Calentadores de Paso
Fuente: Tello A. (2016)

Calentadores de acumulación

Estos calentadores poseen un tanque donde acumulan el agua u la calientan hasta alcanzar una temperatura seleccionada en su termostato, la capacidad de su tanque es muy variada y va desde los 15 litros hasta modelos de 1000 litros. Utilizan como energía gas natural, gas propano (GPL), electricidad.



Figura 6: Calentadores de acumulación
Fuente: Tello A. (2016)

1.13. Demanda de Agua para el usos Sanitario

(Sailema Curay, 2015) Menciona en su publicación que los principales usuarios de agua caliente sanitaria, que utilizan gas doméstico están en las provincias de la sierra y principalmente en los hogares de mayor ingreso económico.

Se considera que el tener ACS es una necesidad latente en los hogares que aún carecen de este. Se debe considerar que la mayor parte del agua caliente para bañarse se utiliza en las horas pico de consumo de la mañana y de la noche. Para cubrir la demanda de potencia en hora pico, la energía es generalmente suministrada por generadores que consumen combustibles fósiles, los cuales son subsidiados por el estado.

Necesidades medias mensuales de ACS

En nuestro país no existen estudios acerca del consumo medio de agua caliente de una persona.

FUENTE	CONSUMO [Litros /persona / día]	TEMPERATURA [°C]
Código técnico de la edificación. Ministerio de Fomento. España	30	60
Ashrae	60	60
Fabricante local	50	55

Tabla 2: Recomendaciones de consumo de ACS

Fuente: https://issuu.com/la_hora/docs/parte1/175

Según la (Nec-10, 2010) “De la experiencia local se ha considerado que el dato de consumo que más se aproxima a nuestra realidad es el valor de 50 litros/persona/día a una temperatura de 55°C (que es aproximado a 45 litros/persona/día a 60°C de temperatura)”. Pág. 174

Para la realización de la investigación se tomarán en cuenta los siguientes parámetros necesarios e indispensables:

- Potencial energético
- Cantidad de miembros del hogar.
- Sistema de calentamiento de agua en su hogar: Uso de GLP, Electricidad.
- Artefacto utilizado para calentar agua: calefón, ducha eléctrica.
- Hábitos y costumbres de baño

- Cantidad de agua que utilizan para bañarse.
- Cuantas veces utiliza la ducha diariamente.
- Tiempo que se demoran al bañarse en el caso de calefón y ducha eléctrica
- La potencia de los artefactos utilizados para el calentamiento de agua.
- Cantidad de cilindros de gas doméstico utilizados mensualmente en el calefón a gas.
- Cantidad de pago mensual en la planilla de luz.

La demanda de ACS, cuyos puntos de consumo son la ducha y los grifos localizados en la cocina y baño, por lo tanto se realiza las mediciones de:

Temperatura de uso	°C
Número de Usuarios	Personas
Consumo/Usuario(litros/día)	Agua caliente

Tabla 3: Consumo medio de agua caliente en la vivienda
Fuente: Tello A. (2016)

Por tanto, se requiere abastecer de ACS a una vivienda con un determinado número de habitantes (“Y”), se realiza los siguientes cálculos:

$$V_{ACS} = Y \text{ (personas)} * X_2 \text{ (L/persona)} * \text{(horas al día)} \quad (1.16)$$

Por lo tanto el volumen de agua caliente sanitaria por día será:

$$V_{ACS} = \text{Litros / h} \quad \text{m}^3/\text{h}$$

Posteriormente se determinará la potencia del artefacto con la siguiente ecuación:

$$P = V * I \quad [\text{watts}] \quad (1.17)$$

Donde:

P = Potencia (watts)

V= Voltaje (Voltios)

I= Intensidad (Amperios)

Posteriormente se tabulará los datos calculados utilizando esta tabla.

Potencia en watts	Cantidad de horas al mes	Consumo mensual en KW-hora
Watts	Horas	KW-hora

Tabla 4: Consumo en kW-hora en la vivienda

Fuente: Tello A. (2016)

Calculo del consumo de gas doméstico

Para determinar el consumo de cilindros de gas se realizará una valoración con respecto al tiempo que se terminase un cilindro de 15 kg de GLP, es decir se determinará los kilogramos de GLP consume al día.

De acuerdo a la demanda de ACS, se considerando además el tipo de calefón más común utilizado en las viviendas, se tomará como referencia un calefón que reúna las características de potencia y caudal utilizados mensualmente en la familia.

Mediante la utilización de una balanza digital, pesamos la cantidad de kilogramos que se encuentran en el interior del cilindro de gas, antes de ser conectado a la válvula del calefón. Posteriormente se pone a trabajar el calefón, durante el tiempo real que una persona se demora en bañarse.

Finalmente procedo a pesar nuevamente el cilindro de gas, mediante esta práctica determino el consumo de gas doméstico en un lapso de tiempo.

Se obtiene el consumo de kg de GLP que una sola persona utiliza en un día, el presente estudio está enfocado a una vivienda unifamiliar de hasta 3 personas, por lo tanto este valor se multiplicará por el número de integrantes de la familia, obteniendo de esta manera el valor diario de GLP utilizado por la familia.

Cálculo de la demanda energética de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

El calentamiento de agua para consumo doméstico es uno de los principales usos de la energía solar térmica. La demanda energética del ACS se calcula en función del consumo de agua caliente y las temperaturas de preparación y agua fría. Para realizar el cálculo correspondiente al calentamiento del agua se conoce el VACS y la temperatura de uso que es 45 °C. Este valor se considera constante durante todo el año, sin embargo, la temperatura del agua de la red sí sufre una pequeña variación debido a la temperatura exterior.

$$D_{ACS} = V_{ACS} * \rho_a * C_p (T_{USO} - T_{RED}) \quad (1.18)$$

$$\rho_a = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)} ; C_p = 4187 \text{ (J/kg }^\circ\text{C)}$$

Donde:

D_{ACS} : Demanda ACS (MJ)

V : Consumo ACS (m³/día)

ρ_a : Densidad del agua (kg/m³)

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

T_{USO} Temperatura de consumo (37 °C)

T_{RED} Temperatura de red (12,3 °C)

Con estos dos parámetros, se halla el área de captación

$$A = \frac{D_{ACS}}{I \eta} \quad (1.19)$$

Donde:

A : Área de colectores solares (m²)

η : Eficiencia del sistema de calentamiento. Recomendado 0.8

1.14. Energía solar disponible en Ecuador

Irradiación solar total incidente o irradiación global, es la suma de las irradiaciones directa y difusa. La tasa de irradiación depende en cada instante del ángulo que forman la normal a la superficie en el punto considerado y la dirección de incidencia de los rayos solares. Por supuesto, dada la lejanía del sol respecto de nuestro planeta, podemos suponer, con muy buena aproximación, que los rayos del sol inciden esencialmente paralelos sobre el planeta. Para el estudio de la presente investigación, se utiliza la irradiación solar global para posteriores cálculos de su incidencia en el calentamiento de agua mediante colectores solares.

ZONAS	RADIACIÓN PROMEDIO ANUAL EN kWh/m ² .día.
I	3200 a 3600 [Wh/m ² /día]
II	3600 a 4000 [Wh/m ² /día]
III	4000 a 4400 [Wh/m ² /día]
IV	4400 a 4800 [Wh/m ² /día]
V	4800 a 5200 [Wh/m ² /día]

Tabla 5: Irradiación promedio anual en kwh/m².día

Fuente: https://issuu.com/la_hora/docs/parte1/175

Datos de irradiación solar en el Latacunga

Al estar atravesado por la línea equinoccial, el Ecuador tiene poca variabilidad en la posición del sol durante todo el año, lo cual favorece la aplicación de la energía solar para producir electricidad y calor, ya que en promedio hay 12 horas de sol durante el día.

PROVINCIA	CIUDAD	Wh/m ² /dia	ZONA
Carchi	Tulcán	4200	II
Esmeraldas	Esmeraldas	4350	II
Imbabura	Ibarra	5250	IV
Manabí	Portoviejo	4650	III
Pichincha	Quito	4800	IV
Tsáchilas	Santo Domingo	4650	III
Cotopaxi	Latacunga	4800	IV
Napo	Tena	4350	II
Santa Elena	Salinas	4350	II
Guayas	Guayaquil	4513	III
Los Ríos	Babahoyo	4650	III
Bolívar	Guaranda	4800	IV
Tungurahua	Ambato	4650	III
Chimborazo	Riobamba	4200	II
Pastaza	Puyo	4200	II
Cañar	Azogues	4500	III
Morona Santiago	Macas	4050	II
Azuay	Cuenca	4350	II
El Oro	Machala	4200	II
Loja	Loja	4350	II
Zamora Chinchipe	Zamora	4350	II
Galápagos	Puerto Ayora	5835	V

Tabla 6: Radiación solar global de las provincias y ciudades del Ecuador
Fuente: https://issuu.com/la_hora/docs/parte1/175

A utilizar sistemas de captación solar junto con una fuente auxiliar de energías, teniendo en cuenta que en la ciudad de Latacunga el clima es cambiante e imprevisible y los combustibles convencionales accesibles, se sugieren capacidades de almacenamiento del depósito del orden de 1.1 veces la necesidad media diaria. Esta sugerencia según normas establecidas por el Código Técnico de Edificación (CTE). La selección del colector solar también se puede hacer según el consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS) por persona, y como el estudio está dirigido a una vivienda unifamiliar (3 personas) se selecciona un colector con tanque acumulador de 300 litros de agua, que está en un rango sugerido por la CTE. El colector solar seleccionado es uno de tubos al vacío termosifón de 300 litros de agua con las siguientes características:

Marca	EU SOLAR	
Diámetro del tubo	65 mm	
Inclinación mínima	15°	
Inclinación máxima	90°	
Presión máxima de trabajo (bar)	6 bar	
Presión de prueba (bar)	10 bar	
Máxima temperatura del tubo	290°	
Rendimiento óptico*	0,8	
Coefficiente de pérdida de calor K1*	1,16	
Coefficiente de pérdida de calor K2*	0,006	
Modelo	HP 65/20	HP 65/30
Dimensiones	1980 x 1450 x 165 mm	1980 x 2150 x 165 mm
Superficie absorbente	2,00 m ²	2,97 m ²
Superficie total	2,90 m ²	4,29 m ²
Número de tubos	20	30

Tabla 7: Características técnicas del colector solar
Fuente: (EU Solar, 2014)

1.15. Sistema de Energía Solar para Calentamiento de Agua

1.15.1. Características

Los tipos de calentadores de agua solar tienen distintos tipos de funcionamiento e instalación que puede adecuarse a cualquier tipo de instalación existente. La investigación corresponde a la de proyecto factible. Proyecto factible según (Carvajal, 2011):

Los Sistemas solares de agua, son ideales para casa, habitaciones, residencias, hoteles, lavanderías, gimnasios y cualquier lugar de tipo doméstico o industrial donde se requiera calentar eficientemente el agua sin necesidad de utilizar combustible que afecta la capa de ozono. Los calentadores solares constan principalmente de tres partes: a) Tubos colectores al alto vacío, que se encargan de absorber la energía del sol y transferirla al

agua. b) Termo tanque de almacenamiento y c) Estructura que soporta los equipos. (p.35).

La importancia de esto es que libre de no afectar a la capa de ozono como el investigador manifiesta es también que es un ahorro de energía eléctrica y energía producida por las fuentes derivadas del petróleo (GLP).

1.15.2. Tipos de colectores solares

Existen diferentes tipos de colectores para calentar agua mediante los rayos solares pero los más utilizados para este proyecto mencionamos los siguientes: Colectores de placa plana esmalta, sistema por termosifón, tanques integrados y con tubo evacuado.

1.15.2.1. Colector de placa plana esmaltada

La investigación corresponde a la de proyecto factible. Proyecto factible según (Jimenez & Portalan, 2009):

El colector esmaltado es una caja resistente al clima que contiene una placa absorbente debajo de una o más capas de plástico (polímero) o vidrio. Colectores de placas sin esmalte típicamente utilizados para calentar piscinas, tienen una placa absorbente oscura construida de metal o polímero, sin capas o cajas. (p.30).

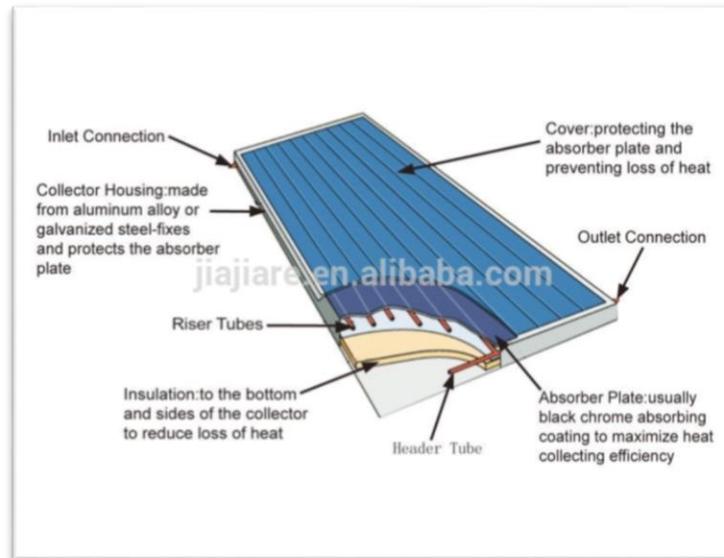


Gráfico 7: Colector de placa plana esmaltada
Fuente: (Jimenez & Portalan, 2009)

Este tipo de colector solar de placa plan esmaltada según el autor se utiliza más para calentar agua en complejos u hosterías que tengan piscinas.

1.15.2.2. Sistema termosifón

La investigación corresponde a la de proyecto factible. Proyecto factible según (Jimenez & Portalan, 2009):

El agua fluye a través del sistema cuando el agua caliente sube a medida que agua más helada se sumerge. El colector debe ser instalado abajo del tanque de agua de tal forma que el agua caliente ascenderá dentro del tanque que está ubicado en la parte superior del colector. Estos sistemas son confiables, pero el instalador debe fijarse en el diseño del techo por el alto peso del tanque de agua. Debido a que el tanque es instalado en el techo, estos sistemas son menos atractivos y típicamente pesan 800 libras (363 Kg) cuando están llenos de agua. Estos son también,

generalmente más caros que los sistemas integrados con tanque pasivo. (p.31).

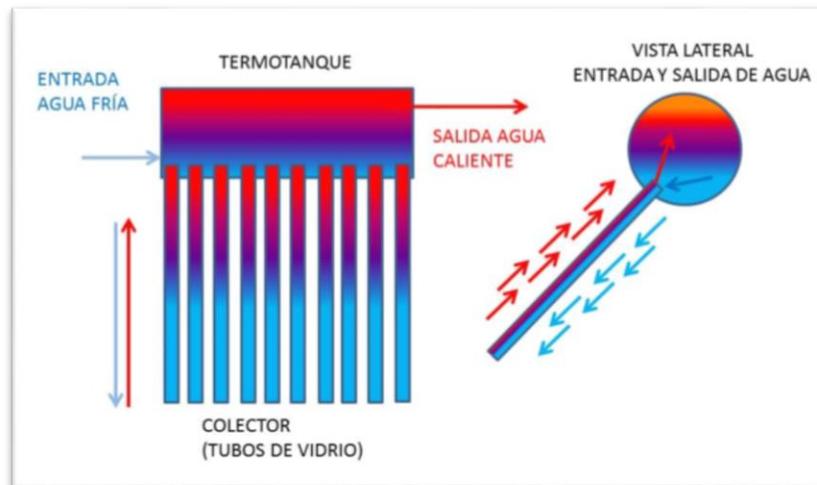


Gráfico 8: Sistema termosifón

Fuente: (Jimenez & Portalan, 2009)

El colector solar de placa plana termosifón es confiable para el uso de calentamiento de agua sanitaria generalmente es el más costoso.

1.15.2.3. Sistema colector – tanque integrados

La investigación corresponde a la de proyecto factible. Proyecto factible según (Jimenez & Portalan, 2009):

Estos también son conocidos por las iniciales de su nombre en Inglés Integral Collector-Storage (ICS). Estos tienen uno o más tanques negros o tubos en una caja esmaltada. Agua helada pasa primero por el colector solar, el cual pre-calienta el agua. El agua luego continúa hacia el calentador convencional de respaldo. Estos pueden ser instalados solamente en lugares con climas de poco congelamiento porque la tubería exterior puede congelarse en climas más fríos. Como el tanque de agua se instala en el techo, estos pesan más de 800 libras (363 Kg.) llenos de agua. (p.32).

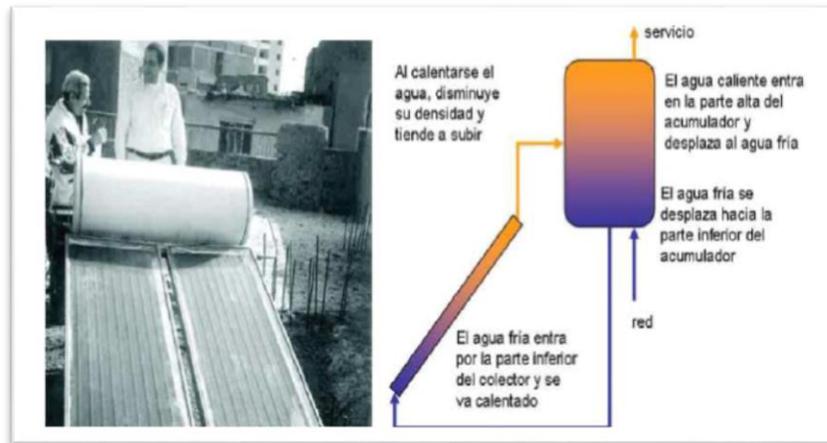


Gráfico 9: Sistema colector – tanque integrados

Fuente: (Jimenez & Portalan, 2009)

Este tipo de colector de agua caliente es recomendable instalarle donde no haya mucho frío porque el colector se puede congelar y no calentar el agua.

1.15.2.4. Sistema colector con tubo evacuado

La investigación corresponde a la de proyecto factible. Proyecto factible según (Jimenez & Portalan, 2009):

Estos tienen filas paralelas de tubos transparentes de vidrio. Cada tubo contiene un tubo de vidrio por fuera y un tubo absolvedor metálico pegado a una aleta. La capa de estos tubos absorbe la energía solar pero produce una pérdida de calor radioactiva. Estos colectores de alta temperatura son frecuentemente usados en aplicaciones comerciales debido a que las aplicaciones domésticas no requieren tanto calor. (p.33).

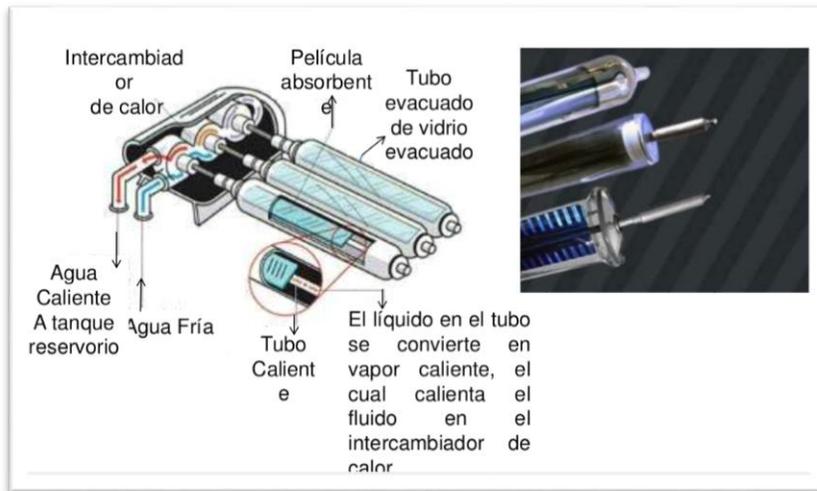


Gráfico 10: Sistema colector con tubo evacuado
Fuente: (Jimenez & Portalan, 2009)

Este tipo de colector es recomendable instalar para uso doméstico ya que en este sector no se necesita de mucha temperatura.

1.16. Parámetros de Funcionamiento del Sistema de Calentamiento de Agua

1.16.1. Parámetros atmosféricos

De la información obtenida del cambio climático “Se llama cambio climático a la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todo los parámetros meteorológicos: temperatura, presión atmosférica, precipitaciones, nubosidad, etc. (Wikipedia, 2004). El cambio climático es la modificación del clima y sobre todo los parámetros meteorológicos por tal razón debemos considerar todo esto para su correcto diseño de un calentador de agua empleando energía solar para uso domiciliario.

1.16.2. Parámetros del sistema

Según el autor (Guevara, 2003) en su publicación manifiesta que:

El contenido principal del documento gira en torno al análisis de tres puntos: 1) balance de energía en el colector solar plano, 2) pérdidas de calor en las conexiones y en el depósito de almacenamiento, y 3) circulación natural del líquido en el calentador solar. En el análisis se tiene en cuenta los parámetros más importantes que influyen en el diseño del calentador solar, tales como: radiación solar, temperatura ambiental, material de los tubos, distancia entre tubos, número de cubiertas de vidrio, material del aislante, espesor del aislante, ubicación del depósito de almacenamiento respecto al colector y volumen del depósito de almacenamiento (p.4)

Según el autor hay que tomar en cuenta las pérdidas de las conexiones y en el depósito del almacenamiento, en la circulación natural del agua en el calentador y la radiación solar en el panel.

1.16.3. Balance de energía en el calentador solar

El balance energético depende mucho para una buena eficiencia del calentador solar. (Guevara, 2003) afirma:

El balance de energía tiene como objetivo determinar el calor útil transmitido al agua para establecer la eficiencia del calentador solar. El calor útil $q_{\text{útil}}$, empleado para calentar el agua del depósito de almacenamiento, es una parte de la radiación global incidente sobre el colector solar H_{TAe} ; la otra parte es calor disipado al ambiente: 1) por el colector solar q_{cs} , 2) por el depósito de almacenamiento q_{da} y 3) por las conexiones q_{cx} . (p.5)

Las conexiones tanto del colector como del termo tanque deben estar bien selladas para tener un rendimiento del calentador de agua empleando energía solar

1.16.4. Balance de energía en el colector solar

El balance de la energía en el colector disminuye por las características propias de reflexión (Guevara, 2003) manifiesta:

La radiación global que incide en el colector solar H_{TAe} , disminuye su valor como resultado de las características propias de reflexión y absorción de la cubierta del colector; de ahí que, este valor, es corregido por un factor ($\tau\alpha$). Parte de esta radiación, $H_{TAe}(\tau\alpha)$, es empleada como calor para calentar el agua q_{cal} ; la parte restante constituye el almacenamiento de energía en el colector mismo dU/dt , que usualmente es despreciable; así como, las pérdidas de calor hacia el ambiente por conducción, convección y re-radiación q_{pe} . (p.7)

Las pérdidas del calor conducción y convección hacia el ambiente son despreciables pero hay que tomar en cuenta una buena la radiación para calentar el agua.

Área de un colector

En el caso de calentadores solares el área de captación de la energía será el área de la superficie en donde se da la transferencia de calor.

$$A = \frac{m \cdot c_p (T_f - T_i)}{G_{solar} \cdot \eta \cdot t} \quad (1.20)$$

Donde:

m : Cantidad de agua a calentar [Kg]

C_p : Calor específico del agua [KJ/Kg°C]

T_f : Temperatura del agua caliente [°C]

T_i : Temperatura del agua fría [°C]

t : Tiempo necesario para calentamiento del agua en el tubo [seg]

Número de tubos

$$N_{tubos} = \frac{A_{ef}}{\pi * D_i * L_{ta}} \quad (1.21)$$

Donde:

A_{ef} : Área efectiva del colector [m²]

D_i : Diámetro de la placa absorbadora [m]

L_{ta} : Longitud del tubo para almacenar el agua [m]

Tiempo necesario para calentamiento

$$t = \frac{Q_{nec}}{Q_{util}} \quad (1.21)$$

Donde:

Q_{nec} : Calor necesario para calentamiento del agua [J]

Q_{util} : Calor útil del colector [J]

Calor útil

$$Q_{util} = \frac{m * C_p * (T_f - T_i)}{t} \quad (1.22)$$

Eficiencia global del calentador

$$\eta_{col} = \frac{Q_{util}}{A_{ef} * G_{solar \text{ promedio}}} \quad (1.23)$$

Donde:

$G_{\text{solar promedio}}$: Radiación solar promedio [W/m^2]

Eficiencia instantánea del calentador

$$\eta_{inst} = \tau\alpha - U_T \left(\frac{T_m + T_a}{G_{solar\ inst}} \right) \quad (1.24)$$

Donde:

$\tau\alpha$: Producto de la transmitancia de la cubierta y absorptancia de la placa.

U_T : Coeficiente de pérdidas globales [$\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$]

T_m : Temperatura promedio del agua [°C]

T_a : Temperatura ambiente [°C]

$G_{\text{solar inst}}$: [W/m^2]

Volumen de un cilindro

$$V = \frac{\pi * D^2}{4} * L \quad (1.25)$$

Donde:

D: Diámetro interno del cilindro [m]

L: Longitud del cilindro [m]

Área de la superficie de un cilindro

$$A_{S_{tubo}} = \pi * D_i * L_t \quad (1.26)$$

Donde:

L_t : Longitud del tubo para la captación de energía solar [m].

De otra parte, en el diseño de calentadores solares, la radiación que interesa es la que llega a la parte superior de la superficie del colector solar. En este caso, se

considera la radiación directa, difusa y reflejada, por lo tanto, la energía que recibe el colector solar se le denomina como radiación global.

Un caso particular, pero de mucho interés en el estudio de calentadores solares, es la radiación total sobre una superficie expuesta hacia el Sol.

Calor incidente en el colector

$$Q_{inc} = \tau * \alpha * G_{solar} * A_s \quad (1.27)$$

Donde:

τ : es la transmitancia de la cubierta de vidrio

α : es el coeficiente de absorción de la placa

G_{solar} : es la radiación solar necesaria [W/m²]

1.17. Mecánica de fluidos

La materia puede estar en estado gaseoso, líquido o sólido, etc, siendo que a una sustancia en estado gaseoso o líquido se la denomina fluido. Para Mecánica de Fluidos la definición de fluido tiene que ver con aspectos mecánicos de la materia y se define como tal a una sustancia cualquiera que reacciona deformándose en forma instantánea.

A continuación se describirán algunas ecuaciones básicas que se utilizara para realizar este estudio.

Densidad

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.28)$$

Donde:

ρ : es la densidad de la sustancia [Kg/m³]

m : es la masa de una sustancia [Kg]

V : es el volumen de una sustancia [m³]

Peso específico

$$\gamma = \rho * g \quad (1.29)$$

Donde:

γ : es el peso específico de la sustancia [N/m³]

ρ : es la densidad de la sustancia [Kg/m³]

g : es la aceleración de la gravedad [m/s²]

Velocidad de flujo másico

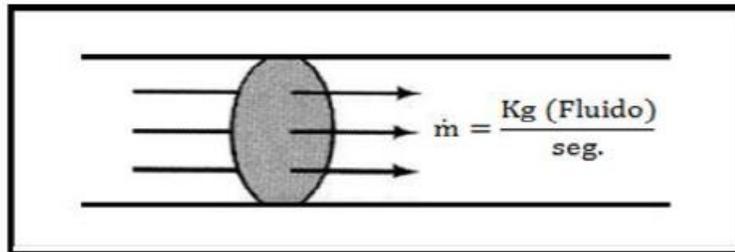


Gráfico 11: Velocidad de Flujo Másico

Fuente: (Salcedo V. 2011)

$$\dot{m} = \frac{m}{t} \quad (1.30)$$

Donde:

\dot{m} : velocidad de flujo másico [Kg/seg]

t : tiempo [seg]

Velocidad de flujo de volumen

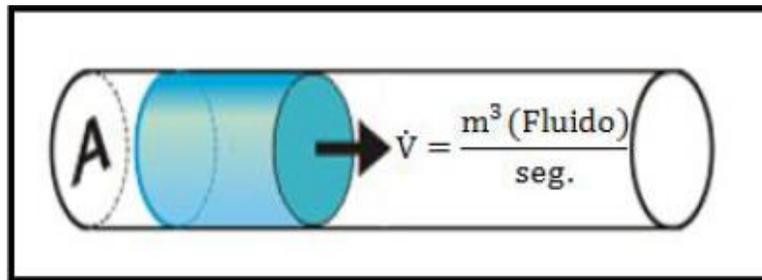


Gráfico 12: Velocidad de Flujo de Volumen

Fuente: (Salcedo V. 2011)

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (1.31)$$

\dot{V} : Velocidad de flujo de volumen [m^3/seg]

Velocidad promedio del fluido

$$V_{agua} = \frac{\dot{V}_{agua}}{A_c} \quad (1.32)$$

A_c : área transversal de la sección; [m^2]

Área transversal

$$A_{trans} = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (1.33)$$

Donde:

A: es el área transversal.

D: es el diámetro del cilindro.

Presión hidrostática

La presión hidrostática es la fuerza por unidad de área que ejerce un líquido en reposo sobre las paredes del recipiente que lo contiene y sobre cualquier cuerpo que se encuentre sumergido, como esta presión se debe al peso del líquido.

$$P_H = \gamma * h \quad (1.34)$$

Donde:

P_H : es la presión hidrostática [Pa]

γ : es el peso específico del agua [9810 N/m³]

h : es la altura del fluido [m].

1.18. Diseño de elementos Mecánicos

Espesor de la pared del tanque

Cuando se trata de recipientes cilíndricos cuya pared tiene un espesor de 1/10 de su radio o menos se trata de un tanque de pared delgada.

$$e_{tanque} = \frac{P_{Hagua} * D_i}{2 * \sigma_t} \quad (1.35)$$

Esfuerzo tangencial

$$\sigma_t = \frac{S_y}{n} \quad (1.36)$$

Donde:

P_H : es la presión hidrostática [Pa]

σ_t : es el esfuerzo tangencial.

S_y : es el límite de fluencia del acero.

n : es el factor de seguridad.

Peso

El peso es la fuerza que ejerce la gravedad sobre una masa y ambas magnitudes son proporcionales entre sí, pero no iguales, pues están vinculadas por el factor aceleración de la gravedad. Se obtienen aplicando la siguiente fórmula:

$$P = m * g \quad (1.37)$$

Fuerza permisible

$$P_{Permisible} = F_a * A_g \quad (1.38)$$

F_a: Presión permisible [MPa]

A_g: Área de la sección requerida [m²]

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

Este capítulo abarca la metodología y técnicas que se utilizan para la realización del presente trabajo, así como la operacionalización de las variables y el procedimiento de la investigación.

2.1. Diseño de la investigación

El proceso de la presente investigación está basado en una metodología experimental, a través de un estado descriptivo – correlacional, ya que se trabajará en función del objeto de estudio, se intervine directamente sobre las variables, registrando sus medidas en la aplicación de aspectos tecnológicos a situaciones puntuales de potencial de energía en Sistema Termodinámico para elevar la temperatura para procesos de sistema de calentamiento de agua solar para uso sanitario.

2.2. Modalidad de Investigación

2.2.1. De Campo

El autor (Herrera & M, 2010) señala que “Es el estudio sistemático de los hechos en el lugar en el que se producen los acontecimientos. El investigador toma contacto en forma directa con la realidad para obtener información” (p.95)

Permite la obtención de información de manera directa y precisa. Se realiza en el mismo lugar en que se desarrolla o producen los acontecimientos, en contacto directo con quién o quiénes son los gestores del problema que se investiga.

2.2.2. Bibliográfica–Documental

El investigador (Herrera & M, 2010) señala que “Tiene el propósito de detectar, ampliar, y profundizar diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre una cuestión determinada” (p.95)

Mediante la cual se recopila y se analiza toda la información teórica relacionada con las variables, dimensiones e indicadores que se han argumentado en el marco teórico.

2.2.3. Experimental

El autor (Herrera & M, 2010) señala que “Es el estudio en que se manipulan ciertas variables independientes para observar los efectos en las respectivas variables dependientes. El propósito es precisar la relación causa efecto” (p.87)

Utiliza los principios, caminos y recursos como la observación, la experimentación, la comprobación. Esto significa que para la investigación provoca situaciones para que se “dé” determinada situación.

2.2.4. Modalidades Especiales - Proyecto Factible

Comprende la elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable, para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos.

2.3. Nivel o tipo de investigación

Para definir el nivel de investigación a utilizarse en el presente proyecto se presenta una clasificación de 4 niveles, Exploratorio, Descriptivo, Correlacional y Explicativo.

2.3.1. Exploratorio

En el trabajo de (Herrera & M, 2010) señala que “Pone al investigador en contacto con la realidad, observación preliminar del área, elementos y relaciones del objeto de estudio. Conocimiento superficial” (p.89)

En la Investigación parte con el nivel exploratorio, que permite conocer y contextualizar el problema.

2.3.2. Descriptivo

El autor (Herrera & M, 2010) señala que “Conocimiento detallado de los rasgos externos del problema, se interesa por describir, no le preocupa explicar”. (p.91)

El nivel descriptivo facilita la identificación de las variables, el análisis crítico de la situación; en el caso de la eficacia, los métodos de medida y los tratamientos de datos que se han desarrollado para poder determinar la eficiencia del calentador solar.

2.3.3. Correlacional

En el trabajo de (Herrera & M, 2010) señala que “Permite identificar asociaciones entre variables y establecer relaciones estadísticas” (p.88)

El nivel correlacional ayuda a establecer relaciones entre causas y efectos, así como también entre la variable independiente y dependiente. Una vez obtenidos los datos se buscarán distintas vías de tratamiento de los mismos.

2.3.4. Explicativo

En la investigación de (Herrera & M, 2010) señala que “Comprueba experimentalmente una hipótesis. Detecta los factores que determinan ciertos comportamientos. (Variables con otras variables)” (p.88)

El nivel explicativo concluye con la comprobación de la hipótesis.

2.4. Población y muestra

La investigación se realiza tomando en consideración los siguientes aspectos:

Evaluar el potencial energético del sol.

Y la cantidad de agua caliente utilizada para el uso.

La vivienda donde se va hacer el análisis está ubicada en Ecuador – Provincia de Cotopaxi – Cantón Latacunga – Parroquia Ignacio Flores – Ciudadela El Bosque Calle Los Ceibos y Pasaje S/n y Av. Unidad Nacional.

Latitud: $0^{\circ} 57' 12,349''$

Longitud: $78^{\circ} 36' 38,793''$

Altitud: 2769 [m]

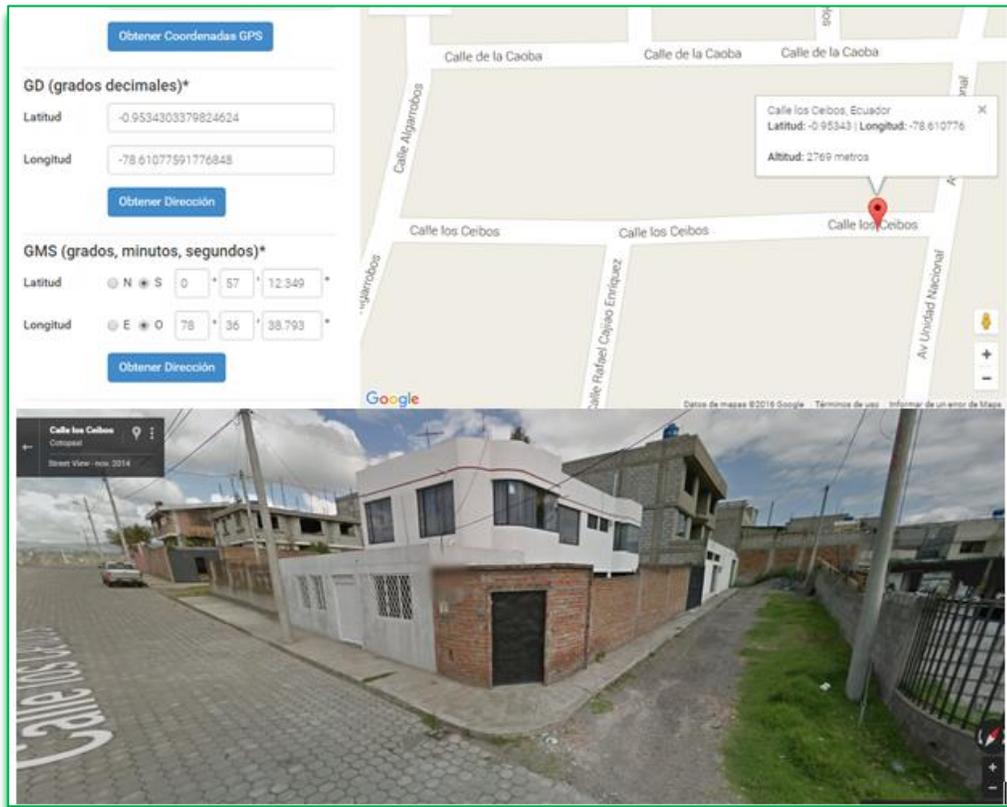


Figura 7: Ubicación Geográfica

Fuente: <https://www.google.com.ec/maps/@>

El periodo para la investigación es en tres meses de registros para ver el potencial energético solar. Además el desarrollo del sistema será en el área de calentamiento de agua para uso sanitario para disminuir el consumo de energías convencionales. El desarrollo o aplicación de tecnología ayuda a mejorar muchos aspectos en la vida de las personas, tanto en el aspecto económico como social, finalmente ayudará al medio ambiente.

Evaluar el potencial energético solar con el equipo que a continuación se detalla.

Piranómetro, medición de la radiación global, directa y difusa

Apogee Piranómetros incorporan un fotodiodo - célula de silicio que mide la radiación de onda corta total. El MP - 200 tiene un sensor separado mientras que el medidor muestra y almacena mediciones de mano. Las características del diseño de la carcasa del sensor de una cabeza completamente en maceta, con forma de cúpula que el sensor sea totalmente resistente a la intemperie y la auto-limpieza. Total de radiación de onda corta es un componente importante en la determinación de las tasas de evaporación, balance de energía, radiación neta, así como el seguimiento de los paneles de energía solar.

La radiación solar total, haz directa y difusa, incide sobre una horizontal superficie se define como la radiación de onda corta global, (flujo radiante incidente), y es expresada en (W/m^2), Igual a. (Js^{-1}/m^2)

Sin embargo, piranómetros de células de silicio están calibrados para estimar la radiación de onda corta total a través de la totalidad espectro solar. Especificaciones piranómetro de células de silicio se comparan favorablemente con las especificaciones para la Organización Mundial Meteorológica (OMM).

Las aplicaciones típicas de piranómetros de células de silicio incluyen la medición radiación de onda corta entrante en redes meteorológicas agrícolas, ecológicos e hidrológicos, y las matrices de paneles solares.

Apogee de la serie MP instrumentos medidores de radiación solar consisten en un instrumento portátil y un dedicado piranómetro que está integrado en la parte superior de la carcasa metros (MP-100) o conectado por cable a una carcasa de aluminio anodizado (MP-200). Integrado y sensores separados consisten en un difusor de acrílico del molde (Filtro), fotodiodo, y están en maceta sólida sin espacio de aire interno.



Figura 8: Piranómetro, Medición de la Radiación Global, Directa y Difusa
Fuente: <http://www.apogeeinstruments.com/pyranometer-separate-sensor-with-handheld-meter-mp-200/>

Especificación Técnica

Calibration Uncertainty: $\pm 5 \%$ (see Calibration Traceability below)

Measurement Repeatability: $< 1 \%$

Non-stability (Long-term Drift): $< 2 \%$ per year

Non-linearity: $< 1 \%$ (up to 1750 W m^{-2})

Response Time: $< 1 \text{ ms}$

Field of View: 180°

Spectral Range: 360 to 1120 nm (wavelengths where response is 10 % of maximum; see Spectral Response below)

Directional (Cosine) Response: $\pm 5 \%$ at 75° zenith angle (see Cosine Response below)

Temperature Response: $0.04 \pm 0.04 \%$ per C (see Temperature Response below)

Operating Environment: 0 to 50 C

$< 90 \%$ non-condensing relative humidity up to 30 C

< 70 % non-condensing relative humidity from 30 to 50 C

Sensor Dimensions: MP-200: 24 cm diameter and 2,8 cm height

Mass: MP-200: 180 g

Cable: 2 m of shielded, twisted-pair wire.

Additional cable available

Santoprene rubber jacket (high water resistance, high UV stability, flexibility in cold conditions)

Coseno de respuesta

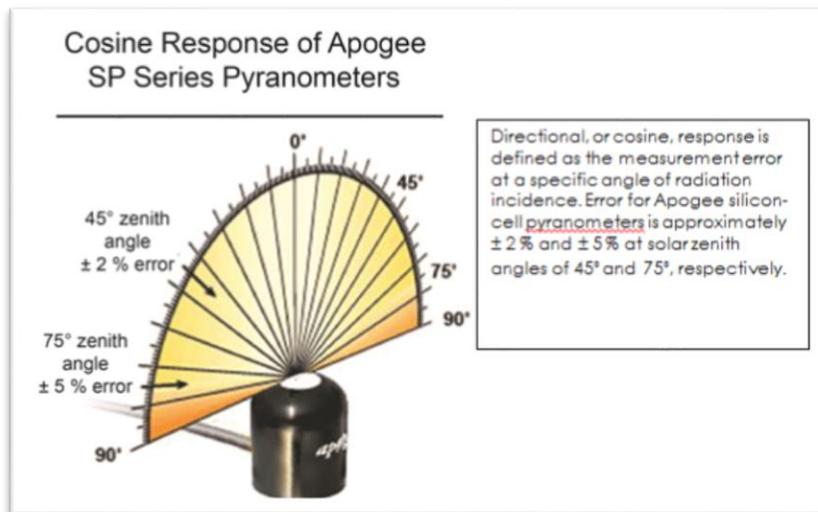


Gráfico 13: *Cosine Response of SP Series Pyranometers*

Fuente: <http://www.apogeeinstruments.com/pyranometer-separate-sensor-with-handheld-meter-mp-200/>

Datos meteorológicos

Mediante Decreto Ejecutivo No. 1446, firmado por el Dr. José María Velasco Ibarra en agosto de 1961, el INAMI fue creado como Servicio Nacional de Meteorología, en toda la República, Personería Jurídica, Autonomía Técnica y Administrativa y representación Oficial, Nacional e Internacional. El instituto nacional de Meteorología e Hidrología es el organismo rector, coordinador y normalizador de la política nacional en todo cuanto se refiere a Meteorología e Hidrografía.

El INAMHI contribuye al progreso del Ecuador, mediante la entrega de información oportuna y veraz sobre el tiempo, clima y el agua. La información, meteorológica e hidrológica es de gran utilidad para los diferentes sectores de la economía, principalmente para apoyar el desarrollo de la matriz productiva nacional, con énfasis en los sectores: energéticos, hidroeléctricos, transporte, agua potable, alcantarillado, agropecuario, manejo ambiental, turismo, minería, sanidad e higiene, seguridad, desarrollo urbano, gestión de riesgo y otros sectores estratégicos.

En cada uno de estos ámbitos, el instituto contribuye con la información necesaria de acuerdo al requerimiento de los distintos usuarios. El creciente desarrollo del país ha marcado un ritmo ascendente al establecer mayores demandas, mayores servicios con diferentes técnicas y distinta tecnología.

Parte del ejercicio de la rectoría del INAMHI en el sector meteorológico consiste en ser un referente de su propia actividad, es decir, garantizar la validez de esa información. En este sentido, la información que ha sido sometida a un proceso de análisis, revisión y procesamiento básico con estadísticas primarias para facilitar su aplicabilidad.

En la tabla No. 8 aparece la presente publicación entregada a los profesionales, catedráticos, científicos, investigadores, estudiantes, trabajadores y públicos en general, información que contribuirá al conocimiento de la Meteorología y su consiguiente en el tiempo.

MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)							HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación	
		ABSOLUTAS			M E D I A S				Máxima día	Mínima día	Media	Mensual			Mensual	Máxima en 24hrs	día		
		Máxima	día	Mínima	día	Máxima	Mínima	Mensual											
ENERO	174.4	24.1	20	5.5	27	21.0	8.5	14.3	99	3	39	20	76	9.5	11.9	40.4	10.8	2	17
FEBRERO	115.7	23.4	5	6.1	26	21.0	9.7	14.5	99	7	44	26	79	10.5	12.7	130.0	21.2	14	16
MARZO	140.3			3.3	3	21.2	8.6	14.4					73	9.1	11.6	38.3	9.2	20	14
ABRIL	124.9	23.3	1	6.7	29	20.2	10.3	14.3	99	9	46	30	80	10.6	12.8	149.2	26.3	13	25
MAYO	140.0	24.2	17	3.8	19	20.1	9.6	14.1	99	26	29	18	77	9.8	12.2	28.3	10.8	12	16
JUNIO	142.4	22.7	6	5.4	28	19.9	9.2	13.8	99	16	43	6	78	9.7	12.0	20.0	4.8	22	12
JULIO	118.3	20.8	31	4.8	15	18.2	8.8	12.7	100	20	51	31	80	9.0	11.5	41.4	8.6	29	20
AGOSTO	174.8	23.5	19	2.4	12	20.0	7.9	13.3	99	12	38	12	73	8.2	10.9	16.8	5.2	20	11
SEPTIEMBRE	126.4	23.5	23	4.6	4	19.8	7.6	13.2	99	30	45	8	75	8.4	11.1	43.6	27.0	24	14
OCTUBRE	169.6	26.2	22	3.3	22	22.7	8.3	14.8	99	5	25	19	67	7.9	10.8	21.6	12.4	24	7
NOVIEMBRE	156.8	25.7	21			22.6	8.0	14.5	97	5	26	18	70	8.2	11.0	99.9	18.3	23	17
DICIEMBRE	134.4	22.8	6	5.1	23	20.1	9.8	14.1	99	4	42	6	79	10.1	12.4	89.7	30.4	1	22
VALOR ANUAL	1718.0					20.6	8.9	14.0					75	9.3	11.7	719.2	30.4		

MES	EVAPORACION (mm)			NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO																Vel.Mayor Observada (m/s)	Dir	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)			
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs	día		N (m/s)	NE		E		SE		S		SW		W		NW		CALMA %				Nro OBS		
						(m/s)	%						(m/s)	%												
ENERO	125.8	6.7	15		1.4	8	1.5	4	1.8	4	3.0	14	3.3	37	0.0	0	1.5	2	1.5	2	29	93	7.0	S	3.9	
FEBRERO	99.2	5.4	22		2.0	6	2.0	1	2.0	2	3.1	17	2.4	26	1.0	4	1.7	4	2.0	2	38	84	6.0	SE	3.1	
MARZO	117.5																									3.8
ABRIL	101.2	5.8	1		1.5	9	1.0	1	1.3	3	2.6	13	3.1	19	2.0	1	0.0	0	1.2	6	48	90	6.0	S	2.9	
MAYO	102.9	5.5	5		2.4	8	1.0	1	1.5	2	3.2	26	3.3	33	1.0	1	0.0	0	1.3	4	25	93	8.0	S	4.0	
JUNIO	103.5	5.4	20		1.0	6	0.0	0	1.0	2	3.7	33	3.8	34	1.0	1	0.0	0	1.0	2	21	90	8.0	SE	4.5	
JULIO	86.9	4.6	3		0.0	0	1.0	1	1.0	1	3.5	33	3.6	34	1.0	1	2.0	1	0.0	0	28	93	8.0	SE	4.6	
AGOSTO	115.0	5.5	8		1.5	2	1.0	1	0.0	0	3.8	31	4.2	39	2.0	1	0.0	0	0.0	0	26	93	8.0	SE	5.0	
SEPTIEMBRE	103.7	5.7	24		1.5	2	1.0	1	0.0	0	2.9	32	3.9	32	0.0	0	0.0	0	1.0	1	31	90	7.0	S	4.5	
OCTUBRE	151.3	7.2	13		4.2	20	2.0	1	1.5	2	3.3	11	3.5	24	1.0	2	0.0	0	2.3	4	36	93	8.0	S	4.5	
NOVIEMBRE	134.7	8.2	23		1.9	17	0.0	0	0.0	0	3.1	16	3.1	20	2.2	6	0.0	0	1.0	1	41	90	8.0	S	3.2	
DICIEMBRE	100.4	5.2	23		1.4	8	1.0	2	2.0	1	3.5	20	3.1	32	0.0	0	0.0	0	2.3	3	33	93	8.0	S	3.6	
VALOR ANUAL	1342.1																									4.0

Tabla 8: Datos meteorológicos

Fuente: <http://www.serviciometeorologico.gov.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>

Cronómetro

Un cronómetro es un reloj de precisión que se emplea para medir fracciones de tiempo muy pequeñas. A diferencia de los relojes convencionales que se utilizan para medir los minutos y las horas que rigen el tiempo cotidiano, los cronómetros suelen usarse en competencias deportivas y en la industria para tener un registro de fracciones temporales más breves, como milésimas de segundo.

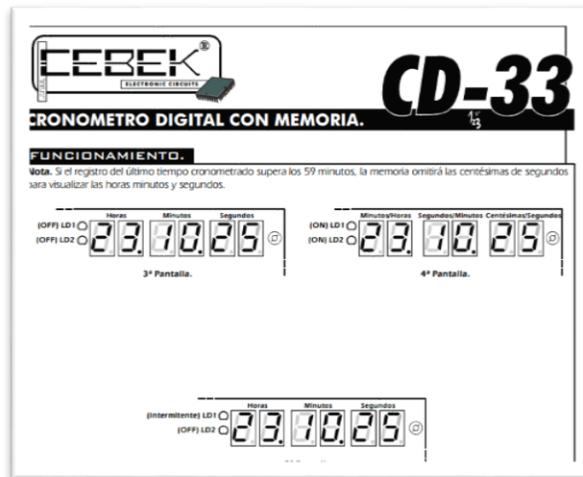


Figura 9: *Cronómetro Digital con Memoria*
Fuente: [http://fadisel.es/docs/Cd-33\(Esp\).pdf](http://fadisel.es/docs/Cd-33(Esp).pdf)

Termómetro de máxima y mínima

Sirve para medir las temperaturas extremas alcanzadas entre dos lecturas. Consiste en un tubo de vidrio, delgado y en forma de U, con una pequeña cantidad de mercurio. En uno de sus extremos hay un depósito lleno de alcohol y, en el otro, un depósito lleno sólo parcialmente. Al aumentar la temperatura, el mercurio se dirige al depósito medio lleno y, al disminuir la temperatura, se dirige hacia el otro extremo, en la figura No. 10 se muestra el tipo de termómetro que se utiliza.



Figura 10: Tipos de Termómetros

Fuente:http://www.ejemplode.com/37fisica/2595instrumentos_para_medir_la_temperatura.html

2.5. Método de Investigación

Los abordajes metodológicos a utilizarse para dar respuesta al problema son la Observación, Inductivo, Deductivo y Analítico.

Observación

Como método consiste en la percepción directa del objeto de investigación. La observación investigativa es el instrumento universal del científico. La observación permite conocer la realidad mediante la percepción directa de los objetos y fenómenos.

Inductivo

Es el razonamiento que, partiendo de casos particulares, se eleva a conocimientos generales. Este método permite la formación de hipótesis, investigación de leyes científicas, y las demostraciones. La inducción puede ser completa o incompleta.

Deductivo

Un investigador propone una hipótesis como consecuencia de sus inferencias del conjunto de datos empíricos o de principios y leyes más generales. En el primer caso arriba a la hipótesis mediante procedimientos inductivos y en segundo caso mediante procedimientos deductivos.

Analítico

Estas operaciones no existen independientes una de la otra; el análisis de un objeto se realiza a partir de la relación que existe entre los elementos que conforman dicho objeto como un todo; y a su vez, la síntesis se produce sobre la base de los resultados previos del análisis.

2.6. Operacionalización de variables

En la tabla No. 11 se realiza la operacionalización de la variable independiente e dependiente.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLE INDEPENDIENTE:		Potencial Energético solar			
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
El potencial energético solar para la utilización del calentamiento de agua en actividades domésticas.	Portadores Energéticos	Radiación Global, Directa y Difusa	W/m ²	Medición	Piranómetro
		Heliógrafo	Horas	Registros	INAMHI
		Temperatura ambiente	°C	Registros	INAMHI
	Dimensionamiento del calentador	Consumo de agua por persona	l/s	Medición	Cubeta
		Área de transferencia de calor	m ²	Cálculos	Ecuaciones
VARIABLE DEPENDIENTE:		Sistema de calentamiento de agua solar para el uso sanitario			
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Dependencia de energías convencionales.	Eficiencia energética	Calor aprovechado	KJ	Cálculos	Ecuaciones
	Energías convencionales	Consumo de GLP	Kg	Cálculo	Ecuaciones
		Consumo de Energía eléctrica	KWh	Calculo	Ecuaciones

Tabla 9: Matriz de la Operalización de las Variables

Fuente: Tello A. (2016)

2.7. Técnicas e Instrumentos

La técnica y el instrumento para ejecutar en este estudio es la siguiente:

TÉCNICA	INSTRUMENTO
MEDICIONES	Piranómetro
CÁLCULOS	Ecuaciones
EQUIPO	Termómetro Cronómetro

Tabla 10: Técnica e Instrumentos
Fuente: Tello A. (2016)

Cálculos – Ecuaciones

Para los cálculos de esta investigación se utilizara las ecuaciones que están detalladas en el capítulo uno.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. *Parámetros iniciales*

Análisis de las mediciones del equipo piranómetro que se instaló en el sitio de la investigación, en la figura No. 11 se muestra el equipo piranómetro tomando las mediciones de los datos.



Figura 11: *Equipo piranómetro haciendo las mediciones de los datos*
Fuente: Tello A. (2016)

En los anexos No. 1, 2 y 3, se presenta los valores de los resultados obtenidos en las mediciones realizadas durante el estudio, las cuales fueron efectuadas cuando las condiciones climatológicas eran favorables y no favorables, con estas condiciones se realiza el estudio para poder tener una eficiencia acorde con el potencial energético en el sitio alcanzando una temperatura adecuada para calentar el agua de uso sanitario.

3.2. *Análisis de histogramas y polígonos de frecuencia*

En los meses de septiembre, octubre y noviembre que se procedió a realizar las mediciones en el grafico No. 14 se muestra la radiación solar global desde las 6H30

hasta las 7H00 am. Vemos que los registros más altos son en el rango de 0-53 W/m² la frecuencia absoluta es 32 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 324-377 W/m² la frecuencia absoluta es 3 registros.

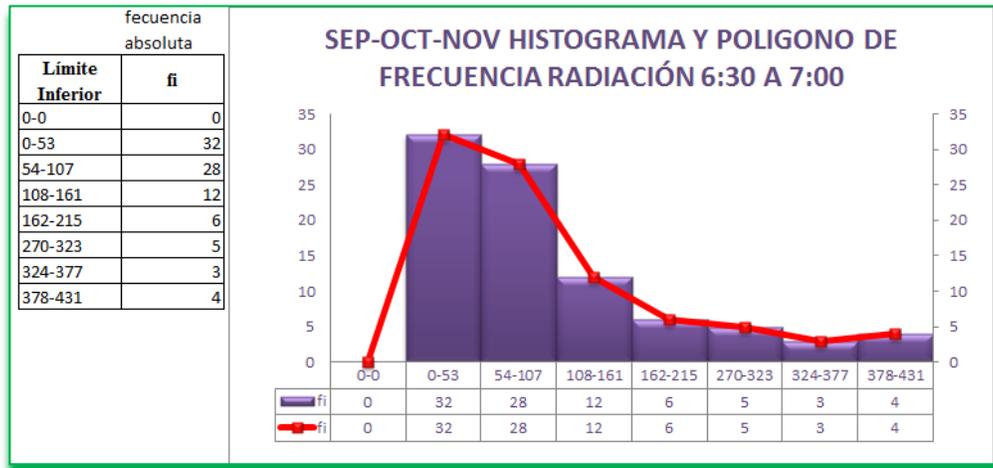


Gráfico 14: Radiación solar de 6H30 a 7H00 am.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 15 se muestra la radiación solar global desde las 7H00 hasta las 7H30 am. Vemos que los registros más altos son en el rango de 104-193 W/m² la frecuencia absoluta es 32 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 554-643 y 644-733 W/m² la frecuencia absoluta es 1 registros.

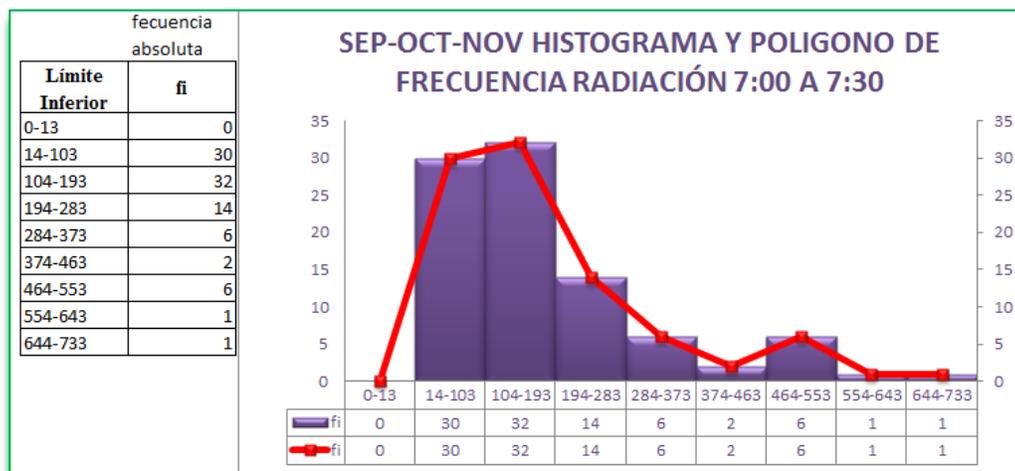


Gráfico 15: Radiación solar de 7H00 a 7H30 am.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 16 se muestra la radiación solar global desde las 7H30 hasta las 8H00 am. Vemos que los registros más altos son en el rango de 139-225 W/m² la frecuencia absoluta es 35 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 487-573 W/m² la frecuencia absoluta es 2 registros.

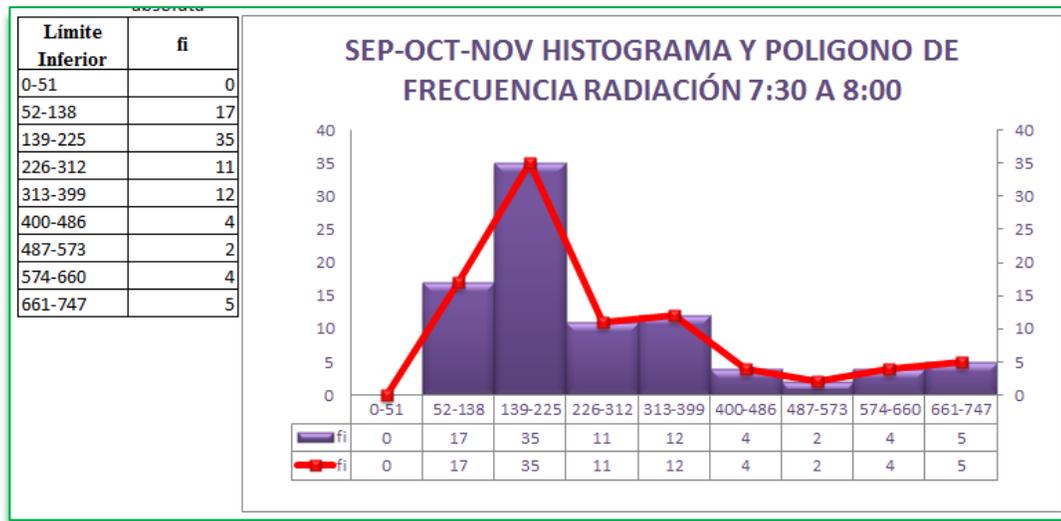


Gráfico 16: Radiación solar de 7H30 a 8H00 am.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 17 se muestra la radiación solar global desde las 8H00 hasta las 8H30 am. Vemos que los registros más altos son en el rango de 199-303 W/m² la frecuencia absoluta es 34 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 829-933 W/m² la frecuencia absoluta es 1 registros.

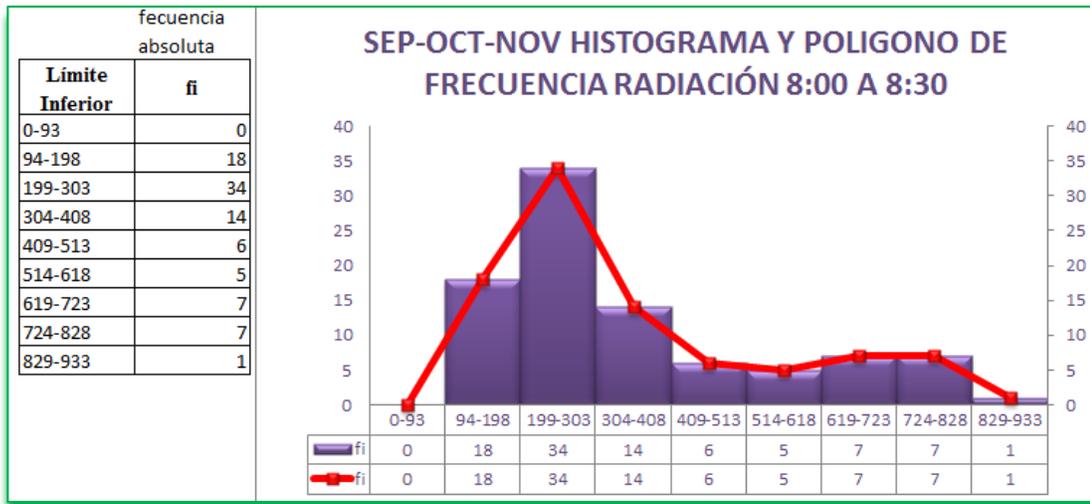


Gráfico 17: Radiación solar de 8H00 a 8H30 am.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 18 se muestra la radiación solar global desde las 8H30 hasta las 9H00 am. Vemos que los registros más altos son en el rango de 329-421 W/m² la frecuencia absoluta es 20 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 515-607 W/m² la frecuencia absoluta es 5 registros.

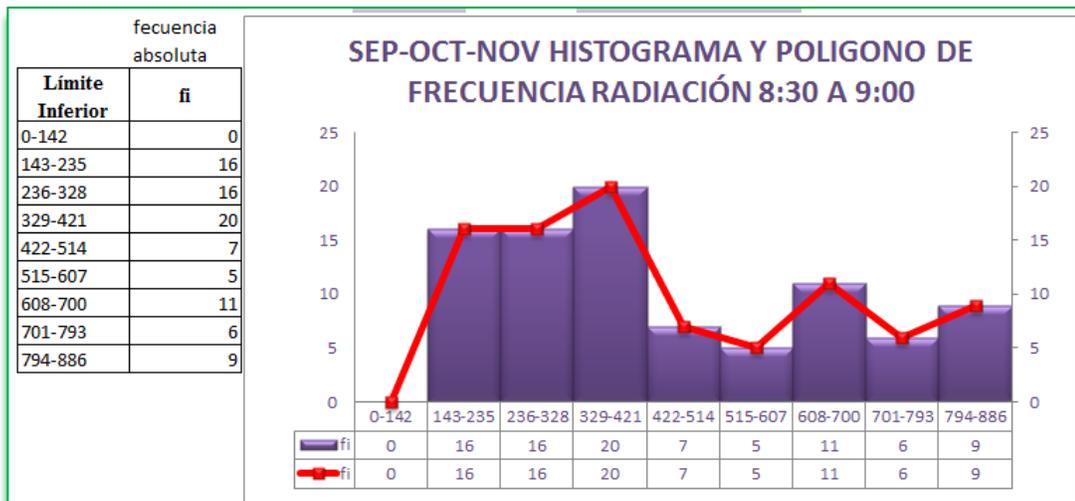


Gráfico 18: Radiación solar de 8H30 a 9H00 am.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 19 se muestra la radiación solar global desde las 9H00 hasta las 9H30 am. Vemos que los registros más altos son en el rango de 285-405 W/m² la

frecuencia absoluta es 28 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 406-526 y 769-889 W/m² la frecuencia absoluta es 7 registros.

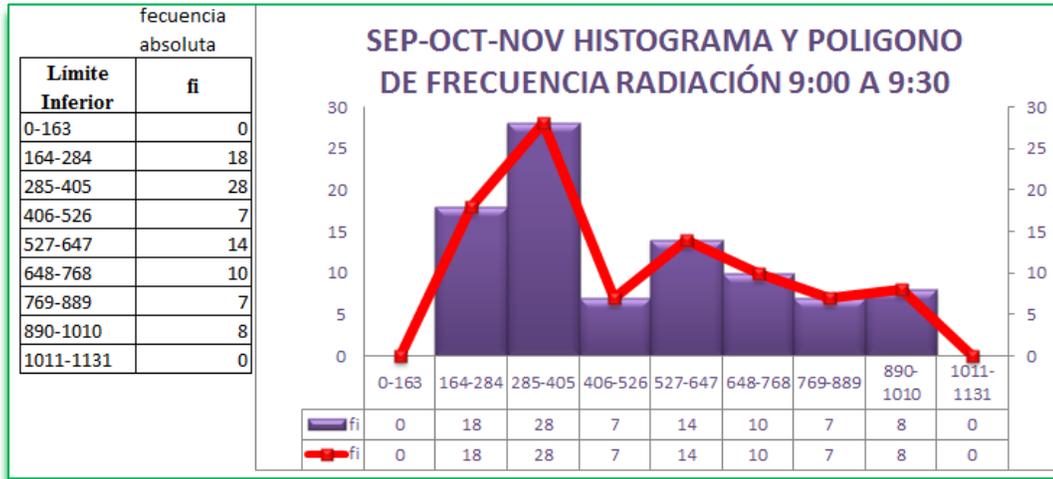


Gráfico 19: Radiación solar de 9H00 a 9H30 am.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 20 se muestra la radiación solar global desde las 9H30 hasta las 10H00 am.. Vemos que los registros más altos son en el rango de 393-521 W/m² la frecuencia absoluta es 24 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 651-779 y 780-908 W/m² la frecuencia absoluta es 7 registros.

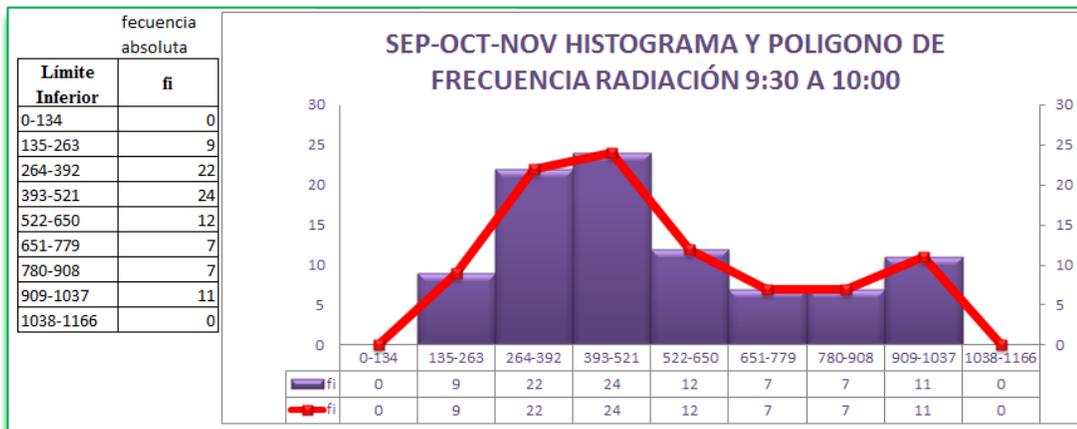


Gráfico 20: Radiación solar de 9H30 a 10H00 am.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 21 se muestra la radiación solar global desde las 10H00 hasta las 10H30 am. Vemos que los registros más altos son en el rango de 280-410 W/m² la frecuencia absoluta es 24 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 1066-1196 W/m² la frecuencia absoluta es 4 registros.

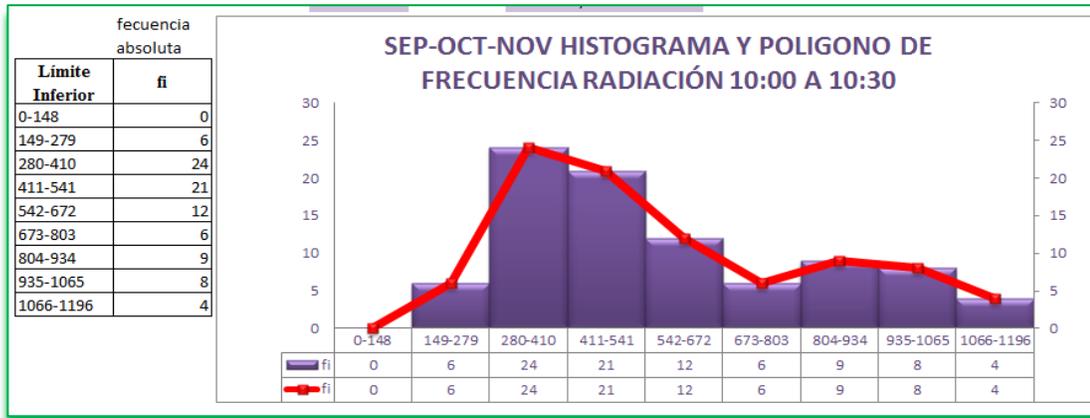


Gráfico 21: Radiación solar de 10H00 a 10H30 am.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 22 se muestra la radiación solar global desde las 10H30 hasta las 11H00 am. Vemos que los registros más altos son en el rango de 504-648 W/m² la frecuencia absoluta es 23 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 1084-1228 W/m² la frecuencia absoluta es 2 registros.

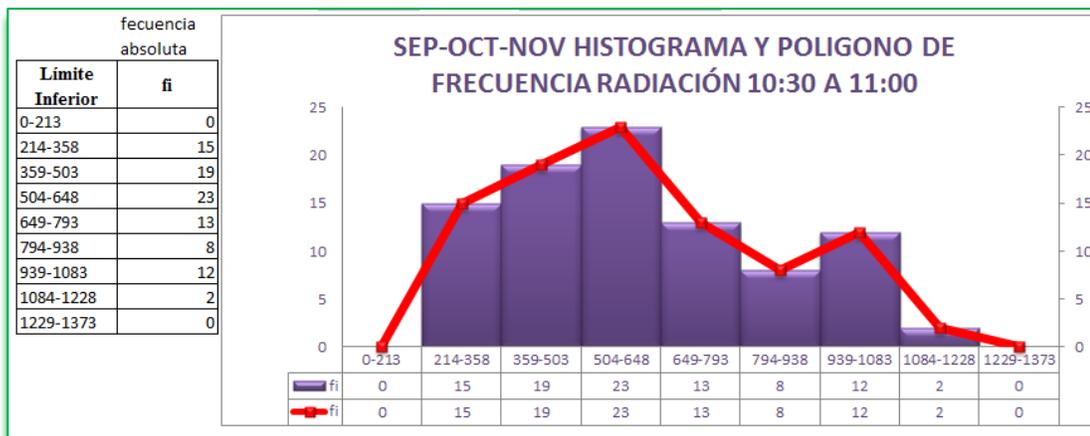


Gráfico 22: Radiación solar de 10H30 a 11H00 am.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 23 se muestra la radiación solar global desde las 11H00 hasta las 11H30 am. Vemos que los registros más altos son en el rango de 395-536 W/m² la frecuencia absoluta es 23 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 1105-1246 W/m² la frecuencia absoluta es 1 registros.

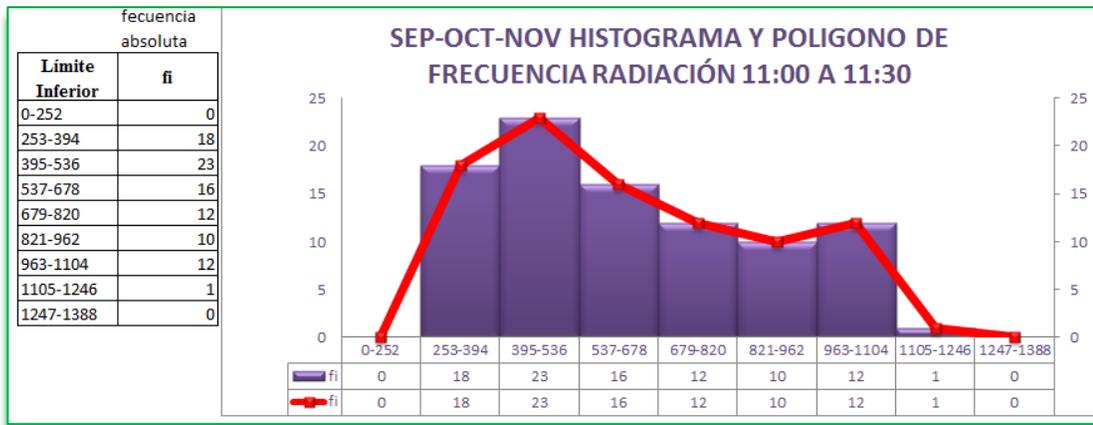


Gráfico 23: Radiación solar de 11H00 a 11H30. am
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 24 se muestra la radiación solar global desde las 11H30 hasta las 12H00 am. Vemos que los registros más altos son en el rango de 633-776 W/m² la frecuencia absoluta es 20 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 921-1064 W/m² la frecuencia absoluta es 6 registros.

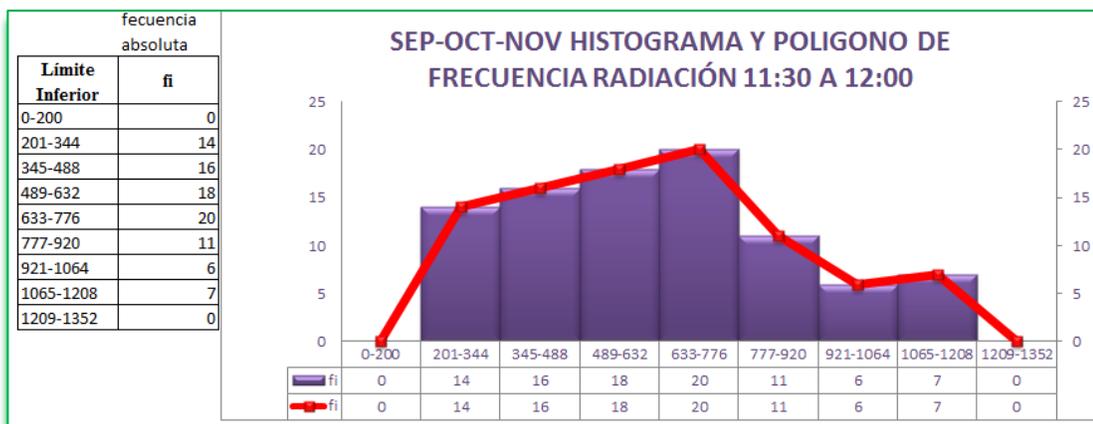


Gráfico 24: Radiación solar de 11H30 a 12H00 am.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 25 se muestra la radiación solar global desde las 12H00 hasta las 12H30 am. Vemos que los registros más altos son en el rango de 454-591 W/m² la frecuencia absoluta es 22 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 592-729 W/m² la frecuencia absoluta es 8 registros.

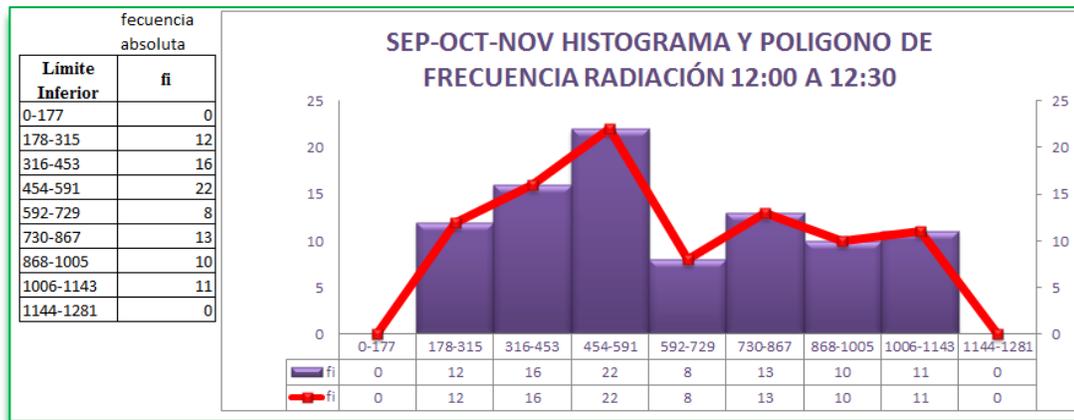


Gráfico 25: Radiación solar de 12H00 a 12H30 am.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 26 se muestra la radiación solar global desde las 12H30 am. hasta las 13H00 pm. Vemos que los registros más altos son en el rango de 337-477 W/m² la frecuencia absoluta es 22 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 1042-1182 W/m² la frecuencia absoluta es 3 registros.

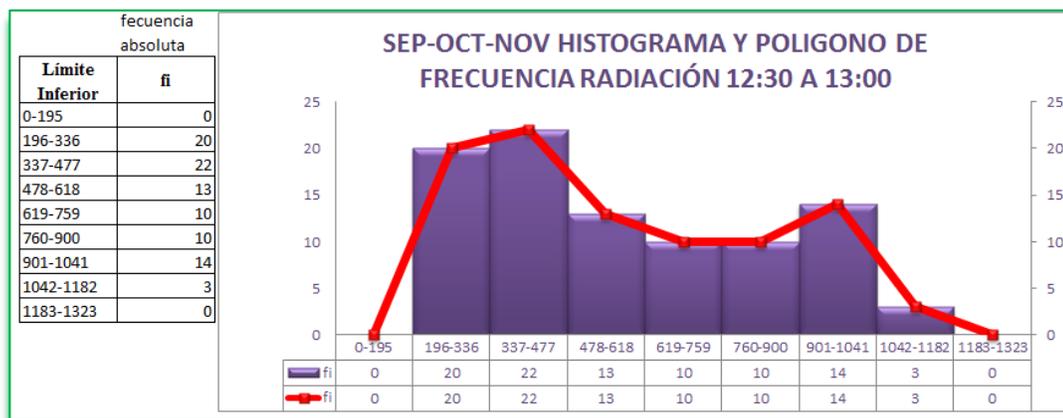


Gráfico 26: Radiación solar de 12H30 am. a 13H00 pm.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 27 se muestra la radiación solar global desde las 13H00 hasta las 13H30 pm. Vemos que los registros más altos son en el rango de 384-529 W/m² la frecuencia absoluta es 22 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 1114-1259 W/m² la frecuencia absoluta es 1 registros.

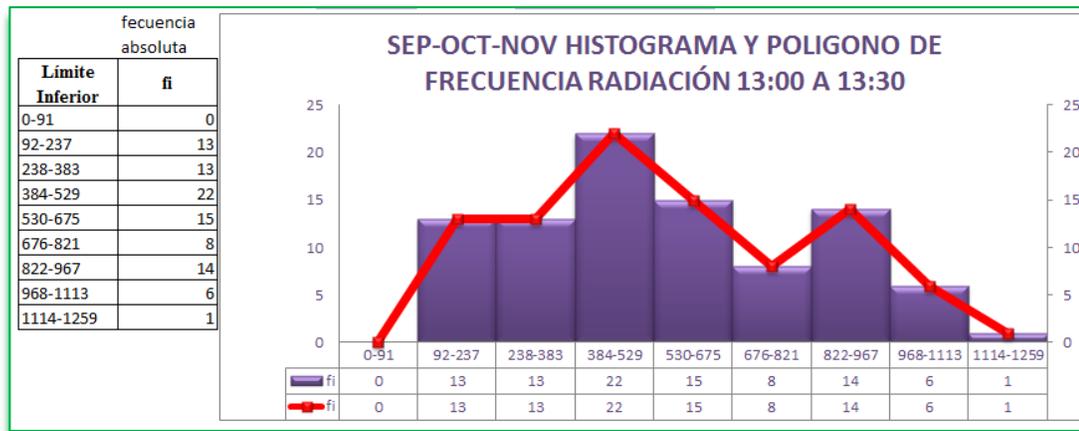


Gráfico 27: Radiación solar de 13H00 a 13H30 pm.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 28 se muestra la radiación solar global desde las 13H30 hasta las 14H00 pm. Vemos que los registros más altos son en el rango de 724-853 W/m² la frecuencia absoluta es 17 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 854-983 y 984-1113 W/m² la frecuencia absoluta es 5 registros.

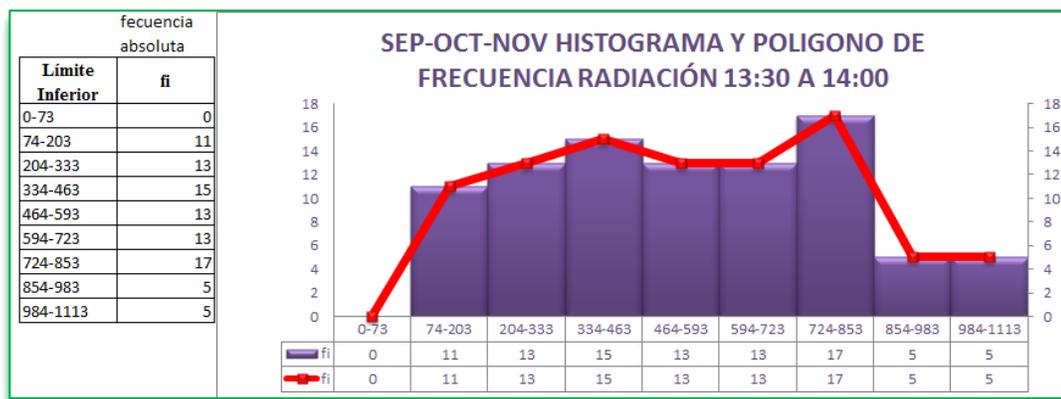


Gráfico 28: Radiación solar de 13H30 a 14H00 pm.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 29 se muestra la radiación solar global desde las 14H00 hasta las 14H30 pm. Vemos que los registros más altos son en el rango de 279-400 W/m² la frecuencia absoluta es 20 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 889-1010 W/m² la frecuencia absoluta es 2 registros.

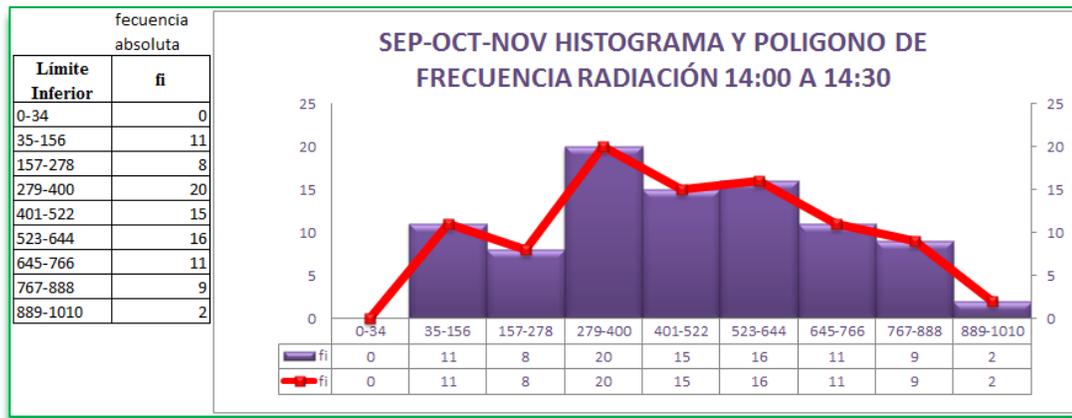


Gráfico 29: Radiación solar de 14H00 a 14H30 pm.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 30 se muestra la radiación solar global desde las 14H30 hasta las 15H00 pm. Vemos que los registros más altos son en el rango de 491-609 W/m² la frecuencia absoluta es 19 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 848-966 W/m² la frecuencia absoluta es 3 registros.

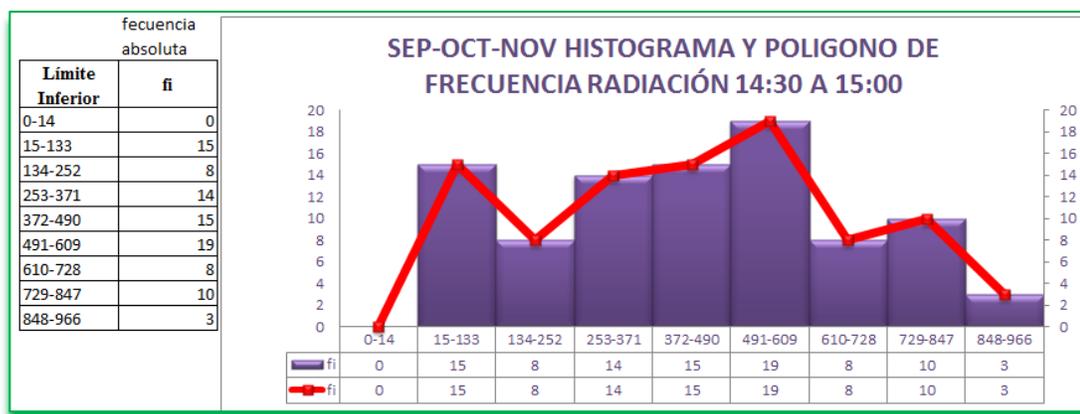


Gráfico 30: Radiación solar de 14H30 a 15H00 pm.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 31 se muestra la radiación solar global desde las 15H00 hasta las 15H30 pm. Vemos que los registros más altos son en el rango de 21-121 W/m² la frecuencia absoluta es 20 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 728-828 W/m² la frecuencia absoluta es 2 registros.

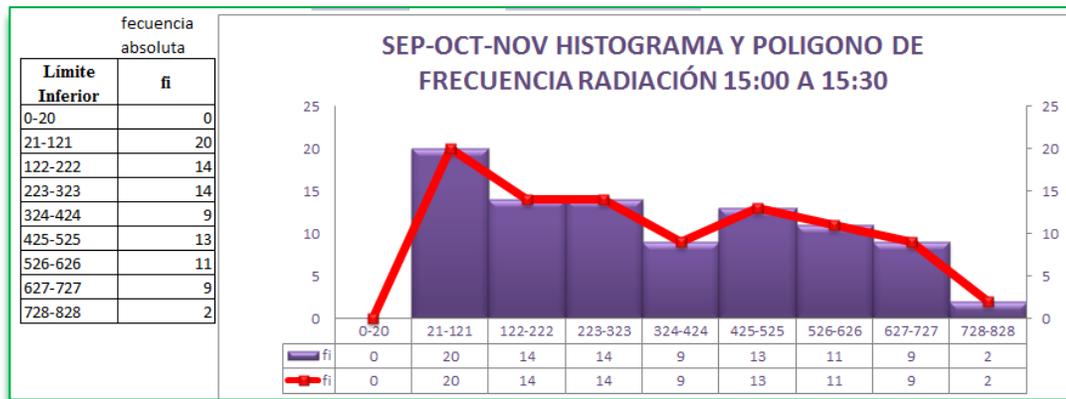


Gráfico 31: Radiación solar de 15H00 a 15H30 pm.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 32 se muestra la radiación solar global desde las 15H30 hasta las 16H00 pm. Vemos que los registros más altos son en el rango de 113-206 W/m² la frecuencia absoluta es 21 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 583-676 y 677-770 W/m² la frecuencia absoluta es 3 registros.

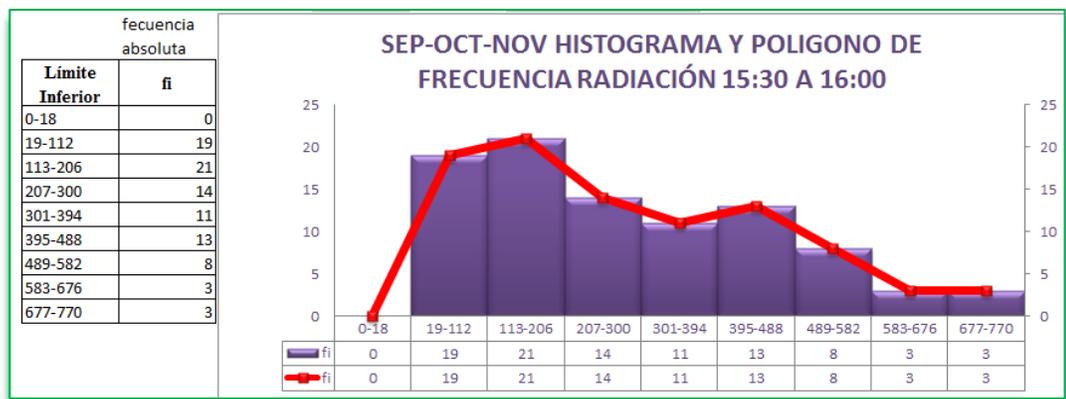


Gráfico 32: Radiación solar de 15H30 a 16H00 pm.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 33 se muestra la radiación solar global desde las 16H00 hasta las 16H30 pm.. Vemos que los registros más altos son en el rango de 14-100 y 101-187 W/m² la frecuencia absoluta es 23 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 623-709 W/m² la frecuencia absoluta es 1 registros.

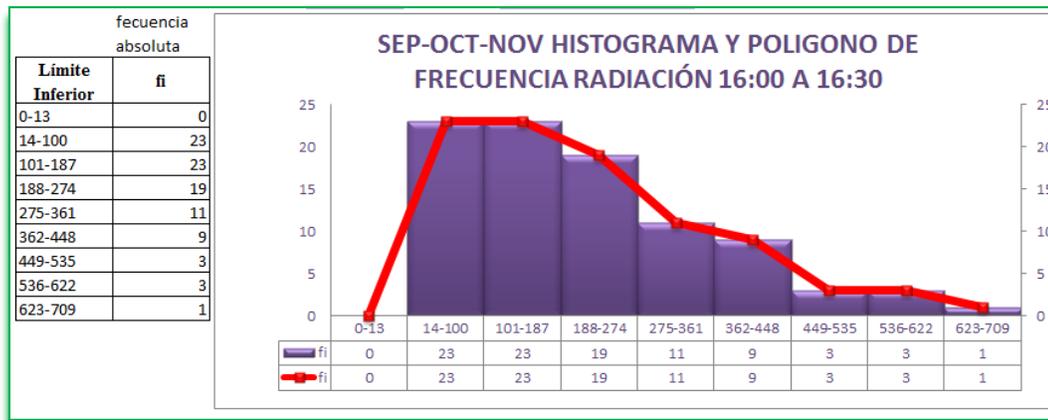


Gráfico 33: Radiación solar de 16H00 a 16H30 pm.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 34 se muestra la radiación solar global desde las 16H30 hasta las 17H00 pm. Vemos que los registros más altos son en el rango de 4-67 W/m² la frecuencia absoluta es 31 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 452-515 W/m² la frecuencia absoluta es 1 registros.

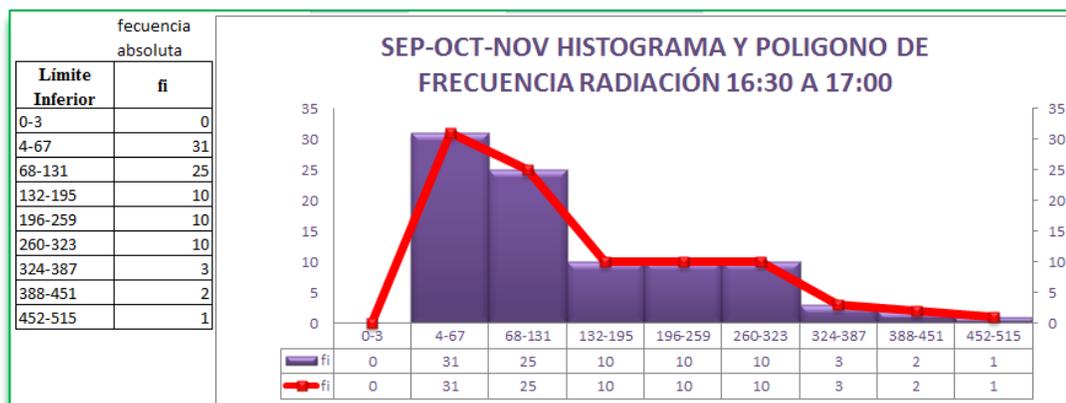


Gráfico 34: Radiación solar de 16H30 a 17H00 pm.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 35 se muestra la radiación solar global desde las 17H00 hasta las 17H30 pm. Vemos que los registros más altos son en el rango de 0-58 W/m² la frecuencia absoluta es 57 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 354-412 y 413-471 W/m² la frecuencia absoluta es 1 registros.

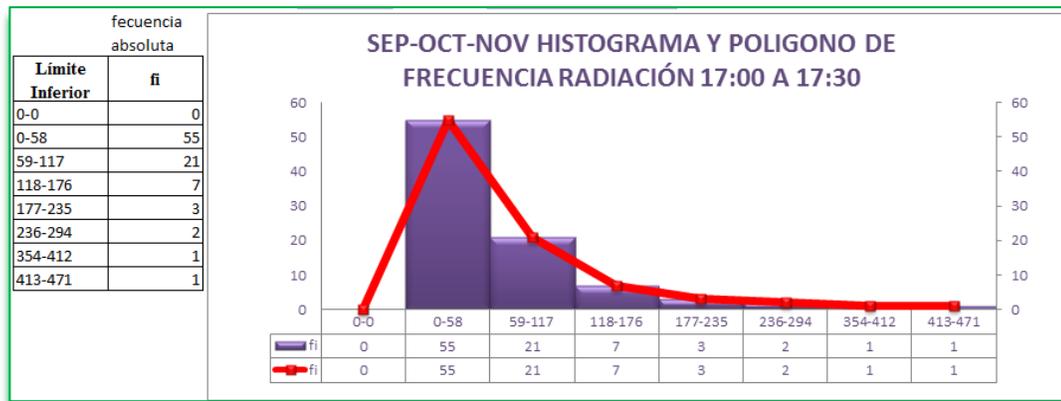


Gráfico 35: Radiación solar de 17H00 a 17H30 pm.
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 36 se muestra la radiación solar global desde las 17H30 hasta las 18H00 pm. Vemos que los registros más altos son en el rango de 0-35 W/m² la frecuencia absoluta es 72 registros, mientras que los valores más bajos en el rango 252-287 W/m² la frecuencia absoluta es 1 registros.

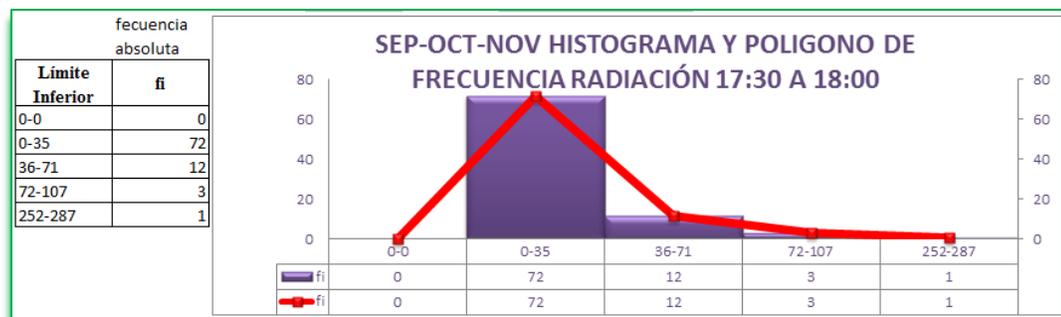


Gráfico 36: Radiación solar de 17H30 a 18H00 pm.
Fuente: Tello A. (2016)

Para nuestro cálculo se toma un promedio de la radiación solar global de los registros de los tres meses que se encuentran en los anexos No. 1, 2 y 3 respectivamente.

3.3. Análisis de la cantidad de agua por persona

Para este análisis se utiliza un cronómetro y una cubeta para poder registrar el tiempo y que cantidad de agua utiliza cada persona tanto en la ducha, en el aseo personal y como en el lavado de vajillas de la cocina.

Para poder medir el caudal de agua los (litros/min) se utilizó una cubeta de 6 litros y se procedió a verificar en que tiempo se llena la cubeta con el agua, se demoró 60 segundos entonces el caudal de agua es de 6 (litros/min).



***Figura 12: Caudal de Agua en litros/min
Fuente: Tello A. (2016)***

La familia es de tres personas dos adultos y un adolescente.

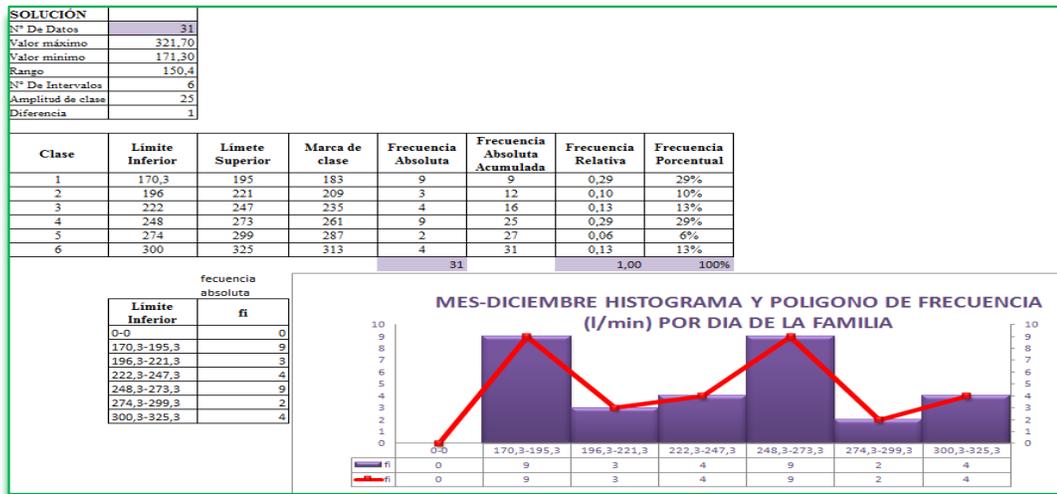


Gráfico 37: Consumo diario de agua por la familia
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 37 podemos observar que los registros de agua (litros/min*día) que consumen esta familia en el rango más alto es de 170,3-195,3 y 248,3-273,3 (litros/min*día) la frecuencia absoluta es 9 registros, en el rango de 222,3-247,3 y 300,3-324,3 (litros/min*día) la frecuencia absoluta es 4 registros y en el rango más bajo es de 196,3-221,3 (litros/min*día) la frecuencia absoluta es 3 registro, en el rango de 274,3-299,3 (litros/min*día) la frecuencia absoluta es 2 registros. Haciendo un promedio de registros la cantidad de agua (litros/min*día) que utilizan en esta familia en el día es de 237 (litros/día) se obtuvo del anexo No. 4.

En resumen la tabla de temperatura de uso y el número de usuarios más el consumo de (litros/día) por cada persona es la siguiente:

Temperatura de uso	37 °C
Número de Usuarios	3
Consumo/Usuario(litros/día)	79

Tabla 11: Consumo medio de agua caliente
Fuente: Tello A. (2016)

Para certificar y tener un criterio de un calentador solar eficiente tomamos como referencia la tabla No. 12 de la compañía Rio Solar.

RIO SOLAR					
CUANDO LLEVAS EL SOL POR DENTRO, NO IMPORTA SI AFUERA LLUEVE					
Modelo:	WB-N-300-30S	Fecha de Fabricación:	05 de Julio 2015	$\eta = 0.691 - 3.5x - 12.2x^2$; $x = (T_{in} - T_a)/G$	
Área de Apertura:	3.95 m ²	Presión máx. de operación:	50 kPa		
Flujo recomendado del colector solar:	10 l/min	Vida útil:	20 años		
Para uso en	Temp. (°C)	Calor útil al día		Capacidad de calentamiento	
		MJ/(día.m ²)	litros/(día.m ²)		
		Sierra	Costa	Sierra	Costa
Piscina	30	8.2	10.5	N.A.	N.A.
Doméstico	50	8.4	8.8	45	67
Simbolos: η = Eficiencia, T_{in} = Temperatura de entrada en °C, T_a = Temperatura ambiente en °C, G = Irradiancia solar en W/m ² * Temperatura típica de operación N.A. No Aplica					

Tabla 12: Certificado y Criterios de Rio Solar

Fuente: <http://riosolarenergy.com/#about-us>

3.4. Demanda energética

Antes de calcular la demanda energética se halla el valor de la masa de agua a calentar en un día ec. (1.14) (Kg/día). Los datos se obtuvieron de la tabla No. 11.

$$M = N_p * \rho_{H_2O} * V_p$$

$$M = (3 \text{ personas}) * 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 79 \frac{\text{l}}{\text{persona}} * \frac{1 \text{m}^3}{1000 \text{ l}}$$

$$M = 237 \text{ [Kg]}$$

La ec. (1.15) trata del calor necesario para calentar el agua que se necesita para la familia de tres personas. Los datos de la temperatura uso (T_f) se tomaron de las mediciones que se realizó en el momento de utilizar el agua para su respectivo uso en el anexo No. 5 se encuentra el promedio de la temperatura 37 °C, y la temperatura ambiente (T_i) se utilizó de los registros del INAMHI tabla No. 10 tiene como promedio anual 20.6 °C.

$$Q_{Nec} = M * C_p * (T_f - T_i)$$

$$Q_{Nec} = 237 \text{ Kg} * 4,18 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} * (37 ^\circ\text{C} - 20,6 ^\circ\text{C})$$

$$Q_{Nec} = 16246,824 \text{ [KJ/día]}$$

Hora	promedio KWh/m ² (Día)	promedio KJ/m ² (Día)
6:30:00	0,054994444	197,98
7:00:00	0,092116667	331,62
7:30:00	0,132833333	478,2
8:00:00	0,1767	636,12
8:30:00	0,224816667	809,34
9:00:00	0,247638889	891,5
9:30:00	0,266166667	958,2
10:00:00	0,290333333	1045,2
10:30:00	0,312661111	1125,58
11:00:00	0,320088889	1152,32
11:30:00	0,317094444	1141,54
12:00:00	0,312805556	1126,1
12:30:00	0,2909	1047,24
13:00:00	0,2808	1010,88
13:30:00	0,274327778	987,58
14:00:00	0,239694444	862,9
14:30:00	0,220144444	792,52
15:00:00	0,173044444	622,96
15:30:00	0,142127778	511,66
16:00:00	0,110311111	397,12
16:30:00	0,0702	252,72
17:00:00	0,034172222	123,02
17:30:00	0,012338889	44,42
18:00:00	0,003244444	11,68
	4,599555556	16558,4

Tabla 13: Demanda energética

Fuente: Tello A. (2016)

En la tabla No. 13 se demuestra que si hay el potencial energético solar para calentar la cantidad de agua que necesita en el hogar de 3 personas, esta tabla se obtuvo de los anexos No. 1,2 y 3 respectivamente, el potencial energético existente en el sitio es de 16558,4 [KJ/m²] Día y como el área del colector solar tiene aproximadamente 6,7 [m²] entonces es 110941,28 [KJ/m²] Día, y la demanda

energética es de 16246,824 [KJ/día] entonces vemos que si hay el suficiente potencial energético solar en la zona.

3.5. Cálculo de energía eléctrica consumida mensualmente

Para determinar la energía consumida por la ducha se utilizó un multímetro digital portátil, modelo DT-266 CLAMP METER.

En la figura No. 13 se observa el valor medido del voltaje con la que trabaja la ducha eléctrica, este equipo eléctrico es de marca BOCCCHERINI de procedencia Colombiana de más 3,7 [W] y funciona con 110 [V].



Figura 13: Medición de voltaje
Fuente: Tello A. (2016)

Por lo tanto el voltaje es: $V = 110$ [V]

Posteriormente utilizando el amperímetro de pinza se obtuvo el valor de la intensidad de la corriente en la fase.

Para determinar el valor de la intensidad de la corriente se procede a prender la ducha y observar el valor de la intensidad de la corriente en la fase en la pantalla del amperímetro.



Figura 14: Medición de los amperios
Fuente: Tello A. (2016)

El valor que se obtuvo es el siguiente.

$$I = 38,5 \text{ [A]}$$

Una vez determinados los valores necesarios se procede a calcular el valor de la potencia utilizando la ec (1.17).

$$P = V * I$$

$$P = 109 \text{ V} * 38,5 \text{ A}$$

$$P = 4196,5 \text{ [W]}$$

En el anexo No. 4 consta los registros del tiempo que utiliza el agua caliente para ducharse la familia, este valor es de 10,373 horas al mes.

Potencia en watts	Cantidad de horas al mes	Consumo mensual en KW-hora
4196,5 watts	10,373 Horas	43,53 KW-hora

Finalmente multiplicamos el consumo mensual por el costo actual del kW-h vigente en el País.

$$43,53 \text{ KWH} * 0,095 \text{ centavos KWH} = \$ 4,135 \text{ dólares mensual}$$

$$\$ 4,135 \text{ dólares} * 12 \text{ meses} = \$ 49,624 \text{ dolares anual}$$

Coste mensual aproximado por la utilización de la ducha eléctrica es \$ 4,135 dólares en la vivienda unifamiliar de 3 personas, y el coste anual aproximado es de \$ 49,624 dólares.

3.6. Análisis del consumo energético utilizando el calefón a gas

De acuerdo a la demanda de ACS, y el tipo de calefón más común utilizado en la vivienda, se toma como referencia un calefón que reúna las características de potencia y caudal utilizados mensualmente en una familia porque el que estaba instalado no tenía la especificación en la placa ya que estaba en la intemperie como se muestra en la figura No. 15.



Figura 15: Calefón olym 10 litros
Fuente: Tello A. (2016)

Posteriormente se procedió a pesar el cilindro de gas doméstico utilizado en este calefón, utilizando una balanza digital. Primero se compró el cilindro de gas de 15 Kg. para pesarlo y de ahí consumirlo de acuerdo al uso de la familia.



Figura 16: Lectura del cilindro lleno

Fuente: Tello A. (2016)

Se obtuvo los siguientes valores tanto lleno y después de utilizarlo.

Cilindro lleno 30.1 [Kg]

Posteriormente se conectó el cilindro de gas a la válvula del calefón para dar el seguimiento de cuanto consume en 15 minutos, un tiempo prudente para determinar el consumo de gas.

Cilindro después de 15 minutos 29,2 [Kg]

En el anexo No. 4 consta los registros del tiempo que utiliza el agua caliente para las diferentes actividades de la familia, este valor es de 20,38 horas al mes.

$$30,1 \text{ Kg} - 29,2 \text{ Kg} = 0,9 \text{ [Kg]} \text{ en 15 minutos}$$

Entonces el valor del gas en [Kg] que consume en una hora es 3,6 [Kg], ahora vamos a ver cuántos cilindros de gas (GLP) consume la familia al mes y anual.

$$3,6 \text{ Kg} * 20,38 = 73,368 \text{ [Kg]} \text{ mensual}$$

$$73,368 \text{ Kg} / 30,1 \text{ Kg} = 2,437 \text{ cilindros al mes}$$

$$2,437 * 12 = 29,249 \text{ cilindros anual}$$

Como vemos el consumo del gas (GLP) es de 29,249 cilindros al año, y el costo del cilindro es de 2,60 dólares.

$$2,437 \text{ cilindro} * 2,60 \text{ dólares} = 6,336 \text{ dólares mensual}$$

$$29,249 \text{ cilindro} * 2,60 \text{ dólares} = 76,047 \text{ dólares anual}$$

En la tabla No. 14 se muestra el consumo energético mensual y anual de los tres sistemas.

Tipo de energía	Mes		Año	
	Costo \$	Cantidad	Costo \$	Cantidad
Electricidad	4,135	43,53 KWH	49,624	522,363 KWH
Gas doméstico	6,337	2,437 cilindros	76,049	29,249 cilindros
Energía Solar	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabla 14: Consumo energético

Fuente: Tello A. (2016)

Esto con respecto al consumo diario de cada fuente de energía, siendo la energía solar un recurso energético presente en la naturaleza, el mismo que no posee ningún valor comercial su aprovechamiento resulta ser totalmente gratuita.

CAPITULO IV

4. PROPUESTA

4.1 Datos Informativos

4.1.1 Título de la propuesta

Diseño de un prototipo de calentamiento de agua de uso doméstico empleando energía solar.

4.1.2 Beneficiarios

Beneficiario directo: Domicilio de la familia Tello Corrales.

4.1.3 Equipo Técnico Responsable

Tutor: Ing. MSc. Proaño Maldonado, Xavier Alfonso

Investigador: Tello Robayo Segundo Ángel

Colaboradores: Dra. Nancy Corrales, Ing. Pablo Arias, Ing. Patricio Tello

4.2 Antecedentes de la Propuesta

La tecnología en el Ecuador va evolucionando en los últimos años de acuerdo a las necesidades contribuyendo al desarrollo de diferentes industrias en el país el mismo que impulsa al mejoramiento constante de nuevos sistemas como la utilización de energía renovable en los diferentes sectores de la economía del país.

En el domicilio ubicado en la ciudadela el Bosque del cantón Latacunga se tiene instalado un calefón de gas (GPL) que sirve para calentar el agua para uso sanitario en toda el domicilio, pero es perjudicial para las personas ya que a más de ser

peligroso la dificultad de requerir el cambio continuo del cilindro del gas para subir al tercer piso de la casa, y un calentador eléctrico (ducha eléctrica) que sirve solo para calentar el agua de uso sanitario en la ducha, los dos tipos son un problema para la salud y en la economía de la familia.

Fue primordial los registros del potencial energético meteorológicos y de temperatura obtenidos en los registros de dicho sector y se realiza un análisis estadístico para determinar los valores promedios con los cuales se puede realizar un cálculo para obtener la eficiencia del trabajo, luego diseñar un colector sustentado con los análisis pertinentes que garanticen funcionalidad.

Los cálculos realizados para el diseño del calentador solar se lo hizo en base a los parámetros atmosféricos: temperatura ambiental y Principalmente radiación solar. También se tomó en cuenta las características de los tubos al vacío y las propiedades del agua.

4.3 Justificación de la Propuesta

El motivo para proponer el diseño del prototipo del calentador de agua con energía solar de uso sanitario, es obtener las temperaturas que puede alcanzar el agua mediante el funcionamiento del mismo, lo cual nos permitirá verificar si pueden alcanzar mayores temperaturas y mayor eficiencia que los calentadores solares convencionales.

Se parte de los valores meteorológicos obtenidos de los registros tomados en el mismo sector y se realiza un análisis estadístico para determinar los valores promedios con los cuales se puede realizar un cálculo para obtener la eficiencia del trabajo y luego diseñar el prototipo sustentado con los análisis pertinentes que garanticen funcionalidad

También se podrá utilizar para realizar ensayos de esta manera verificar los datos teóricos, esto ayudará a adquirir conocimientos teóricos y prácticos, para incrementar

el interés sobre la utilización de la energía solar, no solo en el sector sino para todas las personas que se interesen este tipo de calentadores.

4.4 Objetivos de la Propuesta

4.4.1 Objetivo General

Diseñar de un prototipo de calentamiento de agua de uso doméstico empleando energía solar.

4.4.2 Objetivos Específicos

Determinar los parámetros de diseño para un sistema de calentamiento de agua solar de uso doméstico.

Implementar un prototipo para un sistema de calentamiento de agua de uso doméstico empleando energía renovable.

4.5 Análisis de Factibilidad

4.5.1 Análisis Técnico

Los ensayos de calentamiento de agua se lo pueden realizar con normalidad, ya que la toma de datos que son importantes para nuestra investigación se lo puede hacer con los equipos e instrumentos obtenidos mediante préstamo y adquiridos.

4.5.2 Económico – Financiero

En el análisis se toma en cuenta todos los componentes necesarios para poder realizar y concluir el estudio planteado; los cuales son: compra de materiales para la construcción del equipo e instalaciones necesarias para el funcionamiento del mismo y la mano de obra necesaria.

CALENTADOR SOLAR DE TUBOS AL VACÍO		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
1	Calentador Solar NO Presurizado 300 Litros *Marca Instamatic - Incluido Instalación *Tanque de Acero Inoxidable con aislamiento térmico de poliuretano *Computador (Controllars for Solar) *Ánodo de Magnesio (Protección Catódica) *Juego de tubos al vacío *Sensor de Temperatura *Calentador Eléctrico (Conexión Opcional) *Juntas mediante roscado y aplicación de sellador *Mano de obra	934,28
2	Construcción de Soporte en correa estructural	62,5
3	Transporte	78
SUBTOTAL		1074,78
IVA 12%		128,0736
TOTAL		1203,7536

Tabla 15: Costo final del calentador solar de tubos al vacío
Fuente: Tello A. (2016)

La inversión inicial que pocas personas se atreven a realizar. Para ello es necesario brindar la suficiente información técnica y económica para demostrar que la información inicial se amortiza a mediano plazo, y luego genera una zona de ahorro y comodidad para las personas que se extiende por el resto de la vida útil de estos sistemas, que va de 20 a 25 años.

4.6. Fundamentación

Los cálculos para el diseño del prototipo del calentador solar están basados en el marco teórico del Capítulo I desarrollado en esta tesis, en el cual se cuenta con todos los parámetros necesarios y formas de funcionamientos de estos equipos.

4.6.1 Cálculos Térmicos

4.6.1.1 Cálculo de las Temperaturas y Calor que sale del Tubo

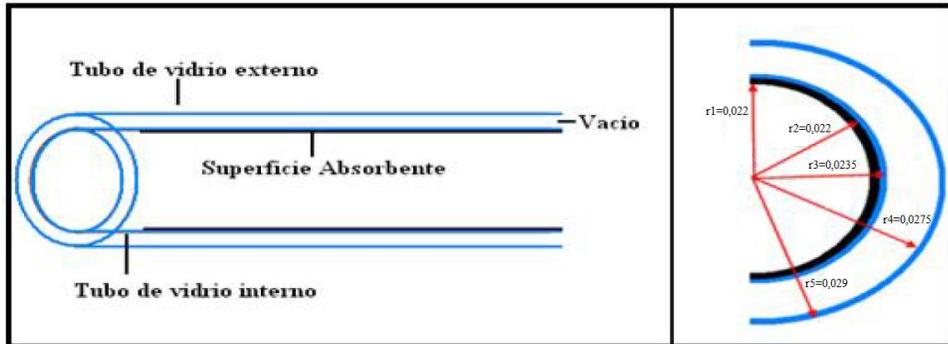


Gráfico 38: Esquema de Tubos al Vacío

Fuente: Tello A. (2016)

A continuación se detalla los valores obtenidos, los radios del tubo medidos con un calibrador pie de rey y más datos obtenidos de la hoja técnica.

Temperatura ambiente promedio (T_1)	20,6	[°C]
Temperatura de agua (Placa)	60	[°C]
Velocidad del viento promedio	1,111	[m/s]
Radio de la placa absorbente - r_1	0,022	[m]
Radio interno del tubo interno - r_2	0,022	[m]
Radio externo del tubo interno - r_3	0,0235	[m]
Radio interno del tubo externo - r_4	0,0275	[m]
Radio externo del tubo externo - r_5	0,029	[m]
Conductividad térmica vidrio	0,8	[W/m.K]
Conductividad térmica placa	200	[W/m.K]
Temperatura exterior del tubo exterior (T_2)	25,1	[°C]
Temperatura interior del tubo exterior (T_3)	25,2	[°C]
Temperatura exterior del tubo interior	60	[°C]
Emisividad del vidrio	1	
Constante de Stefan Boltzmann - σ	$5,67 \cdot 10^{-8}$	[W/m ² .°K ⁴]
Longitud del tubo	1,66	[m]
Emisividad de la placa absorbidora	0,05	

Tabla 16: Datos para Cálculo de Pérdidas de Calor en el Tubo al Vacío

Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 39 se detalla el circuito equivalente de los tubos al vacío para los respectivos cálculos de resistencia en los tubos.

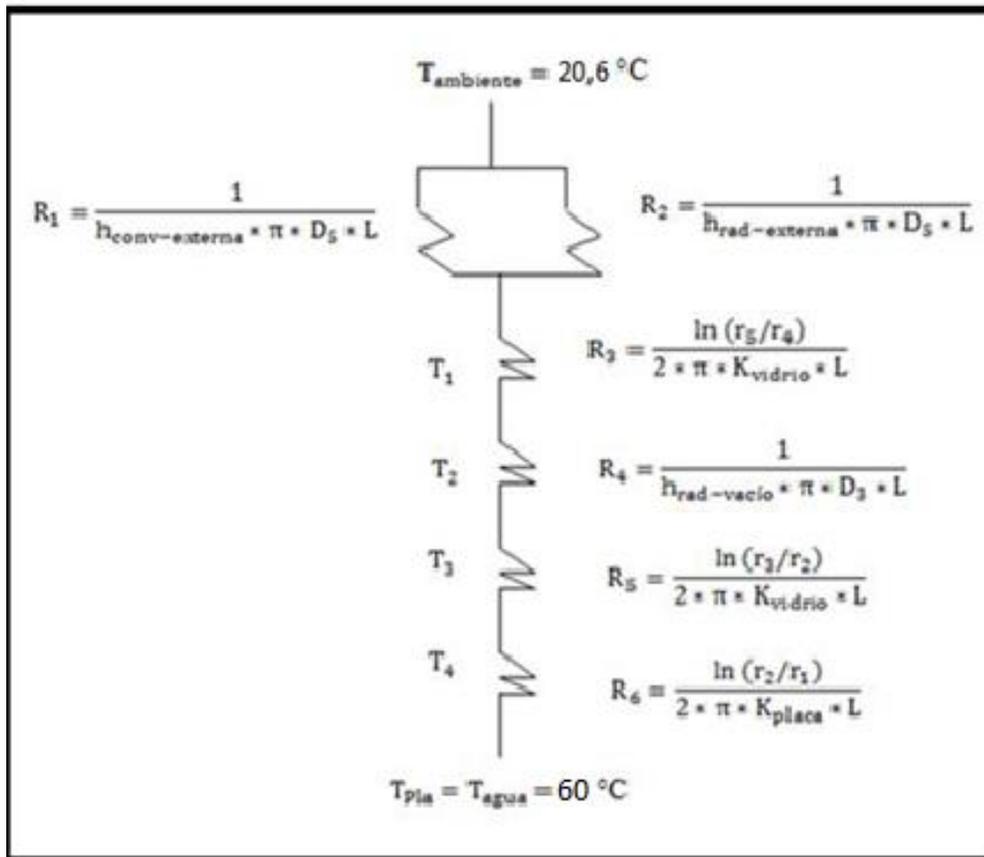


Gráfico 39: Circuito Térmico Equivalente

Fuente: Tello A. (2016)

El coeficiente de convección se calculó mediante la ec. (1.6).

$$h_{\text{conv}} = 5,7 + 3,8 \cdot V_v$$

$$h_{\text{conv}} = 5,7 + 3,8 \cdot 1.111 \frac{m}{s}$$

$$h_{\text{conv}} = 9,922 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

La resistencia térmica para convección fue dada por la ec. (1.7)

$$R_1 = \frac{1}{h_{\text{conv}} \cdot \pi \cdot D_5 \cdot L_t}$$

$$R_1 = \frac{1}{9.922 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 3,1416 * 0,058m * 1,66m}$$

$$R_1 = 0,333 \left[\frac{^\circ C}{W} \right]$$

La temperatura del cielo se determinó mediante la ec. (1.11)

$$T_{cielo} = 0.0552(T_a)^{1.5}$$

$$T_{cielo} = 0.0552 * (20,6 + 273)^{1.5}$$

$$T_{cielo} = 277,698[^\circ K]$$

El coeficiente de radiación se calculó mediante la ec. (1.12)

$$h_{rad} = \varepsilon * \sigma(T_s + T_{cielo})(T_s^2 + T_{cielo}^2)$$

$$h_{rad} = 1 * 5,67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} (298,1^\circ K + 277,698^\circ K)((298,1^\circ K)^2 + (277,698^\circ K)^2)$$

$$h_{rad} = 5,418 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

La resistencia térmica para la radiación en el ambiente se halló con la ec. (1.13).

$$R_2 = \frac{1}{h_{rad} * \pi * D_5 * L_t}$$

$$R_2 = \frac{1}{5,418 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 3.1416 * 0,058m * 1,66m}$$

$$R_2 = 0,61 \left[\frac{^\circ C}{W} \right]$$

Resistencia térmica equivalente a la resistencia térmica de convección y radiación en el ambiente.

$$R_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

$$R_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{0,333 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}} + \frac{1}{0,61 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}}}$$

$$R_{1-2} = 0,215 \left[\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} \right]$$

La resistencia térmica para la conducción en la pared del tubo de vidrio externo se determinó con la ec. (1.4).

$$R_3 = \frac{\ln\left(\frac{r_5}{r_4}\right)}{2 * \pi * K_{\text{vidrio}} * L_t}$$

$$R_3 = \frac{\ln\left(\frac{0,029\text{m}}{0,0275\text{m}}\right)}{2 * 3,1416 * 0,8 \frac{\text{W}}{\text{mK}} * 1,66\text{m}}$$

$$R_3 = 2,764 * 10^{-06} \left[\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} \right]$$

Coefficiente de radiación.

$$h_{\text{rad-v}} = \varepsilon_p * \sigma (T_3 + T_2)(T_3^2 + T_2^2)$$

$$h_{\text{rad-v}} = 0,05 * 5,67 * 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}^4} (333\text{K} + 298,2\text{K})((333\text{K})^2 + (298,2\text{K})^2)$$

$$h_{\text{rad-v}} = 0,357 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

Resistencia térmica para radiación en el vacío.

$$R_4 = \frac{1}{h_{rad-v} * \pi * D_3 * L_t}$$
$$R_4 = \frac{1}{0,357 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 3,1416 * 0,047m * 1,66m}$$
$$R_4 = 11,41 \left[\frac{^\circ C}{W} \right]$$

Resistencia térmica para la conducción en la pared del tubo de vidrio interno.

$$R_5 = \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2 * \pi * K_{vidrio} * L_t}$$
$$R_5 = \frac{\ln\left(\frac{0,0235}{0,022}\right)}{2 * 3,1416 * 0,8 \frac{W}{mK} * 1,66m}$$
$$R_5 = 3,432 * 10^{-06} \left[\frac{^\circ C}{W} \right]$$

Resistencia térmica para la conducción en la pared de la placa de absorción es nula ya que la diferencia de diámetros es mínima, casi nula.

$$R_6 = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 * \pi * K_{placa} * L_t}$$
$$R_6 = 0 \left[\frac{^\circ C}{W} \right]$$

Resistencia térmica total del circuito o resistencia equivalente.

$$R_T = R_{1-2} + R_3 + R_4 + R_5 + R_6$$

$$R_T = 0,215 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} + 2,764 * 10^{-06} \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} + 11,41 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} + 3,432 * 10^{-06} \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} + 0 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

$$R_T = 11,632 \left[\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} \right]$$

Una vez que se encontró la resistencia equivalente del termo tanque, se procedió a calcular las pérdidas de calor desde el interior del tubo hacia el ambiente.

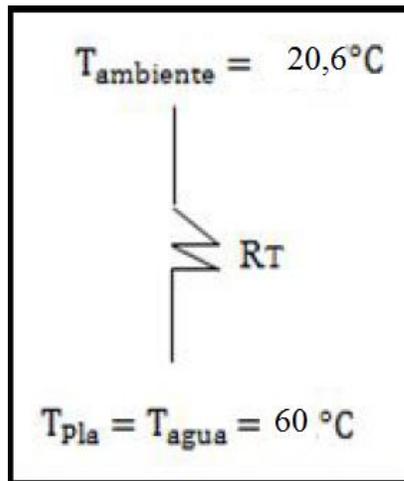


Gráfico 40: Circuito térmico equivalente simplificado del tubo al vacío
Fuente: Tello A. (2016)

Pérdidas del calor desde el interior del tubo hacia el ambiente.

$$Q = \frac{T_{\text{placa}} - T_a}{R_T}$$

$$Q = \frac{60^{\circ}\text{C} - 20,6^{\circ}\text{C}}{11,632 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}}$$

$$Q = 3,387 \text{ [W]}$$

Temperatura de la pared externa del tubo de vidrio externo.

$$T_1 = T_{\text{placa}} - (Q * R_{6+5+4+3})$$

$$T_1 = 60^{\circ}\text{C} - \left(3,387\text{W} * 11,416 \frac{\text{C}}{\text{W}}\right)$$

$$T_1 = 21,329 [^{\circ}\text{C}]$$

Temperatura de la pared interna del tubo de vidrio externo.

$$T_2 = T_{placa} - (Q * R_{6+5+4})$$

$$T_2 = 60^{\circ}\text{C} - \left(3,387\text{W} * 11,413 \frac{\text{C}}{\text{W}}\right)$$

$$T_2 = 21,339 [^{\circ}\text{C}]$$

Temperatura de la pared externa del tubo de vidrio interno.

$$T_3 = T_{placa} - (Q * R_{6+5})$$

$$T_3 = 60^{\circ}\text{C} - \left(3,387\text{W} * 3,432 * 10^{-06} \frac{\text{C}}{\text{W}}\right)$$

$$T_3 = 59,988 [^{\circ}\text{C}]$$

Temperatura de la pared interna del tubo de vidrio interno.

$$T_4 = T_{placa} - (Q * R_6)$$

$$T_4 = 60^{\circ}\text{C} - \left(942,154\text{W} * 0 \frac{\text{C}}{\text{W}}\right)$$

$$T_4 = 60 [^{\circ}\text{C}]$$

4.6.1.2 Calor que sale del tanque

A continuación se calculará las pérdidas de calor que se tienen en el termo tanque.

$$D_{i \text{ tanq}} = 0,37 \text{ [m]}$$

$$De_{tanq} = 0,371 \text{ [m]}$$

$$De_{ai} = 0,471 \text{ [m]}$$

$$De_{rc} = 0,472 \text{ [m]}$$

$$L_{tanq} = 2,40 \text{ [m]}$$

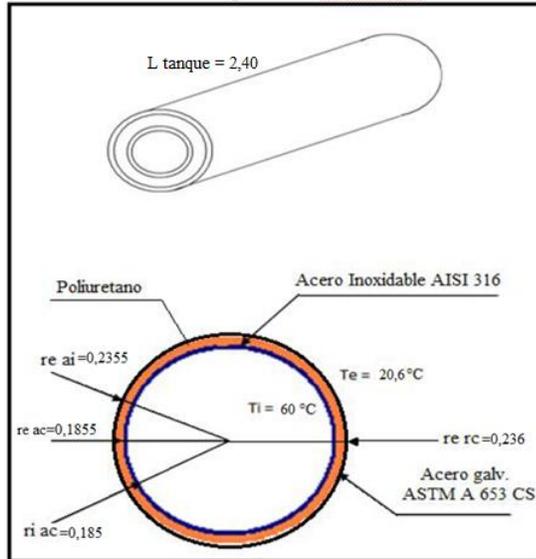


Gráfico 41: Diagrama del termo tanque
Fuente: Tello A. (2016)

En el grafico No. 42 se detalla el circuito equivalente del termo tanque y en el anexo No. 6 consta la tabla de conductividad térmica del acero inoxidable.

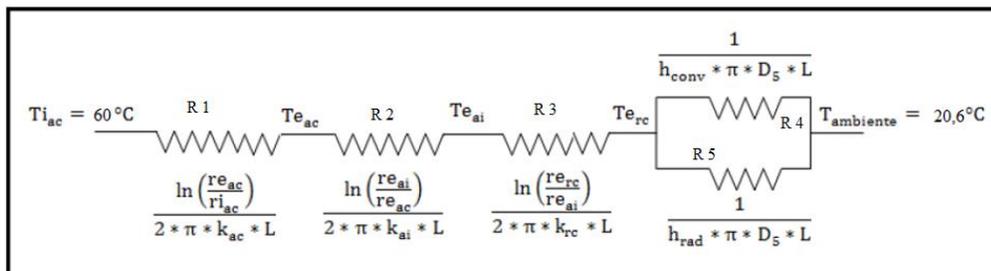


Gráfico 42: Circuito térmico equivalente del termo tanque
Fuente: Tello A. (2016)

$$R_1 = \frac{\ln\left(\frac{r_{eac}}{r_{iac}}\right)}{2 * \pi * K_{ac} * L}$$

$$R_1 = \frac{\ln\left(\frac{0,1855m}{0,185m}\right)}{2 * 3,1416 * 15 \frac{W}{mK} * 2,40m}$$

$$R_1 = 5,182 * 10^{-06} \left[\frac{^{\circ}C}{W} \right]$$

$$R_2 = \frac{\ln\left(\frac{r_{eai}}{r_{eac}}\right)}{2 * \pi * K_{ai} * L}$$

$$R_2 = \frac{\ln\left(\frac{0,2355m}{0,1855m}\right)}{2 * 3,1416 * 0,024 \frac{W}{mK} * 2,40m}$$

$$R_2 = 0,289 \left[\frac{^{\circ}C}{W} \right]$$

$$R_3 = \frac{\ln\left(\frac{r_{erc}}{r_{eai}}\right)}{2 * \pi * K_{rc} * L}$$

$$R_3 = \frac{\ln\left(\frac{0,236m}{0,2355m}\right)}{2 * 3,1416 * 53 \frac{W}{mK} * 2,40m}$$

$$R_3 = 1,152 * 10^{-06} \left[\frac{^{\circ}C}{W} \right]$$

$$R_4 = \frac{1}{h_{conv} * \pi * D_5 * L}$$

$$R_4 = \frac{1}{9,922 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 3,1416 * 0,472m * 2,4m}$$

$$R_4 = 0,028 \left[\frac{^\circ C}{W} \right]$$

El coeficiente de radiación se calculó mediante la ec. (1.12).

$$h_{rad} = \varepsilon * \sigma (T_{e_{rc}} + T_{cielo}) (T_{e_{rc}}^2 + T_{cielo}^2)$$

$$h_{rad} = 0,23 * 5,67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} (298,1^\circ K + 277,69^\circ K) ((298,1^\circ K)^2 + (277,69^\circ K)^2)$$

$$h_{rad} = 1,246 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

$$R_5 = \frac{1}{h_{rad} * \pi * D_5 * L}$$

$$R_5 = \frac{1}{1,246 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 3,1416 * 0,472m * 2,40m}$$

$$R_5 = 0,225 \left[\frac{^\circ C}{W} \right]$$

$$R_{4-5} = \frac{1}{\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}}$$

$$R_{4-5} = \frac{1}{\frac{1}{0,028 \frac{^\circ C}{W}} + \frac{1}{0,225 \frac{^\circ C}{W}}}$$

$$R_{4-5} = 0,025 \left[\frac{^\circ C}{W} \right]$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_{4-5}$$

$$R_T = 5,182 * 10^{-06} \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} + 0,289 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} + 1,152 * 10^{-06} \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} + 0,025 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}$$

$$R_T = 0,314 \left[\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} \right]$$

$$Q = \frac{T_{i_{ac}} - T_a}{R_T}$$

$$Q = \frac{60^{\circ}\text{C} - 20,6^{\circ}\text{C}}{0,314 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}}}$$

$$Q = 125,162 \text{ [W]}$$

Temperatura de la pared externa del tubo de vidrio externo.

$$T_{e_{rc}} = T_{i_{ac}} - (Q * R_{1+2+3})$$

$$T_{e_{rc}} = 60 - \left(125,162 \text{ W} * 0,289 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} \right)$$

$$T_{e_{rc}} = 23,749 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

4.6.1.3 Calentamiento del agua en el tubo

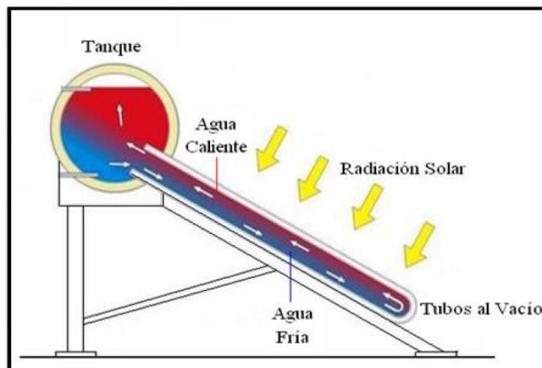


Gráfico 43: Calentamiento del agua mediante la radiación solar

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/28777165/Calentador-Solar-Para-Agua>

A continuación se presentan los valores obtenidos, la temperatura ambiente promedio, las características del tubo al vacío obtenidas de la hoja técnica y la radiación solar media obtenida de varios datos.

Radiación solar promedio de 9 [h]	598	[W/m ²]
Temperatura de entrada del agua	18	°C
Temperatura de salida del agua	60	°C
Temperatura de la superficie de placa	60	°C
Coeficiente de absorción de la placa	0,95	
Diámetro exterior del tubo externo D ₂	0.058	[m]
Diámetro interior del tubo interno D ₂	0,044	[m]
Longitud del tubo - captación de energía	1,66	[m]
Longitud del tubo - contiene agua	1,87	[m]
Temperatura de la superficie del vidrio	20,6	°C
Transmitancia del vidrio	0,91	
Densidad de la sustancia	992,5	[Kg/m ³]
Calor específico del agua	4180	[J/Kg°C]
Cantidad de agua a calentar	0,300	Kg
Tiempo de funcionamiento del calentador	4	[h]

Tabla 17: Datos para cálculo del calentamiento del agua
Fuente: Tello A. (2016)

A continuación se calculó el área de la superficie del tubo interior en base al diámetro interior y la longitud del tubo para captación de energía solar del mismo mediante la ec. (1.26)

$$A_{Stubo} = \pi * D_2 * L_t$$

$$A_{Stubo} = 3,1416 * 0,044m * 1,66m$$

$$A_{Stubo} = 0,229 [m^2]$$

Se calculó las pérdidas del calor por radiación que se dan en el vacío existente en el tubo en base a la superficie del tubo interno y el tubo externo de acuerdo a la ec.

(1.10)

$$Q_{rad} = \frac{\sigma * A_s * (T_3^4 - T_1^4)}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{1 - \epsilon_2}{\epsilon_v} * \left(\frac{D_3}{D_5}\right)}$$

$$Q_{rad} = \frac{5,67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} * 0,229m^2 * ((332,988^\circ K)^4 - (294,329^\circ K)^4)}{\frac{1}{0,05} + \frac{1-1}{1} * \left(\frac{0,044m}{0,058m}\right)}$$

$$Q_{rad} = 3,115[W]$$

Como en el tanque se tiene pérdidas de calor se le debe sumar a las pérdidas de los tubos.

$$Q_{tubos} = \frac{Q}{\#tubos}$$

$$Q_{tubos} = \frac{3,387W}{30}$$

$$Q_{tubos} = 0,112[W]$$

Entonces tenemos que las pérdidas totales por cada tubo más parte de las pérdidas del tanque es.

$$Q_{per} = Q_{tubos} + Q_{rad}$$

$$Q_{per} = 0,112 + 3,115W$$

$$Q_{per} = 3,228[W]$$

Obtenida el área de la superficie del tubo interior se procedió a calcular el calor incidente en el colector para lo cual se usa la ec. (1.27)

$$Q_{inc} = \tau * \alpha * G_{solar\ promedio} * A_s$$

$$Q_{inc} = 0,95 * 0,91 * 598 \frac{W}{m^2} * 0,229m^2$$

$$Q_{inc} = 118,625 [W]$$

Determinado el valor del calor incidente en el calentador y las pérdidas de calor por radiación se encontró el calor útil.

$$Q_{util} = Q_{inc} - Q_{per}$$

$$Q_{util} = 118,6259W - 3,228W$$

$$Q_{util} = 115,396[W]$$

Para encontrar el volumen de agua en el tubo se utilizó la ec. (1.25)

$$V_{agua} = \frac{\pi * D_3^2}{4} * L_{ta}$$

$$V_{agua} = \frac{3,1416 * (0,044m)^2}{4} * 1,87m$$

$$V_{agua} = 0,002 [[m^3]]$$

Con el volumen de agua en el tubo se determinó la masa de agua en el tubo con la ec. (1.28)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m_{agua} = V_{agua} * \rho_{agua}$$

$$m_{agua} = 0,002m^3 * 992,5 \frac{Kg}{m^3}$$

$$m_{agua} = 2,822 \text{ [Kg]}$$

Para hallar la energía necesaria para calentar una cierta cantidad de agua a una temperatura deseada se empleó la ec. (1.15).

$$Q_{nec} = m_{agua} * C_p * (T_f - T_i)$$

$$Q_{nec} = 2,822 \text{ Kg} * 4180 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (60^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C})$$

$$Q_{nec} = 495443,282 \text{ [J]}$$

Entonces se calculó el tiempo necesario para calentamiento del agua del tubo con la ec. (1.21).

$$t = \frac{Q_{nec}}{Q_{util}}$$

$$t = \frac{495443,282 \text{ J}}{115,396 \frac{\text{J}}{\text{seg}}}$$

$$t = 4293,396 \text{ [seg]} = 1,192 \text{ [h]}$$

Encontrado el tiempo necesario para el calentamiento del agua se procedió a calcular la velocidad de flujo másico en el tubo con la ec. (1.30).

$$\dot{m}_{agua} = \frac{m_{agua}}{t}$$

$$\dot{m}_{agua} = \frac{2,822 \text{ Kg}}{4293,396 \text{ seg}}$$

$$\dot{m}_{agua} = 6,573 * 10^{-07} \left[\frac{\text{Kg}}{\text{seg}} \right]$$

Luego se determinó la velocidad de flujo de volumen en el tubo con la ec. (1.31).

$$\dot{V}_{agua} = \frac{\dot{m}_{agua}}{\rho_{agua}}$$

$$\dot{V}_{agua} = \frac{6,573 * 10^{-07} \frac{Kg}{seg}}{992,5 \frac{Kg}{m^3}}$$

$$\dot{V}_{agua} = 6,622 * 10^{-07} \left[\frac{m^3}{seg} \right]$$

El área transversal del tubo interior se halló con la ec. (1.33).

$$A_{C_{tubo}} = \frac{\pi * D_3^2}{4}$$

$$A_{C_{tubo}} = \frac{3,1416 * (0,044m)^2}{4}$$

$$A_{C_{tubo}} = 1,52 * 10^{-06} [m^2]$$

Se calculó la velocidad media del agua en el tubo con la ec. (1.32).

$$V_{agua} = \frac{\dot{V}_{agua}}{A_c}$$

$$V_{agua} = \frac{6,622 * 10^{-07} \frac{m^3}{seg}}{1,52 * 10^{-06} m^2}$$

$$V_{agua} = 0,043 \left[\frac{cm}{seg} \right]$$

Para el diseño del calentador se calculó el área requerida con la ec. (1.20).

$$A_{col} = \frac{m_{agua} * c_p (T_f - T_i)}{G_{solar\ promedio} * \eta * t_{Tc}}$$

$$A_{col} = \frac{300\ Kg * 4180 \frac{J}{Kg^{\circ}C} (60^{\circ}C - 18^{\circ}C)}{598 \frac{seg}{m^2} * 1 * 4 * 3600\ seg}$$

$$A_{col} = 7,645 [m^2]$$

Una vez calculada el área se determinó el número de tubos necesarios con la ec. (1.21)

$$N_{tubos} = \frac{A_{col}}{\pi * D_3 * L_{ta}}$$

$$N_{tubos} = \frac{7,645\ m^2}{3,1416 * 0,044\ m * 1,87\ m}$$

$$N_{tubos} = 29,576 = 30$$

Para la obtención de la velocidad de flujo másico total que se tiene desde los tubos al tanque se multiplica por los 30 tubos.

$$\dot{m}_{Ta} = \dot{m}_{agua} * N_{tubos}$$

$$\dot{m}_{Ta} = 6,573 * 10^{-07} \frac{Kg}{seg} * 30$$

$$\dot{m}_{Ta} = 1,971 * 10^{-05} \left[\frac{Kg}{seg} \right]$$

De igual manera para la obtención de la velocidad de flujo de volumen total que se tiene desde los tubos al tanque se multiplica por los 30 tubos.

$$\dot{V}_{Ta} = \dot{V}_{agua} * N_{tubos}$$

$$\dot{V}_{Ta} = 6,622 * 10^{-07} \frac{m^3}{seg} * 30$$

$$\dot{V}_{Ta} = 1,986 * 10^{-05} \left[\frac{m^3}{seg} \right]$$

4.6.1.4 Determinación de la eficiencia del calentador de tubos al vacío

Se procedió a calcular el área efectiva del colector.

$$N_{tubos} = \frac{A_{ef}}{\pi * D_3 * L_{ta}}$$

$$A_{ef} = \pi * D_3 * L_{ta} * N_{tubos}$$

$$A_{ef} = 3,1416 * 0,044m * 1,62m * 30$$

$$A_{ef} = 6,717[m^2]$$

Pérdidas de calor por radiación

$$Q_{rad} = \frac{\sigma * A_s * (T_3^4 - T_1^4)}{\frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{1-\varepsilon_2}{\varepsilon_v} * \left(\frac{D_3}{D_5}\right)}$$

$$Q_{rad} = \frac{5,67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} * 6,717m^2 * ((333^\circ K)^4 - (294,339^\circ K)^4)}{\frac{1}{0,05} + \frac{1-1}{1} * \left(\frac{0,047m}{0,058m}\right)}$$

$$Q_{rad} = 91,240 [W]$$

Calor incidente en el colector

$$Q_{inc} = \tau * \alpha * G_{solar \text{ promedio}} * A_s$$

$$Q_{inc} = 0,91 * 0,95 * 598 \frac{W}{m^2} * 6,717m^2$$

$$Q_{inc} = 3473,009[W]$$

Calor útil del colector

$$Q_{util} = Q_{inc} - (Q_{rad} + Q)$$

$$Q_{util} = 3473,009 W - (91,240 W + 3,387W)$$

$$Q_{util} = 3378,382[W]$$

Eficiencia del colector solar se determinó con la ec. (1.23).

$$\eta_{col} = \frac{Q_{util}}{A_{ef} * G_{solar \text{ promedio}}}$$

$$\eta_{col} = \frac{3378,382W}{6,717m^2 * 598 \frac{W}{m^2}}$$

$$\eta_{col} = 0,840$$

$$\eta_{col} = 84 \%$$

4.6.1.5. Posición solar

Como (Sanchez Procel, 2010, pág. 79), ha demostrado que al reducir el ángulo de inclinación de los tubos de vacío con respecto a la horizontal va aumentar la eficiencia del colector entonces el diseño se lo realizó con un ángulo de 30°

4.6.2 Cálculos Mecánicos

4.6.2.1 Cálculo del diámetro del tanque

En la gráfico No. 37 se muestra que la capacidad del tanque será de un rango de 300,3-324,3 (litros/min*día) la frecuencia absoluta es 4 registros de mayor consumo pero en el mercado hay de 300 litros, se tomó este valor promedio entre la capacidad de tanques de colectores construidos. Este valor se asumió para motivos de nuestro estudio.

$$V = 300 \text{ [lt]} = 0,3 \text{ [m}^3\text{]} \text{ Volumen del tanque}$$

$$L_{\text{tanq}} = 2,4 \text{ [m]} \text{ Longitud del tanque}$$

$$Di^2 = \frac{4 * V_{\text{tanq}}}{\pi * L_{\text{tanq}}}$$

$$Di^2 = \frac{4 * 0,3 \text{ m}^3}{\pi * 2,4 \text{ m}}$$

$$Di = 0,957 \text{ [m]}$$

Entonces se calculó la presión hidrostática con la ec. (1.34)

$$P_{\text{Hagua}} = \gamma_{\text{agua}} * h$$

$$P_{\text{Hagua}} = 9810,07 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} * 0,957 \text{ m}$$

$$P_{\text{Hagua}} = 9392,753 \text{ [Pa]}$$

4.6.2.2 Cálculo del esfuerzo tangencial

Para el cálculo se considera un acero AISI 316 con $S_y = 206 * 10^6 \text{ Pa}$, tomado de la tabla 43, n es el factor de seguridad que se le da un valor de 3 y con la ec. (1.36).

	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN			LÍMITE DE FLUENCIA			ALARGAMIENTO EN 2" %	REDUCCIÓN DE ÁREA %	RELACIÓN DE MAQUINABILIDAD 1212 EF = 100%
	MPa	(kgf/mm ²)	[Ksi]	MPa	(kgf/mm ²)	[Ksi]			
316	510	(52)	[74]	206	(21)	[30]	40	50	45
316L	481	(49)	[70]	178	(18)	[26]			

Tabla 18: Límite de Fluencia del Acero inoxidable AISI 316

Fuente: <https://materialesfull.wikispaces.com/file/view/ACERO..pdf>

$$\sigma_t = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_t = \frac{206 * 10^6 \text{ Pa}}{3}$$

$$\sigma_t = 68,666 * 10^6 [\text{Pa}]$$

4.6.2.3 Determinación del espesor de cilindro

Se asume que es un cilindro de pared delgada con la ec. (1.35).

$$e_{tanque} = \frac{P_T * D_i}{2 * \sigma_t}$$

$$e_{tanque} = \frac{9392,753 \text{ Pa} * 0,957 \text{ m}}{2 * 68,666 * 10^6 \text{ Pa}}$$

$$e_{tanque} = 6,548 * 10^{-05} [\text{m}] = 0,065 [\text{mm}]$$

Con los cálculos realizados se debe utilizar un acero AISI 316 de espesor 0,067 mm lo cual es muy pequeño, se utilizara un espesor de 0,5 mm.

4.6.2.4 Análisis de la estructura

Para realizar el análisis de la columna se encontró la longitud del arco.

$$L_{arc} = \frac{2 * \pi * r * \beta}{360^\circ}$$

$$L_{arc} = \frac{2 * 3,1416 * 0,33 \text{ m} * 30^\circ}{360^\circ}$$

$$L_{arc} = 0,172 \text{ [m]}$$

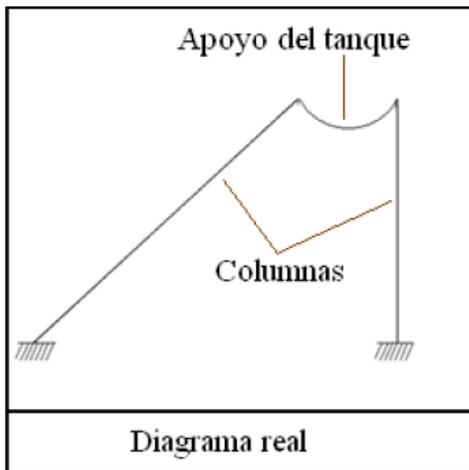


Gráfico 44: Diagrama de estructura del calentador solar
Fuente: Tello A. (2016)

En la realización del análisis se procede a calcular la fuerza a la cual va a estar sometida. El tanque y los tubos al vacío tienen una masa de 133,905 [Kg] vacío, a esta masa se adiciona la masa del agua almacenado en el mismo.

$$m_{total} = P_{tanque-tubos} + P_{agua}$$

$$m_{total} = 133,905 \text{ kg} + 300 \text{ Kg}$$

$$m_{total} = 433,905 \text{ [Kg]}$$

$$P_{total} = m_{total} + g$$

$$P_{total} = 433,905 \text{ Kg} * 9,81$$

$$P_{total} = 4256,608 \text{ [N]} = 434,053 \text{ [Kg]}$$

4.6.2.5 Cálculo de la columna de la estructura

En la construcción de la estructura se utilizó tubo cuadrado estos tubos son ASTM A 500 grado B, tomado del anexo No. 7. El esfuerzo de fluencia $F_y = 46$ Kpsi se tomó del anexo No. 8. El peso total está dividido en los dos lados, la fuerza en cada lado es de 2128,304 [N].

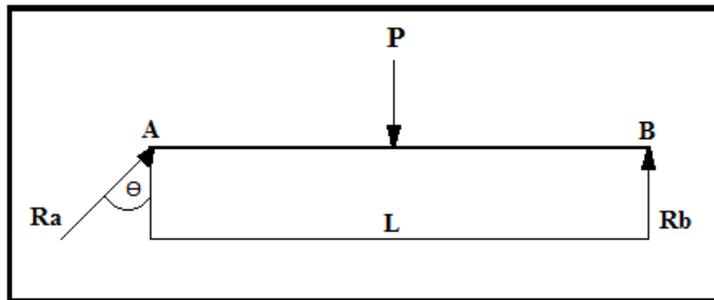


Gráfico 45: Figura del cuerpo libre de la columna
Fuente: Tello A. (2016)

$$\Sigma F_y = 0$$

$$(R_a * \cos \theta) - P_{viga} + R_b = 0$$

$$(R_a * \cos 62) - 2128,304 + 400 = 0$$

$$R_a = 2566,125 \text{ [N]} = 261,671 \text{ [Kg]}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-(0,1475 * 2128,304) + (0,172 * R_b) = 0$$

$$R_b = 1825,144 \text{ [N]} = 186,112 \text{ [Kg]}$$

Análisis de la columna de 1,8 metros de longitud.

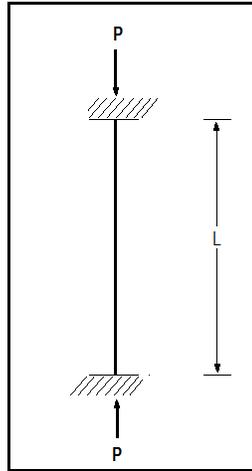


Gráfico 46: Diagrama de cuerpo libre de la columna
Fuente: Tello A. (2016)

Los valores de K y de F_a se tomaron de los anexos No. 9 y 10 respectivamente.

$$\frac{K * L}{r} = \frac{0,5 * 1,80}{0,0115} = 78,16$$

con $(K*L)/r = 78,16$ tenemos que $F_a = 18,386 \text{ Kpsi} = 126,76 \text{ Mpa}$

$$P_{Permisible} = F_a * A_g$$

$$P_{Permisible} = 126,76 * (1,65 * 10^{-4})$$

$$P_{Permisible} = 17,101[\text{KN}] = 1733,527[\text{kg}]$$

$$P_{total} = 4256,608[\text{N}] < P_{Permisible} = 17000,101[\text{N}]$$

Como la carga que actúa en la columna es menor a la permisible, entonces la columna si resistirá. Este tubo se ocupara para toda la construcción de la estructura.

4.7 Metodología

En base a las mediciones de los W/m^2 y del consumo de agua caliente en el domicilio, y los cálculos realizados se procedió a diseñar el calentador de agua con energía solar y aquí se describe los elementos principales que conforman el mismo.



Figura 17: Calentador solar de tubos al vacío
Fuente: Tello A. (2016)

La propuesta de este estudio es el diseño de un prototipo de calentamiento de agua de uso doméstico empleando energía solar.

Este equipo térmico está constituido principalmente de cuatro partes:

4.7.2. Termo tanque

Aquí se acumula el agua caliente que sale del colector, el termo tanque fue construido con diferentes tipos de materiales: el tanque interior está construido de

acero inoxidable AISI 316 de espesor de 0,5 [mm], para evitar efectos corrosivos. El mismo está con un aislamiento de espuma de poliuretano de alta densidad 55 [mm] para reducir las pérdidas de calor en un gran porcentaje porque su coeficiente de conductividad térmica es bajo y posteriormente se lo recubrió con una plancha de acero galvanizado ASTM A 653 CS.



Figura 18: Características del termo tanque
Fuente: Tello A. (2016)

El tanque tiene 30 perforaciones las cuales sirven para el acople de los tubos al vacío, las perforaciones se las hicieron a una distancia basada en calentadores solares contruidos. También cuenta con tres nepllos para la toma de agua fría, descargue de agua caliente, la fuga de agua en exceso.

En la tapa lateral del tanque se colocó un sensor de nivel de agua y un sensor de temperatura para facilitar la lectura de la temperatura del agua al interior del tanque.

4.7.1 Tubos al vacío

El tubo al vacío consiste de 2 tubos, uno exterior y uno interior en donde se encuentra al vacío. El tubo exterior está hecho de vidrio de boro silicato transparente de alta resistencia, el tubo interior tiene una excelente absorción de la energía solar. Está también hecho de vidrio de boro silicato y recubierto de nitrato de aluminio, con mínimas propiedades de reflexión.

Especificaciones del captador:

Número de tubos de vacío 30

Diámetro de tubos 58 [mm], longitud 1,8 [m]



Figura 19: Características del tubo de vidrio al vacío
Fuente: Tello A. (2016)

4.7.3. Estructura de soporte

La estructura está construida de tubo cuadrado de ancho de 30 * 1,5 mm de espesor y platina de 38 mm * 4 mm de espesor, la cual soporta el tanque que almacena el agua del calentador y sirve como guía de los tubos al vacío.

ESTRUCTURA	
Altura	1,04 [m]
Ancho	1,75 [m]
Longitud	2,50 [m]
Materiales	Tubo Cuadrado ASTM A 500 GRADO B, Platina ASTM A 36

Tabla 19: Medidas de la estructura soporte
Fuente: Tello A. (2016)



Figura 20: Estructura de soporte
Fuente: Tello A. (2016)

4.7.4. Controlador digital y sensores

En el tanque se colocó el sensor de temperatura y de nivel de agua los cuales van conectados al controlador, esto se lo hizo para facilitar la lectura de la temperatura del agua que se va a calentar.

El controlador digital (pantalla color) solar TK-8A, micro procesador de control de temperatura y llenado inteligente para termo solares, el cual utiliza lo último en tecnología de un chip:

Funciones de:

Reposición de agua

Control inteligente de temperatura

Memoria aun luego de apagarse

Controlador de tiempos

Controlador de sobre carga de temperatura de agua o fugas

Control de protección:

Calentamiento a una temperatura constante

Agua restableciéndose a un nivel constante (configurable)

Controlador de tiempos de llenado y de mantenimiento de temperatura

Protección contra la fuerza de luz ultra violeta

Control manual de presurización

Características tecnicas del equipo:

Fuente necesaria: 120 [V] 50-60 [Hz]: < 5 [W]

Precisión termométrica: ± 2 [°C]

Gama termométrica: 0-99 [°C]

Precisión de control de temperatura: ± 2 [°C]

Niveles de agua: 5

Potencia del auxiliar eléctrico (opcional): 1500 [W]

Corriente eléctrica de fuga:

Válvula electromagnética de 12 V: 0,02 [MPa] ~ 0,8 [MPa]

Pantalla de reloj: muestra el tiempo



Figura 21: Controlador digital y sensores
Fuente: Tello A. (2016)

4.7.5. Resultados obtenidos con la implementación del prototipo

Para demostrar que se obtuvo beneficios se realizó el seguimiento en los registros de la temperatura y el nivel de agua en el termo tanque con el controlador TK-A8 en un periodo de un mes, en la figura No. 22 se muestra el prototipo y el equipo instalado en el domicilio.



Figura 22: Prototipo de calentador solar
Fuente: Tello A. (2016)

En el anexo No. 11 se encuentra los registros del 17 junio hasta el 28 de julio, estos registros son tomados del equipo TK-8A que se instaló en el momento de instalar el prototipo para poder analizar la temperatura del calentador solar a continuación se analiza mediante el histograma y polígono de frecuencias.

4.7.6. Análisis de histogramas y polígonos de frecuencia de los resultados

Temperatura que alcanza en los meses de junio y julio

En los meses de junio y julio que se realizó los registros de temperatura en la tabla No. 20 se muestra los resultados obtenidos en la mañana, medio día y tarde. Vemos que los registros más altos son en el rango de 79-84 °C la frecuencia absoluta es 117 registros, seguido del rango 67-72 °C la frecuencia absoluta es 95 registros, le sigue el rango de (73-78) y (85-90) °C la frecuencia absoluta es 78 registros, en el rango de

55-60 °C la frecuencia absoluta es 44 registros, en el rango de 61-66 °C la frecuencia absoluta es 43 registros, en el rango de 49-54 °C la frecuencia absoluta es 31 registros, en el rango de 91-96 °C la frecuencia absoluta es 24 registros y en el rango de 43-48 °C la frecuencia absoluta es 19 registros.

Como podemos analizar la temperatura no baja de 43 °C en todo el tiempo analizado de acuerdo a los registros de los dos meses, y la temperatura más alta alcanza los 96 °C. Esto con respecto a la temperatura que mantiene durante el tiempo de servicio en el consumo de agua tanto en el aseo personal, la ducha y el lavado de la vajilla en la cocina.

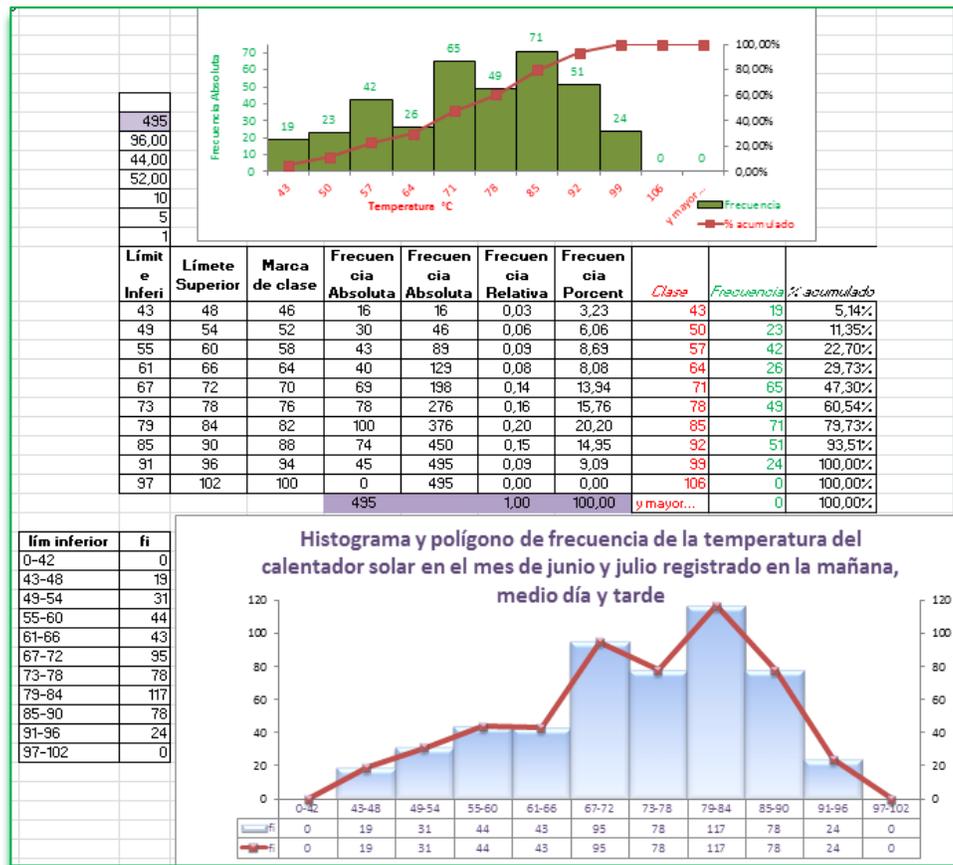


Tabla 20: Temperatura en los meses de junio y julio
Fuente: Tello A. (2016)

Temperatura que pierde al momento de abastecer el volumen agua fría al termo tanque

El nivel de agua en el termo tanque se controla con el equipo TK-8A que está programado para que cuando el nivel de agua baje al 75% se active la válvula y deje pasar el líquido para llenar el tanque al 100% de volumen de agua en este proceso hay una pérdida de temperatura como se indica más adelante.

Pérdida de temperatura en la mañana

En la tabla No. 21 se muestra los registros tomados en la mañana al momento del abastecimiento de agua al termo tanque y el tiempo que se demora al llenar del 75% al 100% del volumen del líquido.

22-jun-16		
hora	Temperatura °C	volumen de agua en el tanque %
5:46:00	76	75
7:01:00	75	75
7:13:00	75	75
7:24:09	70	100
7:24:20	69	100
7:24:25	68	100
7:24:30	67	100
7:24:40	66	100
7:24:50	65	100
7:25:00	64	100
7:27:00	66	100

Tabla 21: Pérdida de temperatura en la mañana el 22 de junio
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 47 se muestra la pérdida de temperatura al abastecerse el tanque de agua una vez que se ha consumido el agua caliente.

En la mañana vemos que a la hora de 5H46 am. la temperatura es de 76 °C y el volumen del agua es de 75% entonces el abastecimiento del líquido comienza a la 7H24 hasta 7H27 am. donde la temperatura de 70 °C baja a 66 °C entonces pierde 10

°C quedando con una temperatura de 66 °C pero el volumen de agua alcanza el 100%. El tiempo que demora en abastecerse el tanque del líquido es de 3 minutos.

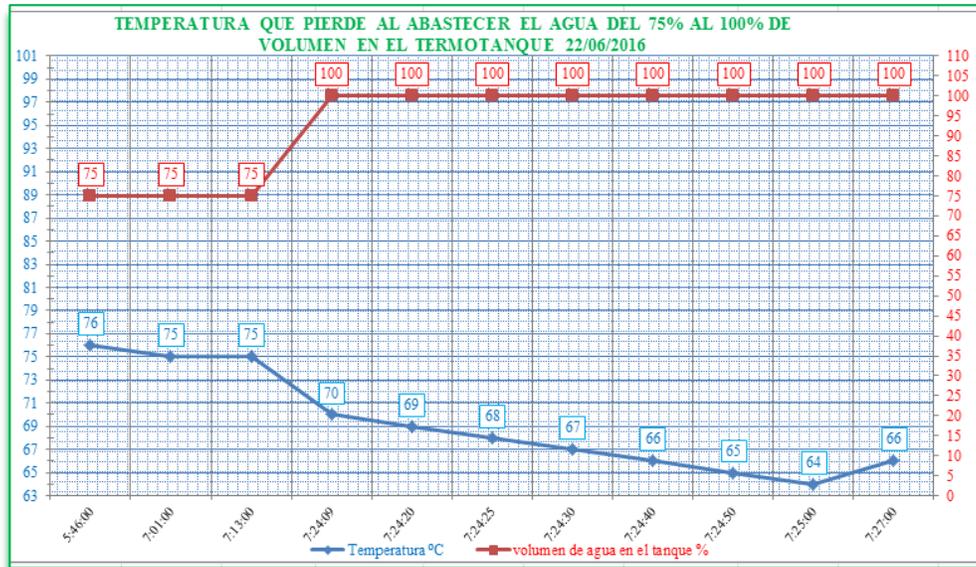


Gráfico 47: Pérdida de temperatura en la mañana el 22 junio

Fuente: Tello A. (2016)

Pérdida de temperatura en el medio día

En la tabla No. 22 se muestra los registros tomados al medio día en el momento del abastecimiento de agua al termo tanque y el tiempo que se demora al llenar del 75% al 100% del volumen del líquido.

24-jul-16		
hora	Temperatura °C	volumen de agua en el tanque %
5:49:00	88	75
6:32:00	87	75
6:42:00	87	75
8:14:00	67	100
12:06:00	76	100
12:35:00	79	75
13:41:00	85	100
13:42:10	85	100
13:42:20	82	100
13:42:30	81	100
13:42:40	80	100
13:42:50	79	100
13:43:10	77	100
13:43:20	76	100
13:44:10	74	100
13:44:20	71	100
13:44:50	70	100
13:45:00	67	100
13:53:00	75	75
15:19:00	82	75
17:52:00	83	100
20:05:00	82	75

Tabla 22: Pérdida de temperatura al medio día el 24 de julio
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 48 se muestra la pérdida de temperatura al momento de abastecerse el tanque de agua una vez que se ha consumido el agua caliente.

En el medio día vemos que a la hora 12H35 pm. la temperatura es de 79 °C y el volumen del agua es de 75% entonces el abastecimiento del líquido comienza a la 13H41 hasta 13H45 pm. donde la temperatura de 85 °C baja a 67 °C entonces pierde 17 °C quedando con una temperatura de 67 °C pero a las 13H53 pm recupera la temperatura a 75 °C, en el evento la pérdida es de 10 °C y el volumen de agua alcanza el 100%. El tiempo que demora en abastecerse el tanque del agua es de 4 minutos.

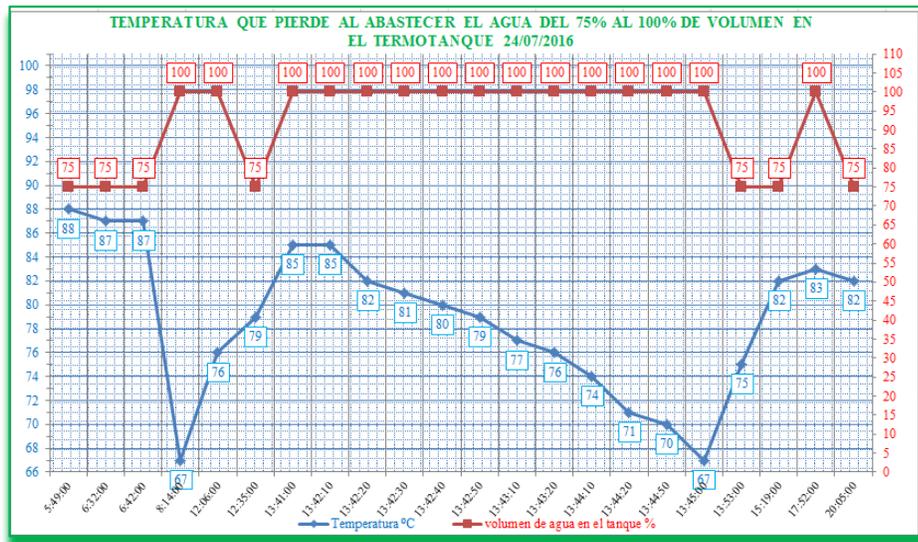


Gráfico 48: Pérdida de temperatura al medio día el 24 julio
Fuente: Tello A. (2016)

Pérdida de temperatura en la tarde

En la tabla No. 23 se observa los registros tomados en la tarde en el momento del abastecimiento de agua al termo tanque y el tiempo que se demora al llenar del 75% al 100% del volumen del líquido.

03-jul-16		
hora	Temperatura °C	volumen de agua en el tanque %
2:59:00	60	75
8:24:00	48	100
9:21:00	50	75
9:41:00	51	75
10:05:00	53	75
10:35:00	55	75
12:14:00	67	75
15:06:00	76	75
16:01:00	78	75
16:31:00	79	100
16:32:20	77	100
16:32:30	76	100
16:32:40	75	100
16:32:50	71	100
16:33:00	69	100
16:33:10	69	100
16:33:20	68	100
16:34:30	69	100
16:34:40	70	100
16:36:00	71	100
17:54:00	75	100
18:35:00	75	100
19:56:00	74	75
21:46:00	71	75

Tabla 23: Pérdida de temperatura en la tarde el 03 de julio
Fuente: Tello A. (2016)

En el gráfico No. 49 se muestra la pérdida de temperatura al momento de abastecerse el tanque de agua una vez que se ha consumido el agua caliente.

En el medio día vemos que a la hora 16H01 pm la temperatura es de 78 °C y el volumen del agua es de 75% entonces el abastecimiento del líquido comienza a la 16H31 hasta 16H36 pm. donde la temperatura de 79 °C baja a 71 °C, en el evento la pérdida es de 9 °C y el volumen de agua alcanza el 100%. El tiempo que demora en abastecerse el tanque del agua es de 5 minutos.

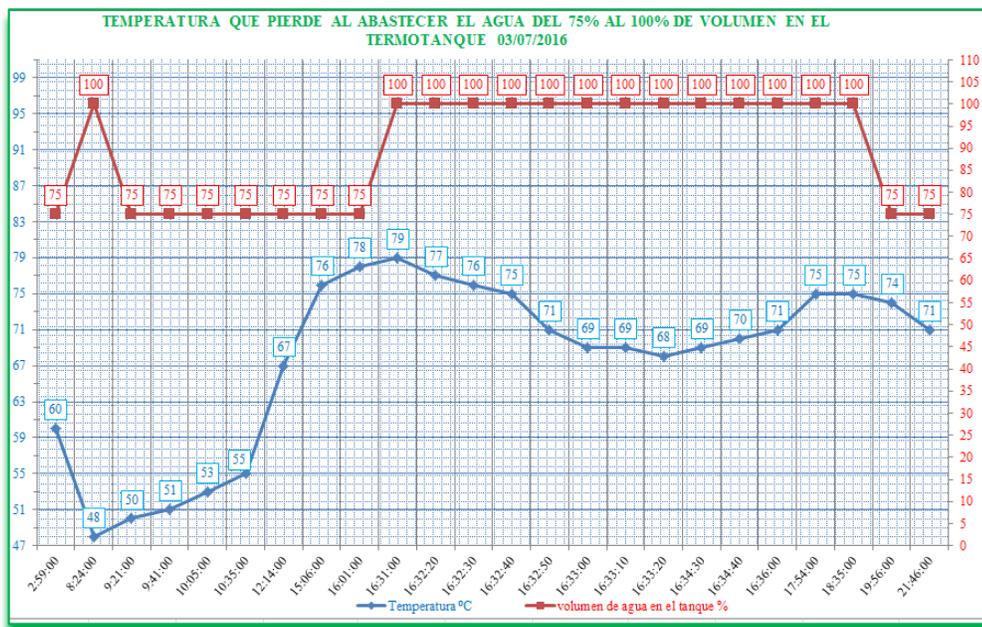


Gráfico 49: Pérdida de temperatura en la tarde el 03 julio
Fuente: Tello A. (2016)

4.7.7. Montaje del calentador solar de tubos al vacío

El montaje del prototipo se lo realizo de la siguiente manera.

- Ubicar y fijar la estructura del calentador en el lugar seleccionado con la orientación adecuada.
- Colocar sobre la estructura el termo tanque y asentarlo para posteriormente ajustar los pernos.
- Preparar un litro de aceite comestible en un recipiente.

- Humedecer los agujeros del termo tanque con la solución preparada, luego sumergir el tubo en el recipiente de aceite y rápidamente insertar en el agujero.
- Instalar el controlador TK-8A con sus respectivos elementos.
- Programar el controlador.

4.7.8. Plan de mantenimiento

Para tener un correcto funcionamiento del equipo es adecuado dar un correcto mantenimiento, a continuación se describe el siguiente plan de mantenimiento.

Estos equipos por lo general no necesitan de mantenimiento y si lo necesitan es de un mínimo mantenimiento que es el siguiente:

- Limpiar el exterior del equipo cada tres meses con una solución de agua con vinagre blanco, en caso que hubiera excesiva presencia de polvo, es necesario limpiar los tubos de vacío para tener una buena captación de energía solar; se pueden limpiar con una franela húmeda en la mañana o 2 horas después de ocultarse el sol.
- Revisar el sistema de conexiones para evitar obstrucciones o goteos.
- El tanque requiere limpieza normal en el exterior e internamente se recomienda drenarlo 1 vez cada 2 años.

4.8. Aspecto Económico y Financiero

En el anexo No. 14 se muestra el análisis económico calculado el valor actualizado neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Este cálculo se realizó de acuerdo a las mensualidades que obtuvimos con los calentadores tradicionales que ocupa la familia, y el valor del precio del gas que se encuentra en el anexo No. 12, y el costo que indica las estadísticas del precio del gas \$ 9,6 dólares sin incluir transporte, envasado y distribución, el valor del VAN = 729,85 y el valor de TIR = 23% con una tasa de interés del mercado del 14%.

Con respecto al financiero la familia cubrió con la inversión de este sistema para poder cambiar la calidad de vida de su familia. Con este proyecto demuestro una alternativa de cómo ahorrar las energías convencionales como gas (GPL) y energía eléctrica. Este tipo de calentadores solares se puede utilizar ya sea para uso doméstico, industrial o comercial, además de que este tipo de equipo no contamina y al no tener piezas móviles es muy durable, con todo esto las personas se den cuenta que hay otras formas de facilitar su vida, aprovechando de una manera eficiente el potencial energético del sol, ya que esta energía es gratuita.

CONCLUSIONES

En este trabajo investigativo se diseñó una alternativa eficiente y compatible con el ambiente, con la cual se propone la reducción de las emisiones de gas de efecto invernadero y el aprovechamiento de las energías renovables.

Como la energía solar no es constante es necesario que los acumuladores se encuentren debidamente aislados y tener la capacidad suficiente para poder proporcionar un suministro constante de agua caliente.

La demanda diaria de agua caliente para uso sanitario de la familia de 3 personas es alrededor de 10 m³, de acuerdo a la gráfico No. 37 del histograma y polígono de frecuencias el rango de 300,3-325,3 (litros/min*día) la frecuencias es de 4 en base a esta estadística se diseño el prototipo.

El potencial energético para calentar la cantidad de agua para uso sanitario de 3 personas, es de 16558,4 [KJ/m²] Día y como el área del colector solar tiene aproximadamente 6,7 [m²] entonces es 110941,28 [KJ/m²] Día y la demanda energética es de 16246,824 [KJ/día] entonces vemos que si hay el suficiente potencial energético solar en la zona.

Se determinó que el coste mensual en dólares al utilizar las energía para el calentamiento de agua, el coste de energía eléctrica al mes es de \$4,135 dólares y el coste del gas (GLP) al mes es de 6,337 dólares y el coste de la energía solar es gratuita esa la gran diferencia de utilizar la energía renovable.

La pérdida de temperatura en el sistema del abastecimiento del líquido al termo tanque como se muestra en los gráficos No. 47, 48 y 49 es de 7° a 10° de temperatura en un tiempo de 3 a 5 minutos respectivamente.

Utilizar un sistema híbrido o auxiliar eléctrico es necesario para dar confiabilidad al sistema en caso de los peores climas atmosféricos.

Con un buen diseño de un colector solar con tubos al vacío abastece de una buena manera según los análisis de la tabla No. 45 de los registros realizados en dos meses la temperatura mínima es 43° y al máxima es de 96° sin el auxiliar eléctrico, con esto comprobamos la determinación de la eficiencia del calentador de tubos al vacío es el 84%.

La inversión inicial que pocas personas se atreven a realizar. Para ello es necesario brindar la suficiente información técnica y económica para demostrar que la inversión inicial se amortiza a mediano plazo, y luego genera una zona de ahorro y comodidad para las personas que se extiende por el resto de la vida útil de estos sistemas, que va de 20 a 25 años.

El coste que indica las estadísticas del precio del gas es \$ 9,6 dólares sin incluir transporte, envasado y distribución, el valor del VAN = 729,85 y el valor de TIR = 23% con una tasa de interés del mercado del 14% en un plazo de vida útil del equipo.

RECOMENDACIONES

Analizar los recursos energéticos alternativos como opción principal; para obtener agua caliente de uso sanitario; obteniendo así un ahorro económico y un aporte a la conservación del medio ambiente, que le hace bien al país para poder evitar los subsidios que tanto daño le provoca a la economía del mismo.

Incentivar a las personas bajando los aranceles de los materiales para que baje el costo del calentador solar y así contribuir a la economía del país.

Utilizar los accesorios y equipos adecuados para un mejor aprovechamiento del recurso energético solar térmico, por medio de colectores solares.

Reducir el ángulo de inclinación de los tubos de vacío con respecto a la horizontal aumenta la eficiencia del colector entonces se lo diseño con un ángulo de 30°. En nuestro medio es recomendado hacer con un ángulo de 20 a 45 grados entonces el ángulo es el ideal.

Dar un mantenimiento continuo, para prolongar su vida útil y así tener mejor rendimiento en economía y eficiencia.

Bibliografía

- Burbano, J., Restrepo, Á., & Sabogal, O. (Agosto de 2006). *Diseño y construcción de un calentador de agua solar operado por termosifón*. Recuperado el 9 de Junio de 2015, de www.solarthermalworld.org/sites/gstec/files/Colombia.pdf.
- Carvajal, B. P. (2011). *Plan de Comercio Exterior y Negocios Internacionales de la Importación de Calentadores de Agua Solares*. Riobamba: Tesis.
- Cobos Rodríguez, M., Ruiz Celma, A., González Benítez, R., Bravo Hernández, J. F., & Cuadros Blásquez, F. (2009). *Guía básica de diseño y montaje de instalaciones solares térmicas*. Badajoz: Dirección General de Fomación.
- Conelec. (Agosto de 2008). *Atlas solar del Ecuador con fines de Generación*. Recuperado el 18 de Agosto de 2014
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. Madison: Fourth Edition.
- Fernández Salgado, J. M. (2010). *Guía Completa de la Energía Solar Térmica y Termoeléctrica*. Madrid: 4ta edición.
- Frohlich, L. (1977). *Thermal Processes*. Recuperado el 2014
- Guevara, S. (2003). *Teoría para el diseño de Calentadores Solares de Agua*. Lima, Perú: Tesis.
- Herrera, E., & M, F. (2010). *Tutoria de la Investigación científica*. Ambato: Maxtudio.
- Ibáñez Plata, M., Rosell Polo, J. R., & Rosell Urrutia, J. I. (2005). *“Tecnología Solar, Colección de Energías Renovables”*. Madrid-España.

- Jimenez, H., & Portalan, N. (2009). *La estandarización del sistema del calentamiento de agua con energía solar*. Riobamba, Ecuador: Tesis de grado.
- Nec-10. (21 de Octubre de 2010). *Comite Ejecutivo de la norma Ecuatoriana de la construcción*. Recuperado el 10 de marzo de 2016, de Norma Ecuatoriana de la Construcción: https://issuu.com/la_hora/docs/parte1/175
- Regio, J. (25 de 01 de 2014).
http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/conservacion.htm.
- Reglamento. (1982). *Ley de Fomento de Energías no Convencionales*. Recuperado el 10 de 08 de 2014, de <http://www.derecho-ambiental.org/Derecho/Legislacion/Ley-Fomento-Energias-No-Convencionales.html>
- Sailema Curay, E. A. (2015). “*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: Tesis Grado.
- Sanchez Procel, L. (2010). *Análisis y Diseño de un Sistema de Calefacción Solar para Agua Caliente Sanitaria*. Cuenca: Tesis.
- Schallenberg Rodríguez, J. C. (2008). *Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica*. Canarias: Edición 2008.
- SN. (01 de 01 de 2013). *Ecuador Antecedentes y Actualidad de Energia Solar*. Obtenido de El Comercio: <http://www.elcomercio.com/tendencias/ecuador-se-une-a-carrera.html>
- Wikipedia. (2004). *Cambio climático*. (docs) Recuperado el 25 de Octubre de 2015, de sitio web wikimedia projet.

Williams, R. (1976). *Tecnología y Aplicaciones de la Energía Solar*. Madrid: Ann Arbor Science Publishers.

Anexos

septiem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
hora	w/m ²																													
6:30:00	109	19	369	32	86	16	22	86	392	369	139	417	321	363	425	33	73	104	276	1	4	52	11	120	46	46	14	38	171	53
7:00:00	184	88	508	117	128	92	90	146	310	50	284	548	488	533	571	51	133	218	253	15	39	85	53	196	96	360	124	85	381	113
7:30:00	429	224	620	145	173	137	226	217	680	634	466	695	629	672	694	110	410	186	362	53	118	160	156	365	102	169	331	89	406	215
8:00:00	413	302	730	227	262	140	304	328	658	751	548	791	745	784	796	206	524	152	356	95	210	249	239	330	173	211	280	122	622	370
8:30:00	786	698	829	275	251	146	700	498	546	681	624	878	846	881	873	207	616	201	355	144	255	350	189	594	218	289	271	214	687	470
9:00:00	933	832	931	264	279	165	834	681	579	708	911	957	930	956	957	291	538	264	305	221	315	547	335	780	224	532	368	763	844	670
9:30:00	583	566	976	286	403	174	568	492	464	821	950	1020	981	1022	995	401	964	336	298	316	437	456	408	780	334	596	338	275	922	808
10:00:00	531	360	1050	408	441	193	362	438	310	1164	980	1050	1033	1057	1071	361	870	230	587	398	865	517	435	816	322	317	364	406	982	875
10:30:00	645	449	1150	472	526	269	501	437	490	792	786	1074	1060	1081	1106	710	538	413	498	486	776	636	715	821	311	391	467	624	1022	877
11:00:00	778	426	1130	449	597	291	428	433	599	953	963	1076	1075	1076	1090	566	696	330	506	407	364	580	505	808	477	424	682	633	1051	669
11:30:00	722	763	702	409	600	328	765	453	486	912	1143	1067	1067	1060	1082	513	501	366	662	397	475	422	645	1122	551	646	819	352	1064	765
12:00:00	943	564	932	407	511	378	566	731	495	1097	759	1028	1022	1013	816	292	659	316	917	415	460	408	666	668	558	497	752	340	1055	699
12:30:00	856	246	820	370	533	265	248	544	812	864	907	969	968	953	697	460	537	290	578	469	550	552	435	592	563	246	636	254	1060	819
13:00:00	812	463	829	452	812	202	465	609	824	837	919	888	888	871	829	419	429	480	327	413	545	551	375	488	799	308	877	320	999	922
13:30:00	642	711	826	506	394	506	712	653	682	763	688	795	804	780	766	388	485	279	313	341	374	662	419	827	1029	566	947	334	919	829
14:00:00	516	464	326	394	574	562	466	270	519	415	698	648	721	682	729	602	496	278	378	403	444	717	358	626	886	547	655	605	905	802
14:30:00	367	445	310	468	741	749	447	315	656	219	670	518	546	571	488	458	354	340	504	308	393	475	259	751	886	860	558	594	810	639
15:00:00	186	549	351	575	593	797	551	343	377	219	485	468	468	442	143	250	244	155	274	393	561	245	317	654	790	449	527	288	694	92
15:30:00	134	460	187	278	440	705	462	140	221	176	373	306	400	316	142	261	193	164	158	352	507	229	594	507	413	404	421	201	573	49
16:00:00	69	334	99	199	249	525	336	104	89	126	325	111	307	196	70	225	147	78	115	327	550	247	361	382	455	291	397	142	438	78
16:30:00	34	237	47	134	205	21	239	82	35	69	153	76	178	96	76	322	172	37	81	276	415	229	226	289	362	153	191	101	305	35
17:00:00	2	85	0	150	99	1	87	28	9	17	70	29	72	29	22	90	92	7	18	403	169	107	118	104	279	37	138	50	184	29
17:30:00	0	59	0	40	21	0	61	3	0	0	10	1	14	4	0	45	26	0	1	215	67	20	51	30	190	18	42	22	61	12
18:00:00	0	16	0	16	1	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1	0	0	62	48	2	22	8	95	1	25	6	5	1

Anexo 1: Potencial energético solar en el mes de septiembre (w/m²)

Fuente: Tello A. (2016)

octubre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Hora	w/m ²																													
6:30:00	15	30	26	93	13	280	99	41	10	275	76	129	113	11	63	40	56	32	72	111	182	135	98	1	42	83	86	69	77	163
7:00:00	36	83	109	137	21	514	194	136	75	520	203	156	167	54	92	71	107	77	86	262	213	176	197	19	73	281	119	124	199	298
7:30:00	95	149	188	69	86	240	189	289	145	245	314	235	181	111	135	115	193	105	229	376	399	190	222	54	170	389	256	293	206	626
8:00:00	243	292	252	160	143	672	219	512	222	656	326	310	274	197	252	183	221	160	308	356	502	411	257	115	228	531	448	361	248	733
8:30:00	494	635	293	393	218	798	299	640	220	803	406	580	376	325	242	211	341	201	368	367	684	682	261	220	337	626	752	470	302	803
9:00:00	881	751	332	598	255	579	318	341	299	583	328	342	422	393	237	272	398	283	384	431	567	312	208	286	332	604	700	320	506	816
9:30:00	932	920	299	525	331	641	640	321	393	648	458	472	408	418	347	327	431	295	358	410	696	407	188	433	357	484	637	364	620	899
10:00:00	612	977	309	441	317	1183	528	413	516	1193	452	364	555	616	301	522	509	324	339	480	930	259	267	508	474	542	575	396	899	927
10:30:00	971	836	376	877	245	977	613	625	497	1003	633	579	432	558	315	259	587	310	280	590	953	260	363	298	613	465	762	474	686	954
11:00:00	1059	788	430	843	297	669	697	434	559	672	599	1077	379	380	360	334	956	446	444	601	1051	373	750	380	426	659	515	466	516	924
11:30:00	1078	824	382	538	312	690	674	455	796	694	656	705	250	202	713	429	1022	798	514	656	1025	439	375	478	512	615	512	321	535	920
12:00:00	1037	741	490	966	283	740	474	470	861	746	502	780	255	334	692	380	1070	527	437	736	1034	485	264	467	524	546	366	274	682	898
12:30:00	960	1041	386	662	509	397	426	376	494	399	576	758	230	440	369	197	1063	464	442	760	945	403	203	363	463	956	429	315	1122	626
13:00:00	805	1047	233	448	377	582	387	767	608	587	595	586	294	267	595	315	1162	649	459	798	1009	390	192	221	389	1018	391	407	1091	672
13:30:00	482	940	471	463	406	702	377	609	509	706	250	673	139	315	1005	508	785	380	474	315	1011	449	152	240	525	839	436	697	634	507
14:00:00	189	856	518	337	536	639	396	432	743	643	291	603	36	283	321	211	837	330	440	325	883	301	296	369	320	613	713	545	394	200
14:30:00	236	787	372	252	532	204	323	580	558	209	644	599	16	89	65	396	945	349	376	628	520	165	288	527	305	818	704	787	407	461
15:00:00	174	640	328	364	485	99	261	423	282	104	498	195	24	151	69	478	689	201	279	517	430	188	111	440	248	654	610	691	119	306
15:30:00	107	573	343	237	472	95	224	387	265	99	508	156	35	299	35	199	744	715	207	244	342	138	267	322	205	466	328	527	20	53
16:00:00	106	255	349	195	296	64	158	332	196	68	271	121	16	158	96	216	617	686	168	155	267	59	128	555	194	378	206	380	42	39
16:30:00	64	109	249	81	149	21	61	201	140	27	276	94	25	69	90	79	426	209	96	66	120	27	58	501	243	303	199	75	75	23
17:00:00	35	71	85	28	125	5	23	116	105	10	99	33	6	44	30	31	243	82	44	2	28	6	19	463	86	75	45	39	25	10
17:30:00	11	32	14	3	99	0	2	15	49	0	14	2	0	30	10	26	64	36	10	0	1	0	1	279	24	8	8	6	9	2
18:00:00	0	19	1	0	14	0	0	2	7	0	1	0	0	13	0	5	6	2	0	0	0	0	0	147	1	0	0	0	0	0

Anexo 2: Potencial energético solar en el mes de octubre (w/m²)

Fuente: Tello A. (2016)

novienb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
hora	w/m ²																													
6:30:00	145	418	82	66	98	168	42	54	167	67	39	103	99	80	138	71	129	15	183	286	71	37	24	92	102	24	109	156	37	69
7:00:00	356	714	174	139	142	298	84	86	132	120	105	137	129	162	231	122	227	59	385	244	138	88	83	129	161	122	167	271	144	94
7:30:00	339	744	288	204	171	496	134	135	201	171	152	180	212	191	317	232	249	221	499	375	364	180	148	143	126	194	204	365	164	144
8:00:00	578	830	409	238	275	659	186	216	255	156	176	259	242	304	293	294	305	315	612	696	664	223	171	225	264	179	229	365	235	243
8:30:00	513	854	522	296	326	720	226	345	380	335	233	253	395	376	568	357	161	229	716	782	735	277	336	354	473	243	370	502	330	341
9:00:00	454	916	648	261	291	676	200	435	363	543	299	282	288	362	427	568	172	401	810	571	727	267	297	310	499	322	609	691	588	306
9:30:00	755	963	728	302	232	680	159	579	410	516	421	371	472	386	486	667	136	514	844	802	521	275	255	376	813	382	736	699	561	240
10:00:00	926	758	793	400	334	632	176	625	432	637	388	517	393	481	905	650	150	512	968	687	527	290	303	317	726	672	702	781	474	583
10:30:00	766	944	902	557	524	671	223	997	563	733	542	367	384	531	724	590	215	524	1002	771	917	422	791	356	594	834	565	847	602	307
11:00:00	856	886	972	361	804	931	254	714	467	752	507	592	356	522	680	533	553	797	1033	908	988	453	390	307	587	574	896	894	514	389
11:30:00	235	683	966	242	827	331	224	495	252	875	526	552	763	889	595	919	519	967	1128	752	632	445	280	250	495	356	662	919	725	594
12:00:00	396	280	1002	380	835	1032	196	413	411	640	508	502	1072	460	730	1044	243	936	891	977	802	519	401	179	373	571	300	935	526	726
12:30:00	921	220	957	301	355	892	211	634	266	650	306	841	909	713	781	670	337	1038	949	868	372	462	289	244	379	492	278	941	499	720
13:00:00	551	215	955	415	333	206	225	815	411	1004	244	440	829	324	288	397	292	586	932	630	93	438	188	105	207	595	681	937	397	518
13:30:00	168	75	889	430	237	100	151	824	737	831	233	572	989	322	287	823	222	754	791	411	149	970	179	98	264	348	987	787	315	497
14:00:00	91	59	844	445	161	198	131	626	627	806	301	443	758	483	309	967	116	318	536	148	125	439	147	82	265	597	878	808	388	763
14:30:00	48	68	517	747	110	178	99	576	528	654	496	405	813	526	272	623	114	478	118	56	122	253	99	152	125	272	763	588	601	384
15:00:00	22	86	161	335	101	278	77	602	160	357	316	458	718	600	306	618	130	601	42	90	107	187	59	53	157	118	665	99	672	435
15:30:00	25	86	118	178	172	229	45	400	78	354	338	499	612	422	421	399	145	645	57	202	116	165	143	62	90	108	555	59	209	273
16:00:00	31	122	98	118	134	176	18	237	60	377	272	274	298	389	406	167	141	534	86	15	117	116	273	103	51	198	438	25	265	174
16:30:00	32	86	64	65	58	31	5	98	36	69	303	122	339	152	87	296	62	380	38	9	45	94	136	56	33	128	318	45	313	104
17:00:00	28	25	164	39	46	2	0	25	10	17	101	55	114	44	33	206	5	71	7	3	18	26	36	31	9	60	158	33	207	40
17:30:00	4	0	61	28	10	0	0	8	0	5	26	6	9	4	5	80	0	31	0	0	8	3	3	3	0	25	16	19	84	15
18:00:00	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	8	1

Anexo 3: *Potencial energético solar en el mes de noviembre (w/m²)*

Fuente: *Tello A. (2016)*

Diciembre Dia	lavado vajilla	Isaac cepillado	Nancy cepillado	Angel cepillado	Isaac ducha	Nancy ducha	Angel ducha	dia	total	hora	minutos	segundos	mmutos totales	l/min (Dia)	m ³ /s
05/12/2015	0:17:16	0:02:17	0:02:29	0:02:27	0:12:34	0:09:01	0:07:33	sabado	0:53:37	0	53	37	53,62	321,70	0,00536
06/12/2015	0:13:33	0:01:36	0:02:23	0:02:37	0:00:00	0:06:30	0:07:32	domingo	0:34:11	0	34	11	34,18	205,10	0,00342
07/12/2015	0:13:45	0:01:44	0:00:29	0:01:14	0:13:59	0:06:51	0:05:58	lunes	0:44:00	0	44	0	44,00	264,00	0,00440
08/12/2015	0:13:49	0:01:39	0:00:30	0:01:21	0:00:00	0:06:59	0:07:57	martes	0:32:15	0	32	15	32,25	193,50	0,00323
09/12/2015	0:13:51	0:01:37	0:00:33	0:01:19	0:14:02	0:07:44	0:05:49	miércoles	0:44:55	0	44	55	44,92	269,50	0,00449
10/12/2015	0:13:48	0:01:28	0:00:36	0:01:11	0:00:00	0:06:20	0:05:22	jueves	0:28:45	0	28	45	28,75	172,50	0,00288
11/12/2015	0:13:34	0:01:43	0:00:31	0:01:08	0:10:33	0:06:33	0:06:57	viernes	0:40:59	0	40	59	40,98	245,90	0,00410
12/12/2015	0:16:57	0:02:24	0:02:34	0:02:36	0:00:00	0:09:05	0:07:51	sábado	0:41:27	0	41	27	41,45	248,70	0,00415
13/12/2015	0:13:50	0:01:43	0:02:11	0:02:34	0:12:24	0:07:44	0:06:50	domingo	0:47:16	0	47	16	47,27	283,60	0,00473
14/12/2015	0:13:46	0:01:41	0:00:30	0:01:09	0:00:00	0:07:00	0:06:22	lunes	0:30:28	0	30	28	30,47	182,80	0,00305
15/12/2015	0:13:48	0:01:36	0:00:32	0:01:14	0:11:29	0:06:21	0:05:12	martes	0:40:12	0	40	12	40,20	241,20	0,00402
16/12/2015	0:13:50	0:01:41	0:00:31	0:01:07	0:00:00	0:06:36	0:05:59	miércoles	0:29:44	0	29	44	29,73	178,40	0,00297
17/12/2015	0:13:38	0:01:40	0:00:34	0:01:09	0:13:09	0:07:21	0:06:25	jueves	0:43:56	0	43	56	43,93	263,60	0,00439
18/12/2015	0:13:45	0:01:48	0:00:36	0:01:21	0:00:00	0:06:48	0:07:01	viernes	0:31:19	0	31	19	31,32	187,90	0,00313
19/12/2015	0:16:44	0:02:17	0:02:20	0:02:30	0:10:03	0:09:19	0:07:19	sábado	0:50:32	0	50	32	50,53	303,20	0,00505
20/12/2015	0:13:46	0:01:40	0:02:27	0:02:29	0:00:00	0:06:32	0:05:56	domingo	0:32:50	0	32	50	32,83	197,00	0,00328
21/12/2015	0:13:27	0:01:38	0:00:33	0:01:18	0:11:47	0:06:02	0:05:45	lunes	0:40:30	0	40	30	40,50	243,00	0,00405
22/12/2015	0:13:45	0:01:42	0:00:35	0:01:17	0:00:00	0:07:13	0:05:36	martes	0:30:08	0	30	8	30,13	180,80	0,00301
23/12/2015	0:13:39	0:01:38	0:00:36	0:01:13	0:12:39	0:06:41	0:07:11	miércoles	0:43:37	0	43	37	43,62	261,70	0,00436
24/12/2015	0:13:48	0:01:38	0:00:31	0:01:12	0:00:00	0:06:14	0:05:10	jueves	0:28:33	0	28	33	28,55	171,30	0,00286
25/12/2015	0:17:50	0:02:29	0:02:34	0:02:32	0:11:36	0:07:03	0:06:02	viernes	0:50:06	0	50	6	50,10	300,60	0,00501
26/12/2015	0:16:33	0:02:33	0:02:26	0:02:36	0:00:00	0:08:48	0:08:48	sábado	0:41:44	0	41	44	41,73	250,40	0,00417
27/12/2015	0:13:37	0:01:39	0:02:16	0:02:16	0:13:11	0:06:34	0:06:12	domingo	0:45:45	0	45	45	45,75	274,50	0,00458
28/12/2015	0:13:37	0:01:38	0:00:37	0:01:17	0:00:00	0:06:39	0:05:31	lunes	0:29:19	0	29	19	29,32	175,90	0,00293
29/12/2015	0:13:53	0:01:43	0:00:40	0:01:17	0:14:13	0:06:58	0:05:15	martes	0:43:59	0	43	59	43,98	263,90	0,00440
30/12/2015	0:13:48	0:01:37	0:00:37	0:01:17	0:00:00	0:07:04	0:05:48	miércoles	0:30:11	0	30	11	30,18	181,10	0,00302
31/12/2015	0:13:52	0:01:39	0:00:43	0:01:19	0:13:15	0:06:51	0:06:15	jueves	0:43:54	0	43	54	43,90	263,40	0,00439
01/01/2016	0:18:02	0:02:29	0:02:21	0:02:26	0:00:00	0:07:09	0:06:20	viernes	0:38:47	0	38	47	38,78	232,70	0,00388
02/01/2016	0:16:33	0:02:26	0:02:23	0:02:23	0:10:33	0:08:03	0:08:52	sábado	0:51:13	0	51	13	51,22	307,30	0,00512
03/01/2016	0:14:51	0:01:58	0:02:28	0:02:32	0:00:00	0:06:39	0:06:45	domingo	0:35:13	0	35	13	35,22	211,30	0,00352
04/01/2016	0:13:37	0:01:35	0:00:39	0:01:18	0:13:22	0:06:08	0:07:13	lunes	0:43:52	0	43	52	43,87	263,20	0,00439
total	7:30:32	0:56:56	0:39:45	0:53:39	3:18:49	3:40:50	3:22:46	mensual	20:23:17	20	23	17	1223,28	236,76	0,00395

Anexo 4: Cantidad de agua consumida litros/minuto por cada persona

Fuente: Tello A. (2016)

Diciembre Dia	°C lavado vajilla Café	Almuerzo	Merienda	°C Isaac cepillado	°C Nancy cepillado	°C Ángel cepillado	°C Isaac ducha	°C Nancy ducha	°C Ángel ducha
05/12/2015	38,00	36,00	37,00	37,00	36,00	37,00	38,00	36,00	37,00
06/12/2015	37,50	36,50	37,00	38,00	37,00	37,00	37,50	36,50	38,00
07/12/2015	37,50	36,00	36,50	37,00	37,50	36,50	37,50	36,00	36,50
08/12/2015	38,50	36,00	37,00	36,00	36,00	36,50	38,50	36,00	37,00
09/12/2015	38,00	36,00	37,00	37,00	37,00	37,50	38,00	36,00	37,00
10/12/2015	38,50	36,50	38,00	38,00	37,50	37,50	38,50	36,50	38,00
11/12/2015	38,00	36,00	37,00	37,00	36,00	37,00	38,00	36,00	37,00
12/12/2015	37,00	36,00	37,00	37,00	36,50	36,50	37,00	36,00	37,00
13/12/2015	38,50	37,00	37,00	37,00	36,00	37,00	38,50	37,00	38,00
14/12/2015	38,00	37,50	36,00	38,00	36,00	37,00	38,00	37,50	36,00
15/12/2015	37,50	36,00	37,00	37,00	36,00	37,00	37,50	36,00	37,00
16/12/2015	37,50	36,50	37,00	38,00	36,50	37,00	37,50	36,50	37,00
17/12/2015	38,50	36,00	36,50	37,00	37,00	36,00	38,00	36,00	38,00
18/12/2015	38,00	36,00	37,00	36,00	37,00	36,50	38,00	36,00	37,00
19/12/2015	38,50	36,00	37,00	37,00	38,50	36,00	38,00	36,00	37,00
20/12/2015	38,00	36,50	37,00	38,00	36,00	36,00	38,00	36,50	38,00
21/12/2015	37,00	36,00	37,00	37,00	36,00	36,00	37,00	36,00	37,00
22/12/2015	38,50	36,00	37,00	37,00	36,00	36,50	38,50	36,00	37,00
23/12/2015	38,50	37,00	37,00	37,00	36,50	36,00	38,00	37,00	38,00
24/12/2015	38,00	37,00	36,50	38,00	36,00	36,00	38,00	37,50	36,50
25/12/2015	37,00	36,00	37,00	37,00	36,00	37,00	37,00	36,00	37,00
26/12/2015	38,50	37,00	37,00	37,00	37,00	37,50	38,50	37,00	38,00
27/12/2015	38,00	37,00	37,00	38,00	37,50	36,00	38,00	37,50	37,00
28/12/2015	37,50	36,00	37,00	37,00	36,00	37,00	37,50	36,00	37,00
29/12/2015	37,50	36,50	37,00	38,00	36,50	37,50	37,50	36,50	38,00
30/12/2015	38,50	36,00	37,00	37,00	36,00	36,00	38,00	36,00	37,00
31/12/2015	38,00	36,00	37,00	36,00	36,00	36,00	38,00	36,00	37,00
01/01/2016	37,00	36,00	37,00	37,00	37,00	36,00	37,00	36,00	37,00
02/01/2016	38,50	36,50	37,00	38,00	37,50	36,00	38,50	36,50	38,00
03/01/2016	38,50	37,00	37,00	37,00	36,00	36,50	38,00	37,00	37,00
04/01/2016	38,00	36,00	37,00	37,00	36,50	36,00	38,00	36,00	37,00
37,00									

Anexo 5: Temperatura de uso

Fuente: Tello A. (2016)

TABLA I. Conductividad térmica del acero inoxidable AISI 304, su valor nominal es $15 \text{ W K}^{-1} \text{ m}^{-1}$

$T/^\circ\text{C}$	73	77.4	82.5
$\lambda/\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	15.2	15.5	15.5
U	1.1	2.4	2.0

TABLA II. Conductividad térmica del bronce comercial 10A1, su valor nominal es $52 \text{ W K}^{-1} \text{ m}^{-1}$

$T/^\circ\text{C}$	55	58.8	75
$\lambda/\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	52	53	52
U	0.3	0.6	0.3

TABLA III. Conductividad térmica del aluminio 1100, su valor nominal $209 \text{ W K}^{-1} \text{ m}^{-1}$

$T/^\circ\text{C}$	25	51	56
$\lambda/\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	207	206	209
$U/\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	0.6	0.4	1.1
$T/^\circ\text{C}$	99.9	149	197
$\lambda/\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	213	224	226
$U/\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	0.2	1.1	.4

TABLA IV. Conductividad térmica de dos muestras de cobre: uno puro cuyo valor nominal es 401 y el otro de pureza de 99.90 cuyo valor nominal es $386 \text{ W K}^{-1} \text{ m}^{-1}$

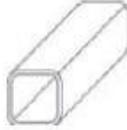
	1	2	99.9
$T/^\circ\text{C}$	54	80	61
$\lambda/\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	428.0	430.0	387.0
U	1.2	0.8	1.5

TABLA V. Conductividad térmica del latón comercial, su valor nominal es $111 \text{ W K}^{-1} \text{ m}^{-1}$

$T/^\circ\text{C}$	74.5	76.5	92
$\lambda/\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	119.0	116.0	119.0
U	1.4	6.6	10.8

Anexo 6: Tabla de conductividad térmica del acero

Fuente: <https://www.cenam.mx/sm2010/info/carteles/sm2010-c29.pdf>



ESPECIFICACIONES GENERALES

Largo Normal: 6 m
 Recubrimiento: Negro o Galvanizado
 Dimensiones: Desde 3/4 a 4 plg
 (20 x 20) a (100 x 100) mm
 Espesores: Desde 1.5 a 4 mm
 Calidad del Acero: JIS G3132 SPHT-1
 ASTM A 500
 Observaciones: Otros largos previa consulta



NORMA INTERNA

Tolerancia Dimensional:
 3/4" (20 x 20) - 4" (100 x 100) ±0.30 mm
 Variación Longitud: -0
 +10
 Rectitud: 0.4% de longitud (máximo)
 Radio máximo: 3 veces el espesor

APLICACIONES

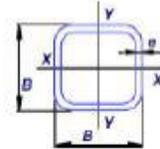
Usos Estructurales

- Columnas de estructuras
- Estructuras para techos de vidrio
- Cerramientos
- Portones
- Postes de señalización

Otros usos

- Carrocenas
- Muebles metálicos
- Máquinas para gimnasio
- Casetas de guardiania
- Estructuras para letreros
- Estructuras metálicas
- Maquinaria industrial
- Remolques

Designación	DIMENSIONES			PESO	AREA	PROPIEDADES		
	B	e	P			EJES X-X e Y-Y		
Plg	mm	mm	Kg/6m	cm ²	I	W	i	
3/4	20	1.5	4.98	1.05	0.58	0.58	0.74	
		2.0	6.30	1.34	0.69	0.69	0.72	
1	25	1.5	6.36	1.35	1.21	0.97	0.95	
		2.0	8.16	1.74	1.48	1.18	0.92	
1 1/4	30	1.5	7.80	1.65	2.19	1.47	1.15	
		2.0	10.08	2.14	2.71	1.81	1.12	
1 1/2	40	1.5	10.62	2.25	5.48	2.74	1.56	
		2.0	13.86	2.94	6.92	3.46	1.53	
		3.0	19.80	4.21	9.28	4.64	1.48	
2	50	1.5	13.44	2.85	11.06	4.42	1.97	
		2.0	17.58	3.74	14.13	5.65	1.94	
		3.0	25.50	5.41	19.40	7.76	1.89	
2 3/8	60	1.5	16.26	3.74	18.68	6.22	2.23	
		2.0	22.44	4.54	25.12	8.37	2.35	
		3.0	33.30	6.61	35.06	11.69	2.30	



Anexo 7: Propiedades del tubo galvanizado cuadrado

Fuente: <http://www.ipac-acero.com/>

Norma ASTM A 500 Grado del Acero	Propiedades Mecánicas (mínimas)					
	Límite de Fluencia Mpa (Kg/cm ²)	Límite de Fluencia psi	Resistencia a la Tracción Mpa (Kg/cm ²)	Resistencia a la Tracción psi	% Elong	
Circular	A	228 (2.320)	33,000	310 (3.170)	45,000	25
	B	290 (2.955)	42,000	400 (4.080)	58,000	23
	C	317 (3.230)	46,000	427 (4.360)	62,000	21(*)
Cuadrado y rectangular	A	269 (2.740)	39,000	310 (3.170)	45,000	25
	B	317 (3.230)	46,000	400 (4.080)	58,000	23
	C	345 (3.515)	50,000	427 (4.360)	62,000	21(*)

Anexo 8: Propiedades mecánicas del tubo galvanizado
Fuente: <http://www.ipac-acero.com/>

Tabla 5-1 LONGITUDES EFECTIVAS DE COLUMNAS						
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna						
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son parecidas a las ideales	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo						
		Rotación y traslación impedidas	Rotación libre y traslación impedida	Rotación impedida y traslación libre	Rotación y traslación libres	
Fuente: <i>Manual of Steel Construction Allowable Stress Design</i> , del American Institute of Steel Construction, novena edición (Chicago: AISC, 1989), tabla C-C2.1, "Commentary on the Specification for Structural Steel Buildings Allowable Stress Design and Plastic Design", pág. 5-135. Reimpreso con autorización del AISC.						

Anexo 9: Longitudes efectivas de columnas
Fuente: <http://www.ipac-acero.com/>

TABLE 10—46,000 psi yield steel

$\frac{KL}{r}$ ratio		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		27,540	27,480	27,420	27,360	27,300	27,230	27,160	27,090	27,020
10	26,950	26,870	26,790	26,720	26,630	26,550	26,470	26,380	26,290	26,210
20	26,110	26,020	25,930	25,830	25,730	25,640	25,540	25,430	25,330	25,230
30	25,120	25,010	24,900	24,790	24,680	24,560	24,450	24,330	24,210	24,100
40	23,970	23,850	23,730	23,600	23,480	23,350	23,220	23,090	22,960	22,830
50	22,690	22,560	22,420	22,280	22,140	22,000	21,860	21,720	21,570	21,430
60	21,280	21,130	20,980	20,830	20,680	20,530	20,370	20,220	20,060	19,900
70	19,740	19,580	19,420	19,260	19,100	18,930	18,760	18,600	18,430	18,260
80	18,080	17,910	17,740	17,560	17,390	17,210	17,030	16,850	16,670	16,480
90	16,300	16,120	15,930	15,740	15,550	15,360	15,170	14,970	14,780	14,580
100	14,390	14,190	13,990	13,790	13,580	13,380	13,170	12,960	12,750	12,540
110	12,330	12,120	11,900	11,690	11,490	11,290	11,100	10,910	10,720	10,550
120	10,370	10,200	10,030	9,870	9,710	9,560	9,410	9,260	9,110	8,970

Analysis of Compression / 3.1-13

Anexo 10: Presión permisible [Fa]
Fuente: <http://www.ipac-acero.com/>

Temperatura(°C) del calentador solar en el mes de junio y julio registrado en la mañana, medio día y tarde

7-jun	18-jun	19-jun	20-jun	21-jun	22-jun	23-jun	25-jun	26-jun	27-jun	28-jun	29-jun	30-jun	01-jul	02-jul	03-jul	04-jul	05-jul	06-jul	07-jul	08-jul	09-jul	10-jul	11-jul	12-jul	13-jul	14-jul	15-jul	16-jul	17-jul	18-jul	19-jul	20-jul	21-jul	22-jul	23-jul	24-jul	25-jul	26-jul	27-jul	28-jul		
45	71	83	61	79	45	71	83	61	79	76	76	60	79	56	70	60	66	45	60	68	82	69	87	88	85	87	83	85	85	80	79	69	95	89	90	79	85	87	70	88		
45	71	82	61	79	45	71	82	61	79	75	75	60	68	56	53	57	66	45	48	67	81	69	87	87	84	86	83	84	84	80	79	68	88	89	79	85	86	58	87			
45	77	75	76	79	45	77	75	76	79	75	75	52	70	55	54	56	66	45	50	67	60	69	65	87	84	86	83	84	84	79	57	57	90	88	93	85	66	69	87			
45	67	75	81	58	45	67	75	81	58	70	70	53	69	67	61	55	66	46	51	79	60	69	65	87	83	84	83	82	79	57	57	61	92	65	93	95	77	87	67			
61	76	78	86	66	61	76	78	86	66	69	69	53	70	70	65	54	66	47	53	83	69	69	66	85	81	79	82	83	81	70	66	55	96	75	95	79	90	76				
65	90	81	87	70	65	90	81	87	70	68	68	55	71	78	75	53	66	48	55	89	71	71	76	82	79	78	84	84	84	71	69	95	75	93	78	94	79					
76	91	92	87	71	76	91	92	87	71	67	67	57	65	79	75	52	61	50	67	89	76	78	81	81	76	82	87	92	87	74	69	95	76	93	85	85	85	82				
80	92	87	79	80	92	87	79	66	66	74	70	77	75	52	60	49	76	87	75	80	83	80	76	84	91	92	87	75	76	86	93	85	85	85	85	85	85	85	85			
78	91	80	78	91	80	65	65	85	76	75	52	59	78	87	85	83	79	86	85	85	91	86	86	76	86	86	75	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85		
91	82	91	82	64	64	86	75	75	53	58	79	86	94	92	78	87	79	86	86	86	75	81	81	79	86	86	75	81	81	79	86	86	75	81	81	79	86	86	75	81		
90	83	90	83	61	85	75	75	54	57	77	95	94	77	89	79	90	86	75	81	81	79	86	85	85	91	86	86	75	81	81	79	86	86	75	81	81	79	86	86	75	81	
90	83	90	83	60	85	75	74	44	56	76	94	94	76	94	83	91	86	75	81	81	79	86	85	85	91	86	86	75	81	81	79	86	86	75	81	81	79	86	86	75	81	
83	83	83	60	58	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
82	82	82	58	58	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
80	80	80	57	57	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
56	56	56	53	53	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
59	59	59	52	52	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
75	75	75	51	51	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
77	77	77	50	50	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
81	81	81	49	49	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
82	82	82	50	50	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
82	82	82	50	50	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
81	81	81	51	51	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
64	64	64	52	52	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
64	64	64	51	51	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
52	52	52	52	52	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
54	54	54	54	54	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
57	57	57	57	57	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
60	60	60	60	60	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
60	60	60	60	60	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
59	59	59	59	59	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70
59	59	59	59	59	70	71	55	75	55	71	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70	79	95	70

Anexo 11: Temperatura (°C) registrada en el controlador TK-8A

Fuente: Tello A. (2016)

El precio real de un tanque de gas: USD 9,6

   284

COMPARTIR

· 3 de January de 2011 00:00



VALORAR ARTICULO



Indignado



Triste



Indiferente



La importación de naftas de alto octano (materia prima para la elaboración de gasolinas súper y extra) subió 39% entre enero y octubre del 2010 respecto a igual período del 2009.

Debido a que los precios de los combustibles también se incrementaron en el mercado internacional, Ecuador debió destinar más recursos para abastecer el mercado nacional, lo cual significó egresos adicionales por unos USD 400 millones.

En las estadísticas de Petroecuador se llevan por separado las cifras de las importaciones de Gas Licuado de Petróleo (GLP), un combustible que se produce mínimamente en el país, lo cual obliga a importarlo.

Asimismo, el país compra este combustible a precios internacionales y lo vende con subsidio en el mercado nacional.

Según las cifras oficiales, un cilindro de 15 kilos le costó al país USD 9,6 el año pasado, sin considerar los costos de transporte, envasado, comercialización y distribución. Sin embargo, por la política de subsidios que ha continuado en este Gobierno, el cilindro cuesta USD 1,6, es decir seis veces menos que el costo real.

Anexo 12: Costo del cilindro de gas sin considerar transporte, envasado y distribución

Fuente: <http://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/precio-real-de-tanque-de.html>

		TASA DE INTERES																								
		ELECTRICIDAD																								
INVERSIÓN	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	
	-1200	49,624	49,62	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624	49,624
VAN	-858,94 €	PRI	0,0387																							
TIR	0%																									
		TASA DE INTERES																								
		GAS (GLP)																								
INVERSIÓN	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	
	-1200	76,049	76,05	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049	76,049
VAN	-677,32 €	PRI	0,0252																							
TIR	4%																									
		TASA DE INTERES																								
		LAS DOS ENERGÍAS																								
INVERSIÓN	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	
	-1200	125,673	125,7	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67	125,67
VAN	-336,26 €	PRI	0,0153																							
TIR	9%																									
		TASA DE INTERES																								
		GAS (GLP) SIN SUBSIDIO																								
INVERSIÓN	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	
	-1200	280,79	280,8	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79	280,79
VAN	729,85 €	PRI	0,0068																							
TIR	23%																									

Anexo 13: Cálculo del VAN Y TIR
Fuente: Tello A. (2016)

ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Latacunga, septiembre 26, 2016.

Doctor
GUSTAVO RODRÍGUEZ BÁRCENAS
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional investigativa, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la **VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA** como un mecanismo a la solución del problema planteado en el siguiente tema de investigación: **“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN LA CIUADAELA EL BOSQUE CANTÓN LATACUNGA, DURANTE EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR”**.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Segundo Ángel Tello Robayo



ANEXO 2
INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

TÍTULO DE LA PROPUESTA: DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR.

3 - MUY SATISFACTORIO 2 - SATISFACTORIO 1 - POCO SATISFACTORIO

ASPECTOS	3	2	1	OBSERVACIONES
1. EL TEMA: <ul style="list-style-type: none"> Identificación de la propuesta. Originalidad. Impacto. 	X			
2. OBJETIVO: <ul style="list-style-type: none"> Determinación clara y concisa. Factibilidad. Utilidad. 	X			
3. JUSTIFICACIÓN: <ul style="list-style-type: none"> Contribuye a mejorar la organización. Contribuye un aporte para la institución o empresa. 	X			
4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA: <ul style="list-style-type: none"> Se fundamenta en teorías científicas contemporáneas. Los conceptos son de fácil comprensión. Utiliza terminología básica y específica. 	X			
5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA: <ul style="list-style-type: none"> Presenta un orden lógico. Tiene coherencia entre sí los componentes de la propuesta. Se ajusta a la realidad del contexto social. Es sugestivo e interesante. Es de fácil manejo. 	X			
TOTAL	5			

VALIDADO POR:	Nombre: <u>Castano Rodríguez Encarnación</u>		
Área de Trabajo:	Título Profesional: <u>Químico</u>	Cargo u Ocupación: <u>Docente</u>	Año de Experiencia: <u>13</u>
Observaciones:			
Fecha: <u>26/04/2014</u>	Tel: <u>0987658959</u>	Dirección del Trabajo: <u>UE</u>	C.I: <u>1754001357</u>


VALIDADOR

ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Latacunga septiembre 26, 2106.

Master
Marcelo Tello
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional investigativa, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la **VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA** como un mecanismo a la solución del problema planteado en el siguiente tema de investigación: **“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN LA CIUADAELA EL BOSQUE CANTÓN LATACUNGA, DURANTE EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR”**.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Segundo Ángel Tello Robayo



ANEXO 2
INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

TÍTULO DE LA PROPUESTA: DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR.

3 - MUY SATISFACTORIO 2 - SATISFACTORIO 1 - POCO SATISFACTORIO

ASPECTOS	3	2	1	OBSERVACIONES
1. EL TEMA: <ul style="list-style-type: none"> Identificación de la propuesta. Originalidad. Impacto. 	✓			
2. OBJETIVO: <ul style="list-style-type: none"> Determinación clara y concisa. Factibilidad. Utilidad. 	✓			
3. JUSTIFICACIÓN: <ul style="list-style-type: none"> Contribuye a mejorar la organización. Contribuye un aporte para la institución o empresa. 	✓			
4. FUNDAMENTACIÓN TEORICA: <ul style="list-style-type: none"> Se fundamenta en teorías científicas contemporáneas. Los conceptos son de fácil comprensión. Utiliza terminología básica y específica. 	✓			
5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA: <ul style="list-style-type: none"> Presenta un orden lógico. Tiene coherencia entre si los componentes de la propuesta. Se ajusta a la realidad del contexto social. Es sugestivo e interesante. Es de fácil manejo. 	✓			
TOTAL				

VALIDADO POR:	Nombre: <i>Marcelo Tello</i>		
Área de Trabajo:	Título Profesional:	Cargo u Ocupación:	Año de Experiencia:
<i>Docencia</i>	<i>Magister</i>	<i>Docente</i>	<i>- 5 -</i>
Observaciones:			
Fecha:	Tel:	Dirección del Trabajo:	C.I:
<i>26/09/2016</i>	<i>0993394177</i>	<i>Universidad Técnica Cotopaxi</i>	<i>0501518559</i>

f. 
VALIDADOR

ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Latacunga septiembre 26, 2016.

Master
Segundo Cevallos
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional investigativa, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la **VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA** como un mecanismo a la solución del problema planteado en el siguiente tema de investigación: **“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN LA CIUADAELA EL BOSQUE CANTÓN LATACUNGA, DURANTE EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR”**.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Segundo Ángel Tello Robayo



ANEXO 2
INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

TÍTULO DE LA PROPUESTA: DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR

3 - MUY SATISFACTORIO 2 - SATISFACTORIO 1 - POCO SATISFACTORIO

ASPECTOS	3	2	1	OBSERVACIONES
11. EL TEMA: <ul style="list-style-type: none">Identificación de la propuesta.Originalidad.Impacto.	X			
12. OBJETIVO: <ul style="list-style-type: none">Determinación clara y concisa.Factibilidad.Utilidad.	X			
13. JUSTIFICACIÓN: <ul style="list-style-type: none">Contribuye a mejorar la organización.Contribuye un aporte para la institución o empresa.	X			
14. FUNDAMENTACIÓN TEORICA: <ul style="list-style-type: none">Se fundamenta en teorías científicas contemporáneas.Los conceptos son de fácil comprensión.Utiliza terminología básica y específica.	X			
15. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA: <ul style="list-style-type: none">Presenta un orden lógico.Tiene coherencia entre sí los componentes de la propuesta.Se ajusta a la realidad del contexto social.Es sugestivo e interesante.Es de fácil manejo.	X			
TOTAL				

VALIDADO POR:	Nombre: <i>Segundo Cavallos</i>		
Área de Trabajo:	Título Profesional:	Cargo u Ocupación:	Año de Experiencia:
<i>Docencia</i>	<i>Magister</i>	<i>Docente</i>	<i>12</i>
Observaciones:			
Fecha:	Tel:	Dirección del Trabajo:	C.I:
<i>26/09/2016</i>	<i>0978793325</i>	<i>UTC</i>	<i>050178243-7</i>


VALIDADOR.

ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN

Latacunga Septiembre 27, 2016.

Doctor
Secundino Marrero
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO a utilizarse en la recolección de datos para mi investigación sobre “EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN LA CIUDADELA EL BOSQUE CANTÓN LATACUNGA, DURANTE EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR”.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Segundo Ángel Tello Robayo

ANEXO 2
INSTRUCCIONES PARA VALIDACIÓN

INSTRUCCIONES PARA LA VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO SOBRE:

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN LA CIUDADELA EL BOSQUE CANTÓN LATACUNGA, DURANTE EL AÑO 2015

Lea detenidamente los objetivos, la matriz de operacionalización de variables y el cuestionario de opinión.

1. Concluir acerca de la pertinencia entre objetivos, variables, e indicadores con los ítems del instrumento.
2. Determinar la calidad técnica de cada ítem, así como la adecuación de éstos a nivel cultural, social y educativo de la población a la que está dirigido el instrumento.
3. Consignar las observaciones en el espacio correspondiente.
4. Realizar la misma actividad para cada uno de los ítems, utilizando las siguientes categorías.

A. Correspondencia de las preguntas del instrumento con los objetivos, variables, dimensiones, indicadores e ítems.

P PERTINENCIA

NP NO PERTINENCIA

En caso de marcar **NP**, por favor pase al espacio de observaciones y justifique su opinión.

B. Calidad técnica y representatividad

Marque en la casilla correspondiente:

O OPTIMA

B BUENA

R REGULAR

D DEFICIENTE

En caso de marcar **R** o **D**, por favor justifique su opinión en el espacio de observaciones.

C. Lenguaje

Marque en la casilla correspondiente:

A ADECUADO

I INADECUADO

En caso de marcar **I**, por favor justifique su opinión en el espacio de observaciones

ANEXO 3
OBJETIVOS DEL INSTRUMENTO PARA LA FASE DE DIAGNÓSTICO

Objetivo General

Recoger información para identificar el (EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN LA CIUDADELA EL BOSQUE CANTÓN LATACUNGA, DURANTE EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR)

Objetivos específicos

Determinar los parámetros de diseño para un sistema de calentamiento de agua solar de uso doméstico.

Implementar un prototipo para un sistema de calentamiento de agua de uso doméstico empleando energía renovable.

- Recabar información sobre.....
- Recabar información sobre
- Recabar información sobre la.....

ANEXO 4

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ÍTEMS
Potencial Energético solar	Portadores Energéticos.	➤ Radiación Global, Directa y Difusa.	Medición, Piranómetro.	W/m ²
		➤ Heliógrafo.	Registros, INAMHI.	Horas
		➤ Temperatura ambiente.	Registros, INAMHI.	°C
	Dimensionamiento del calentador.	➤ Consumo de agua por persona.	Medición, Cubeta.	l/s
➤ Área de transferencia de calor.		Cálculos, Ecuaciones.	m ²	
Sistema de calentamiento de agua solar para el uso sanitario	Eficiencia energética.	➤ Calor aprovechado.	Cálculos, Ecuaciones	KJ
	Energías convencionales.	➤ Consumo de GLP.	Cálculo, Ecuaciones	Kg
➤ Consumo de Energía eléctrica.		Calculo, Ecuaciones	KWh	

Elaboración: Segundo Ángel Tello Robayo



ANEXO 5

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS		
P = PERTINENTE		
NP = NO PERTINENTE		
ÍTEMS	A	OBSERVACIONES
1	P	
2	P	
3	P	
4	P	
5	P	
6	P	
7	P	
8	P	
9	P	
10	P	
11	P	
12	P	
13	P	
14	P	
15	P	
16	P	
17	P	
18	P	
19	P	


VALIDADOR
CC.133312792



ANEXO 7
LENGUAJE

A= ADECUADO		LENGUAJE	I= INADECUADO
ITEMS	C	OBSERVACIONES	
1	A		
2	A		
3	A		
4	A		
5	A		
6	A		
7	A		
8	A		
9	A		
10	A		
11	A		
12	A		
13	A		
14	A		
15	A		
16	A		
17	A		
18	A		

.....
VALIDADOR
CC. 1757103907

ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN

Latacunga Septiembre 27, 2016.

Máster
Xavier Proaño
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO a utilizarse en la recolección de datos para mi investigación sobre “EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN LA CIUDADELA EL BOSQUE CANTÓN LATACUNGA, DURANTE EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR”.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Segundo Ángel Tello Robayo

ANEXO 2

INSTRUCCIONES PARA VALIDACIÓN

INSTRUCCIONES PARA LA VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO SOBRE:

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN LA CIUDADELA EL BOSQUE CANTÓN LATACUNGA, DURANTE EL AÑO 2015

Lea detenidamente los objetivos, la matriz de operacionalización de variables y el cuestionario de opinión.

5. Concluir acerca de la pertinencia entre objetivos, variables, e indicadores con los ítems del instrumento.
6. Determinar la calidad técnica de cada ítem, así como la adecuación de éstos a nivel cultural, social y educativo de la población a la que está dirigido el instrumento.
7. Consignar las observaciones en el espacio correspondiente.
8. Realizar la misma actividad para cada uno de los ítems, utilizando las siguientes categorías.

B. Correspondencia de las preguntas del instrumento con los objetivos, variables, dimensiones, indicadores e ítems.

P PERTINENCIA

NP NO PERTINENCIA

En caso de marcar **NP**, por favor pase al espacio de observaciones y justifique su opinión.

D. Calidad técnica y representatividad

Marque en la casilla correspondiente:

O OPTIMA

B BUENA

R REGULAR

D DEFICIENTE

En caso de marcar **R** o **D**, por favor justifique su opinión en el espacio de observaciones.

E. Lenguaje

Marque en la casilla correspondiente:

A ADECUADO

I INADECUADO

En caso de marcar **I**, por favor justifique su opinión en el espacio de observaciones

ANEXO 3

OBJETIVOS DEL INSTRUMENTO PARA LA FASE DE DIAGNÓSTICO

Objetivo General

Recoger información para identificar el (EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN LA CIUDADELA EL BOSQUE CANTÓN LATACUNGA, DURANTE EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR)

Objetivos específicos

Determinar los parámetros de diseño para un sistema de calentamiento de agua solar de uso doméstico.

Implementar un prototipo para un sistema de calentamiento de agua de uso doméstico empleando energía renovable.

- Recabar información sobre.....
- Recabar información sobre
- Recabar información sobre la.....

ANEXO 4

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ÍTEMS
Potencial Energético solar	Portadores Energéticos.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Radiación Global, Directa y Difusa. ➤ Heliógrafo. ➤ Temperatura ambiente. 	Medición, Piranómetro. Registros, INAMHI. Registros, INAMHI.	W/m ² Horas °C
	Dimensionamiento del calentador.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Consumo de agua por persona. ➤ Área de transferencia de calor. 	Medición, Cubeta. Cálculos, Ecuaciones.	l/s m ²
Sistema de calentamiento de agua solar para el uso sanitario	Eficiencia energética.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Calor aprovechado. 	Cálculos, Ecuaciones	KJ
	Energías convencionales.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Consumo de GLP. ➤ Consumo de Energía eléctrica. 	Cálculo, Ecuaciones Calculo, Ecuaciones	Kg KWh

Elaboración: Segundo Ángel Tello Robayo



ANEXO 5

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS		
P = PERTINENTE		NP = NO PERTINENTE
ÍTEMS	A	OBSERVACIONES
1	P	
2	P	
3	P	
4	P	
5	P	
6	P	
7	P	
8	P	
9	P	
10	P	
11	P	
12	P	
13	P	
14	P	
15	P	
16	P	
17	P	
18	P	
19	P	

f. 
VALIDADOR
CC. 0508256279



ANEXO 7

LENGUAJE

A= ADECUADO		LENGUAJE	I= INADECUADO
ITEMS	C	OBSERVACIONES	
1	A		
2	A		
3	A		
4	P		
5	P		
6	P		
7	A		
8	A		
9	A		
10	P		
11	A		
12	P		
13	P		
14	P		
15	P		
16	P		
17	P		
18	P		

f. 
VALIDADOR
CC...0522674204

ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN

Latacunga Septiembre 27, 2016.

Máster
Franklin Vázquez
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO a utilizarse en la recolección de datos para mi investigación sobre “EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN LA CIUDADELA EL BOSQUE CANTÓN LATACUNGA, DURANTE EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR”.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Segundo Ángel Tello Robayo

ANEXO 2

INSTRUCCIONES PARA VALIDACIÓN

INSTRUCCIONES PARA LA VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO SOBRE:

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN LA CIUDADELA EL BOSQUE CANTÓN LATACUNGA, DURANTE EL AÑO 2015

Lea detenidamente los objetivos, la matriz de operacionalización de variables y el cuestionario de opinión.

9. Concluir acerca de la pertinencia entre objetivos, variables, e indicadores con los ítems del instrumento.
10. Determinar la calidad técnica de cada ítem, así como la adecuación de éstos a nivel cultural, social y educativo de la población a la que está dirigido el instrumento.
11. Consignar las observaciones en el espacio correspondiente.
12. Realizar la misma actividad para cada uno de los ítems, utilizando las siguientes categorías.

C. Correspondencia de las preguntas del instrumento con los objetivos, variables, dimensiones, indicadores e ítems.

P PERTINENCIA

NP NO PERTINENCIA

En caso de marcar **NP**, por favor pase al espacio de observaciones y justifique su opinión.

F. Calidad técnica y representatividad

Marque en la casilla correspondiente:

O OPTIMA

B BUENA

R REGULAR

D DEFICIENTE

En caso de marcar **R** o **D**, por favor justifique su opinión en el espacio de observaciones.

G. Lenguaje

Marque en la casilla correspondiente:

A ADECUADO

I INADECUADO

En caso de marcar **I**, por favor justifique su opinión en el espacio de observaciones

ANEXO 3

OBJETIVOS DEL INSTRUMENTO PARA LA FASE DE DIAGNÓSTICO

Objetivo General

Recoger información para identificar el (EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR EN LA CIUDADELA EL BOSQUE CANTÓN LATACUNGA, DURANTE EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR)

Objetivos específicos

Determinar los parámetros de diseño para un sistema de calentamiento de agua solar de uso doméstico.

Implementar un prototipo para un sistema de calentamiento de agua de uso doméstico empleando energía renovable.

- Recabar información sobre.....
- Recabar información sobre
- Recabar información sobre la.....

ANEXO 4

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ÍTEMS
Potencial Energético solar	Portadores Energéticos.	➤ Radiación Global, Directa y Difusa.	Medición, Piranómetro.	W/m ²
		➤ Heliógrafo.	Registros, INAMHI.	Horas
		➤ Temperatura ambiente.	Registros, INAMHI.	°C
	Dimensionamiento del calentador.	➤ Consumo de agua por persona.	Medición, Cubeta.	l/s
		➤ Área de transferencia de calor.	Cálculos, Ecuaciones.	m ²
Sistema de calentamiento de agua solar para el uso sanitario	Eficiencia energética.	➤ Calor aprovechado.	Cálculos, Ecuaciones	KJ
	Energías convencionales.	➤ Consumo de GLP.	Cálculo, Ecuaciones	Kg
		➤ Consumo de Energía eléctrica.	Calculo, Ecuaciones	KWh

Elaboración: Segundo Ángel Tello Robayo



ANEXO 5

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS		
P = PERTINENTE		NP = NO PERTINENTE
ÍTEMS	A	OBSERVACIONES
1	P	
2	P	
3	P	
4	P	
5	P	
6	P	
7	P	
8	P	
9	P	
10	P	
11	P	
12	P	
13	P	
14	P	
15	P	
16	P	
17	P	
18	P	
19	P	


VALIDADOR
CC. 121043449-T



ANEXO 7

LENGUAJE

A= ADECUADO		LENGUAJE	I= INADECUADO
ITEMS	C	OBSERVACIONES	
1	A		
2	A		
3	A		
4	A		
5	A		
6	A		
7	A		
8	A		
9	A		
10	A		
11	A		
12	A		
13	A		
14	A		
15	A		
16	A		
17	A		
18	A		


VALIDADOR
CC. 1.71.243.449-2