



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA MECATRONICA**

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA
MIXTA PARA EL CALENTAMIENTO DEL AGUA DE LA
PISCINA DEL COMPLEJO SOCIAL DE LA ADUTE.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECATRONICO**

Andrés Patricio Torres Pareja

DIRECTOR: Ing. Luis Hidalgo MSc.

Quito, Junio 2015

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2015
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo Andrés Patricio Torres Pareja, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Andrés Torres

C.I. 1718172263

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “Diseño e instalación de un sistema de energía mixta para el calentamiento del agua de la piscina del complejo social de la ADUTE”, que, para aspirar al título de Ingeniero Mecatrónico fue desarrollado por Andrés Torres, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Ing. Luis Hidalgo MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 1707721435

DEDICATORIA

Para mi abuelito Lic. José Daniel Torres Coronel, por ser mi guía, consejero, profesor, amigo y héroe.

AGRADECIMIENTOS

No se inquieten por nada; más bien, en toda ocasión, con oración y ruego, presenten sus peticiones a Dios y denle gracias. Y la paz de Dios, que sobrepasa todo entendimiento, cuidará sus corazones y sus pensamientos en Cristo Jesús.

[Filipenses 4:6-7](#)

Es una etapa de mi vida que se cierra, pero me deja muchos recuerdos y personas gratas. Agradezco a la Universidad Tecnológica Equinoccial por confiar en mi conocimiento para la implementación de este proyecto, a mis profesores que sin sus guías y regaños no habría llegado hasta aquí, a mi director de tesis, quien es mi mentor y con su sabiduría logré llegar a este momento de mi vida, a mis Padres que son mi fortaleza y me impulsan a seguir adelante, a mi hermano por todo lo que representa para mí, a la Empresa Aquarenovable por su entero apoyo, a mi familia, quienes me han soportado en este largo camino, y a todas esas personas que aportaron su granito de arena a este proyecto y siempre han estado ahí para mí desde el primer día que decidí estudiar Ingeniería Mecatrónica.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	x
1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
2.MARCO TEÓRICO	6
2.1. ENERGIA SOLAR.....	6
2.1.1.RADIACIÓN SOLAR Y SUS TIPOS.....	8
2.1.2. ESTACIONES	10
2.1.3. TIPOS DE ENERGIAS.....	12
2.1.4. LA ENERGIA SOLAR EN EL ECUADOR Y EL MUNDO	14
2.1.5. ENERGIA SOLAR TERMICA.....	18
2.1.5.1.Elementos de calentamiento de agua de una piscina	19
2.1.5.2.Normalización de colectores solares NORMA INEN	21
2.1.6. TIPOS DE COLECTORES SOLARES	25
2.1.7. TIPOS DE SISTEMA ENERGIA SOLAR TERMICA.....	31
2.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO.....	35
2.2.1. CLIMA	36
2.2.2. PISCINA DEL COMPLEJO DE LA ADUTE.....	37
2.2.2.1. Dimensiones de la tubería de la piscina del complejo	39
2.2.2.2 Dimensionamiento de la piscina del complejo.....	41
3.METODOLOGÍA.....	45
3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	45
3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.....	45
3.3 METODOLOGÍA MECATRÓNICA	45
3.3.1 CASA DE CALIDAD	46
3.3.2 PARÁMETROS PARA SELECCIÓN BOMBA.....	49
3.3.3. ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA DE LA PISCINA.....	50
3.3.4. ANÁLISIS DE POTENCIA.....	52
3.3.5 PERDIDAS DE CALOR Y VARIACIÓN DE TEMP. LA PISCINA.....	52

3.3.5.1 Perdidas por evaporación.....	55
3.3.5.2 Perdidas por radiación.....	55
3.3.5.3 Perdidas por convección	56
3.3.5.4 Perdidas por conducción	57
3.3.5.5 Perdidas por renovación.....	57
3.4 CRITERIOS DEL CALENTADOR DE AGUA CON ENERGIA SOLAR.....	58
3.4.1 RADIACION SOLAR	58
3.4.2 HUMEDAD RELATIVA.....	58
3.4.3 PRESION ATMOSFERICA, TEMPERATURA AMBIENTE Y AGUA	58
3.4.4 BALANCE DE ENERGIA DEL SISTEMA	59
3.4.5.1 Analisis de la radiacion solar.....	60
3.4.5.2 Análisis de transferencia de calor y perdidas en el colector....	62
3.4.5.3 Representación de las pérdidas de calor en el colector.....	64
3.4.5.4 Representación del calor útil del colector	64
3.5 INSTALACION Y OPERACION	65
3.5.1 INSTALACIÓN DE LOS COLECTORES SOLARES	65
3.5.2. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	68
4. DISEÑO.....	70
4.1 DIMENSIONAMIENTO CUBIERTA DE LA PISCINA DEL COMPLEJO.....	70
4.2 CALCULO DE PERDIDAS EN LA PISCINA.....	70
4.2.1. PERDIDAS POR EVAPORACION	70
4.2.2. PERDIDAS POR RADIACION.....	71
4.2.3 PERDIDAS POR CONVECCION	72
4.2.4 PERDIDAS POR TRANSMISION.....	72
4.2.5 CALCULO CALOR PERDIDO EN LA PISCINA.....	72
4.3 TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL COLECTOR.....	73
4.4 CALCULO PERDIDAS DE CALOR EN EL COLECTOR.....	75
4.5 CALCULO CALOR ÚTIL EN EL COLECTOR.....	75
4.6 CALCULO NUMERO DE COLECTORES PARA EL SISTEMA	76
4.7 DISEÑO DEL SISTEMA	77
4.7.1 COLECTORES SOLARES	77
4.7.2 SELECCIÓN BOMBA DE RECIRCULACIÓN	79
4.8 DISTRIBUCIÓN FINAL DE COLECTORES SOLARES	82
4.9 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	86

4.9.1 CONTROLADOR ELÉCTRICO SOLAR AQUA SOLAR 235	87
4.9.2 BREAKER STECK C40.....	88
4.9.3 CONTACTOR DE POTENCIA LG MC-32A 220V	88
4.9.4 SENSOR THERMISTOR 10 KOHM	90
4.9.5 ACTUADOR DE VÁLVULA GVA – 24.....	97
4.9.6 FILTRO DE MONTAJE SUPERIOR SD80	97
5. ANALISIS DE RESULTADOS.....	101
5.1 TABLA DE VALORES TEMPERATURA.....	101
5.2 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	102
5.2.1 ENCUESTA DE SENSIBILIDAD	104
5.2.2 INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	105
6. FACTIBILIDAD ECONOMICA.....	110
6.1 ANALISIS FINANCIERO.....	110
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
7.1. CONCLUSIONES	115
7.2. RECOMENDACIONES.....	118
BIBLIOGRAFIA.....	119
ANEXOS	122

IDICE DE TABLA

2. MARCO TEÓRICO	6
Tabla 2.1 Dimensión de la tubería por caudal.....	21
Tabla 2.2 Tabla Climática de Calderón año 2013	37
Tabla 2.3 Medcon de temperatura	37
3. METODOLOGÍA	45
Tabla 3.1 Casa de Calidad	46
Tabla 3.2 Criterios Ponderados Colector Solar	48
4. DISEÑO	70
Tabla 4.1 Dimensiones y parametro colectores solares	70
Tabla 4.2 Estabilidad Mecánica	81
Tabla 4.3 Especificaciones Contactador MC-32A	93
Tabla 4.4 Especificaciones Filtro de Montaje Superior.....	94
5. ANALISIS DE RESULTADOS	101
Tabla 5.1 Valores medidos temperatura piscina ADUTE	101
Tabla 5.2 Valores de promedio y desviacion estandar temperatura.....	109
6. FACTIBILIDAD ECONOMICA	110
Tabla 6.1 Detalles Elementos del Sistema.....	110

INDICE DE FIGURAS

2.MARCO TEÓRICO	6
Fig. 2.1 Trayectoria de la Tierra alrededor del Sol.....	7
Fig. 2.2 Ángulo de incidencia de los rayos del sol sobre la superficie terrestre.....	7
Fig. 2.3 Espectro Electromagnético.....	8
Fig. 2.4 Tipos de Radiación Solar.....	9
Fig. 2.5 Posición Tierra-Sol en los Equinoccios y Solsticios	11
Fig. 2.6 Mapa de la Radiación Promedio Anual en KWh/m ² Área Horizontal.....	12
Fig. 2.7 Planta de Energía Fotovoltaica en España	13
Fig. 2.8 Sistema de Captación de Energía Solar Térmica para ACS	13
Fig. 2.9 Mapa solar del Ecuador.....	15
Fig.2.10 Cabañas de Iruñi	17
Fig. 2.11 Esquema de una Instalación Solar Térmica.....	19
Fig. 2.12 Componentes colector de placa plana.....	25
Fig. 2.13 Mapa del Ecuador Latitud y Longitud.....	26
Fig. 2.14 Inclinación ideal del colector solar	27
Fig. 2.15 Características de un colector de aire.....	27
Fig. 2.16 Colector de vacío.....	28
Fig. 2.17 Tubos de Calor	28
Fig. 2.18 Colectores Esféricos.....	29
Fig. 2.19 Colectores Cilíndricos.....	30
Fig. 2.20 Concentradores Paraboloideas	30
Fig. 2.21 Concentradores Cilindro-Parabólicos	31
Fig. 2.22 Sistema de Circulación Natural.....	32
Fig. 2.23 Funcionamiento Sistema de Circulación Forzada.....	34
Fig. 2.24 Ubicación Geográfica	35
Fig. 2.25 Diagrama de Temperatura de Calderón año 2013.....	36
Fig. 2.26 Piscina ADUTE.....	37
Fig. 2.27 Calefón.....	38
Fig. 2.28 Cuarto de bombas	39
Fig. 2.29 Calefones en funcionamiento	39
Fig. 2.30 Bomba Pinnacle PFII P1 2.....	40

Fig.2.31 Bomba Astralpool 04011406	41
Fig. 2.32 Esquema de la tubería.....	41
Fig. 2.33 Dimensiones planas de la piscina.....	42
Fig. 2.34 Altura de la piscina	42
Fig. 2.35 Figura Isométrica de la piscina	43
3.METODOLOGÍA.....	45
Fig. 3.1 Estructura de la cubierta de la piscina externa e interna.....	51
Fig. 3.2 Dimensionamiento de la cubierta.....	51
Fig. 3.3 Balance Energetico	66
Fig. 3.4 Orientación de los colectores.....	66
Fig. 3.5 Angulo de inclinación de los colectores	66
Fig. 3.6 Conexión serie de colectores solares	66
Fig. 3.6 Conexión paralelo de colectores solares	67
Fig. 3.7 Conexión mixta (serie y paralelo) de colectores solares	67
4. DISEÑO	70
Fig. 4.1 Colector Solar heliocol HC-50 Polipropileno	79
Fig. 4.2 Curva de rendimiento bomba	83
Fig. 4.3 Bomba de recirculación 3HP	84
Fig. 4.4 Conexión colectores solares	834
Fig. 4.5 Distribución paneles solares techo ESTE piscina	85
Fig. 4.6 Distribución paneles solares techo NORTE piscina	86
Fig. 4.7 Distribución paneles solares techo SUR vestuarios.....	86
Fig. 4.8 Distribución paneles solares techo NORTE vestuarios	84
Fig. 4.9 Distribución paneles solares techo SUR aulas.....	84
Fig. 4.10 Plano Funcionamiento del Sistema.....	87
Fig. 4.11 Plano Sistema Potencia de Bombas.....	88
Fig. 4.12 Conexión Sistema de Control.....	92
Fig. 4.13 Tablero de Control	90
Fig. 4.14 Controlador Eléctrico GL – 235	91
Fig. 4.15 Breaker STECK C40.....	92

Fig. 4.16 Contactor MC-32A.....	93
Fig. 4.17 Sensor S1.....	94
Fig. 4.18 Sensor S2.....	94
Fig. 4.19 Sensor Termistor	95
Fig. 4.20 Cuarto de Bombas.....	96
Fig. 4.21 Actuador de válvula.....	97
Fig. 4.22 Filtro.....	99
Fig. 4.23 Calentamiento de agua con sistema solar	99
Fig. 4.24 Calentamiento de agua con sistema a gas	100
5.ANALISIS DE RESULTADOS.....	101
Fig. 5.1 Cuadro de temperatura mañana.....	102
Fig. 5.2 Cuadro de temperatura medio día	103
Fig. 5.3 Cuadro de temperatura noche	103

INDICE DE ANEXOS

ANEXOS	122
ANEXO 1 MANUAL PARA EL USUARIO	122
ANEXO 2 VALORES DE RADIACION SOLAR POR ALTITUD Y LATITUD.....	128
ANEXO 3 ENCUESTA LLENA.....	129
ANEXO 4 FACTURA AQUARENOVABLE.....	130
ANEXO 5 USUARIOS UTILIZANDO LA PISCINA.....	131
ANEXO 6 CARACTERISTICAS COLECTOR SOLAR: BOSCH, HELIOL E HIDROAGUA.....	132

RESUMEN

El calentamiento del agua de la piscina del complejo social de la ADUTE con gas representa un costo elevado cada mes, por lo que optar por otro tipo de combustible favorece a la economía y confort de los administradores de la ADUTE, de esta manera se diseñó e instaló un sistema de energía mixta aprovechando la energía solar y el sistema de calentamiento a gas ya implementado.

La investigación empezó con el análisis de radiación solar, humedad relativa, presión atmosférica, temperatura ambiente y agua del sector Paltapamba ubicado en Carapungo – Quito, donde se localiza el complejo social de la ADUTE. Con esta información se determinó un balance energético para calcular las pérdidas de calor en el colector, pérdidas en la piscina y Calor útil de los colectores, dando como resultado el número de colectores necesarios para la implementación.

Los colectores solares utilizados son los Heliocol HC-50 distribuidos por la empresa AquaRenovable, la elección de estos paneles se basa en sus propiedades mecánicas, favoreciendo su peso con carga para que este no afecte a la cubierta donde están localizados, y su costo no es elevado, tomando en cuenta que esta empresa proporciona 10 años de garantía y 25 años de vida útil de los mismos.

Con los datos medidos y encuestas realizadas a los usuarios se alcanzó el valor de confort previsto y calculado, con estos resultados el valor de inversión del proyecto será recuperado en el periodo planteado, y así la Universidad Tecnológica Equinoccial demuestra estar vinculado con el cuidado del medio ambiente y ayudando al país a dar un paso más a la implementación de tecnología solar.

ABSTRACT

Heating the pool water social complex ADUTE with gas represents a high cost every month, so opt for another type of fuel favors the economy and comfort of administrators ADUTE thus designed and installed a mixed energy system using solar energy and heating system and gas implemented.

The investigation began with an analysis of solar radiation, relative humidity, atmospheric pressure, ambient temperature and water sector located in Carapungo Paltapamba - Quito, where social ADUTE complex is located. With this information an energy balance was determined to calculate the heat losses in the collector, lost in the pool and useful heat collectors, resulting in the number of collectors required for implementation.

The solar collectors used are the HC-50 Heliocol distributed by the company AquaRenovable, the choice of these panels is based on its mechanical properties, favoring their laden weight so it will not affect the housing where they are located, and its cost is not high, considering that this company provides 10-year warranty and 25-year life of the same.

With the measured data and surveys of users the value of expected comfort reached and calculated with these results the value of project investment will be recovered in the period raised, and thus the Technological University Equinoccial proves to be linked to the care of the environment and helping the country to take a step to the implementation of solar technology.

1. INTRODUCCIÓN

Los pronósticos de distintos análisis especializados indican que el consumo energético en el mundo, en particular la electricidad, continuará incrementándose. El último informe del consejo mundial de Energía estima que el consumo global de electricidad puede llegar a incrementarse aproximadamente un 75 % para el 2020 y triplicarse para el 2050 (Ortega, 2012).

Países en desarrollo como Bangladesh, consumen menos de 100 KWh por año y persona, mientras que en países como Canadá y Suecia se llega hasta 15.000 KWh; por tal motivo la implementación de energías renovables para contrarrestar el consumo de quema de fósiles es una de las principales alternativas que el mundo está poniendo en marcha. Países como España y Francia ponen énfasis a la utilización de la energía solar térmica y fotovoltaica para reemplazar las fuentes no renovables de energía que poseen en la actualidad, dando así un paso firme con las energías renovables.

Ecuador no se queda atrás con la implementación de energías renovables para nuestro consumo eléctrico, en la actualidad el Gobierno Ecuatoriano está fomentando este tipo de energías con el cambio de la matriz energética la cual implica el paso de un patrón de especialización primario exportador y extractivista a uno que privilegie la producción diversificada, ecoeficiente y con mayor valor agregado, así como los servicios basados en la economía del conocimiento y la biodiversidad, principalmente energías renovables, donde la energía solar térmica se utiliza como ayuda y complemento en hogares ecuatorianos para el calentamiento de su agua, ya sea sanitaria o de otro tipo de usos; al igual que calentamiento a nivel industrial.

En la ciudad de Quito la energía solar térmica es una de las aplicaciones prácticas con más futuro dentro del marco urbano para reducir la emisión de gases contaminantes y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles.

El funcionamiento básico de todos los sistemas solares de baja temperatura es simple: se capta la radiación solar y el calor se transfiere a un fluido

portador de calor (agua o aire). Una instalación de energía solar térmica concentra el calor del Sol acumulado en unos paneles denominados colectores y la transmite de un sitio a otro.

Las principales aplicaciones de la energía solar térmica que se están implementando en la ciudad de Quito son:

- Agua caliente sanitaria mediante energía solar térmica
- Calefacción térmica.
- Procesos industriales como: procesos de secado, producción directa de vapor.
- Climatización de piscinas mediante energía solar.

Con los antecedentes mencionados lo que se busca implementar en el complejo social de la ADUTE es un diseño e instalación de un sistema mixto aprovechando la energía solar y el sistema de calentamiento a gas, para el calentamiento del agua de la piscina, para lo cual se va a determinar el valor de confort de los usuarios, analizar las variables que intervienen en el sistema, desarrollar un sistema de control, calcular el número de colectores para el sistema y realizar las pruebas pertinentes.

Con todos los factores analizados se logra determinar el colector adecuado para el sistema, el cual debe presentar características de eficiencia, peso y costo aptos para la superficie donde van a ser implementados, sin verse afectada la estructura que los soporta. Con todo el sistema mixto instalado lo que se busca es reducir el calentamiento a gas como base un 80% en verano y un 50% en invierno del agua de la piscina, así contribuyendo con el medio ambiente y reduciendo gastos de consumo, basado en el análisis realizado en el lugar durante el periodo de enero a agosto del 2015.

En el Ecuador, entre las principal fuente de energía para el calentamiento de piscinas se ha utilizado la quema de hidrocarburos, entre ellos el GLP, contribuyendo con la explotación de combustibles no renovables, que a su vez representan un alto costo económico para su constante abastecimiento,

por tal motivo el gobierno ecuatoriano proporciona nuevas alternativas de energía renovable para sustituir el consumo masivo de GLP.

En base al Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2022, el CONELEC aprueba el cambio de la matriz energética-productiva del país que implica la migración de consumos de GLP y derivados de petróleo hacia hidroelectricidad; con la eliminación del actual subsidio al gas.

La piscina de la ADUTE en la actualidad presenta esta problemática por lo que la implementación de un sistema alternativo de energía renovable vendría a reducir los costos que representa el calentamiento de la piscina.

El volumen de la piscina en el complejo social de la ADUTE es de 227.04 m³, por este motivo se utilizan 5 calefones de 26 litros cada uno de ellos para el calentamiento de la piscina. Se utilizan de igual manera 5 cilindros industriales de gas, que inicia su funcionamiento los días miércoles en la noche hasta el día domingo en la madrugada, con un costo semanal de \$522.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e instalar un sistema de energía mixta aprovechando la energía solar y el sistema de calentamiento a gas, para el calentamiento del agua de la piscina del complejo social de la ADUTE.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar los factores que intervienen en el confort de los visitantes.
- Identificar y analizar las variables que intervienen en un sistema mixto de calentamiento.
- Diseñar el sistema de control.

- Realizar los cálculos pertinentes para conocer el valor del balance energético y así el número de colectores solares necesarios para alcanzar el confort requerido.
- Seleccionar los equipos y establecer los costos de implementación del sistema mixto de calentamiento de la piscina.
- Instalar el sistema y realizar las pruebas de funcionamiento.

Se va a diseñar e instalar un sistema mixto de calentamiento de agua para la piscina del complejo social de la ADUTE, localizado en la ciudad de Quito sector Paltapamba-Carapungo.

El sistema es mixto, puesto que utilizará los dos tipos de calentamiento: gas y energía solar; el mecanismo de calentamiento a gas se encuentra actualmente funcionando en la piscina del complejo social con calefones y se aprovechará la energía renovable solar con un sistema automático de colectores solares.

Con este sistema se busca reducir los altos costos que representa el calentamiento del agua de la piscina del complejo social de la ADUTE, así aprovechando un recurso renovable como lo es la energía solar y ayudando al bienestar común.

La contribución energética de los colectores solares no eliminarán el sistema que actualmente calienta el agua de la piscina (calefones) ya que existen condiciones climáticas que pueden alterar el flujo energía solar como días nublados, lluviosos y por las noches; pero implementando este sistema se obtendrá una contribución del 80%, y la inversión del sistema se recuperará en máximo 15 meses.

La energía solar será la principal fuente de alimentación para el calentamiento del agua de la piscina, por lo que es necesario las dimensiones y el sistema de control adecuado para el manejo del sistema de recirculación y de filtrado.

En la investigación se determinarán la temperatura a la que se encuentra la piscina desde el momento en que es encendido el sistema de calentamiento a gas y solar hasta el momento de que sea apagado, analizando su periodo de funcionamiento.

El sistema de calentamiento mixto constará, adicionalmente de los paneles solares con 2 sensores que van a realizar control automático del sistema, determinando la temperatura a la que se va a encontrar el agua, al momento de su recirculación, ya sea por los paneles solares o por el sistema de calentamiento a gas, al igual se implementará una bomba de recirculación para este proceso, en el actual el cuarto de bombas presenta una bomba de recirculación que será utilizada para el sistema, añadiendo a esta bomba un filtro para proteger a la bomba y limpieza de la piscina y un motor-actuador para el control del flujo del caudal y su dirección, todo será monitoreado desde un tablero de control con su respectivo controlador y un tablero de potencia para protección de bombas.

Basado en la Norma UNE41520 (Una Norma Española), la temperatura a la que se debe mantener una piscina cubierta oscila entre 28°C a 31°C, por lo que la temperatura de la piscina de la ADUTE buscará establecerse en esos rangos (UNE, 2014).

2. MARCO TEÓRICO

La vida en el planeta Tierra gira en torno al sol, una estrella cuyo diámetro es 1'391.000 Km, y su temperatura oscila entre los 4000°C a 6000°C en su superficie, la cual envía energía diariamente, lo que llevo al ser humano a familiarizarse con ella y utilizarla como fuente de energía.

2.1 ENERGIA SOLAR

La energía del sol se desplaza a través del espacio en forma de radiación electromagnética, llegando una parte de esta energía a la atmosfera. De esta energía que llega a la atmosfera, una parte es absorbida por la atmosfera y por el suelo, y otra parte es reflejada directamente al espacio desde el suelo por lo que nuestro planeta recibe un aporte energético continuo de aproximadamente 1.367 W/m^2 . Es por esto que por lo menos de la mitad de la radiación solar llega efectivamente a la superficie terrestre, siendo esta parte la que podemos utilizar con fines energéticos en nuestro planeta (Inst. Tecno. De Canarias, 2008).

La radiación solar tiene su origen en el sol, que es una esfera gaseosa de 1'391.000 Km de diámetro, una de las más de 135.000 millones de estrellas de la Vía Láctea. El sol es un inmenso reactor de fusión termonuclear que quema cada segundo 600.000.000 toneladas de hidrogeno a 20 millones de grados Kelvin.

La radiación que emite tarda algo más de 8 minutos en alcanzar nuestro planeta, a razón de 300.000 Km/s (López, 2006). De la radiación solar solo llega un 51.6% a la superficie de la tierra.

Los restantes 48.4% se les pierde como reflexión (31%) y absorción (17.4%) en la capa de aire (Ortega, 2002).

La tierra gira sobre un eje inclinado 23° respecto al plano de giro alrededor del sol. Esto hace que los rayos del sol lleguen a la superficie con ángulo

diferente según la latitud y la época del año en el que estemos (Criollo y Pogo, 2011).

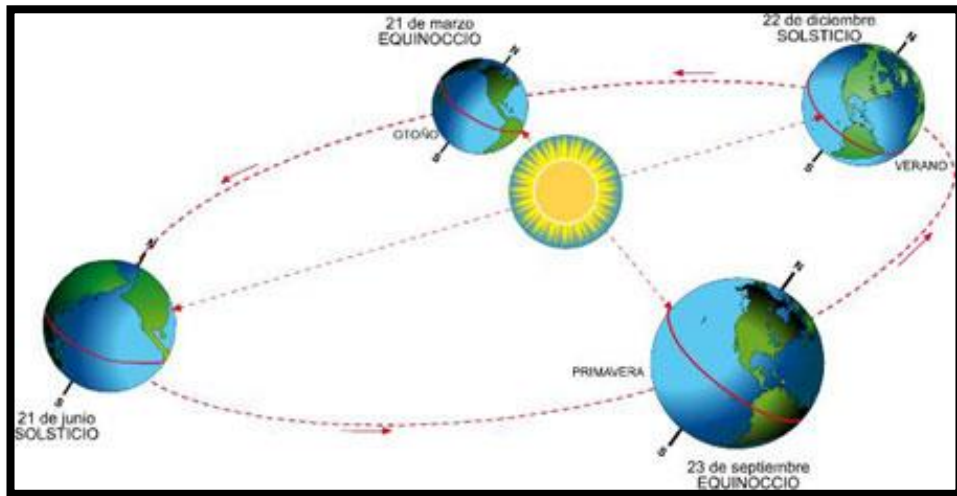


Fig. 2.1 Trayectoria de la Tierra alrededor del Sol
(Ortega, 2002)

La radiación máxima se produce cuando la superficie sobre la que inciden los rayos, es perpendicular a dichos rayos.

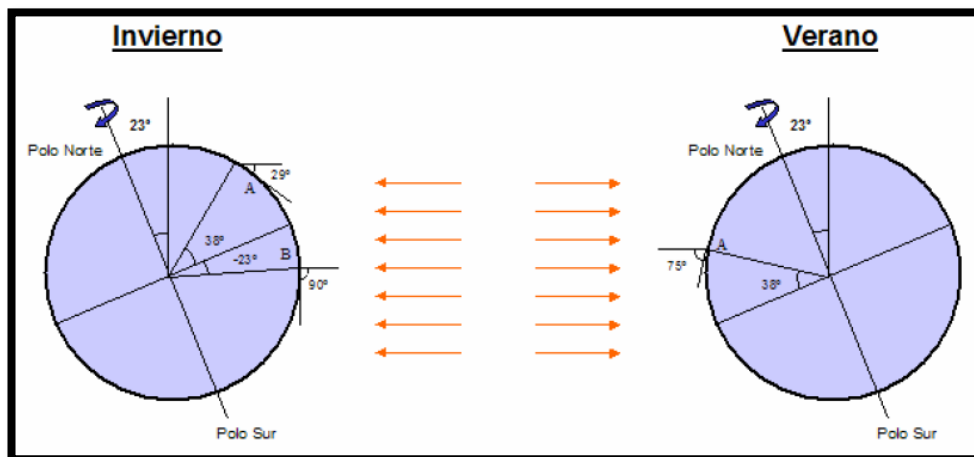


Fig. 2.2 Ángulo de incidencia de los rayos del sol sobre la superficie terrestre
(Ortega, 2002)

El punto A (latitud 38° Norte), en verano al mediodía solar, recibe los rayos con una inclinación de 75° sobre la superficie, y en invierno con una inclinación de 29° .

El punto B (latitud 23° Sur) recibe en invierno los rayos perpendiculares a la superficie (Criollo y Pogo, 2011).

2.1.1. RADIACIÓN SOLAR Y SUS TIPOS

El Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España (2012) encontró lo siguiente:

La radiación es transferencia de energía por ondas electromagnéticas y se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones. Estas ondas no necesitan un medio material para propagarse, pueden atravesar el espacio interplanetario y llegar a la Tierra desde el Sol.

La longitud de onda y la frecuencia de las ondas electromagnéticas, son importantes para determinar su energía, su visibilidad y su poder de penetración. Todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad de 299.792 Km/s.

Estas ondas electromagnéticas pueden tener diferentes longitudes de onda. El conjunto de todas las longitudes de onda se denomina espectro electromagnético. El conjunto de las longitudes de onda emitidas por el Sol se denomina espectro solar.

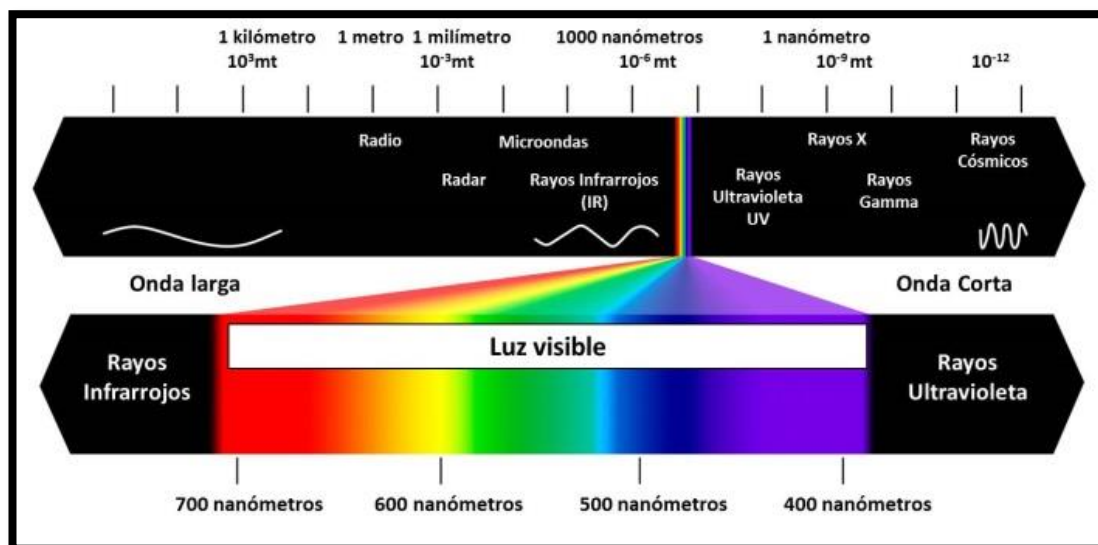


Fig. 2.3 Espectro Electromagnético
(Criollo y Pogo, 2011)

La proporción de la radiación solar en las distintas regiones del espectro es aproximadamente:

- Ultravioleta: 7%
- Luz Visible: 43%
- Infrarrojo: 49%
- El resto: 1%

El Instituto Tecnológico de Canarias (2008) encontró lo siguiente:

- **Radiación Directa:** Es la radiación que nos llega 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.
- **Radiación Difusa:** Es la radiación que nos llega después de haber incidido con cualquier elemento de la atmosfera (polvo, nubes, contaminantes, etc.), por lo que ha cambiado de dirección. Es el tipo de radiación predominante en un día nublado. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la radiación es muy baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor.
- **Radiación Reflejada o Albedo:** Es la radiación reflejada por la superficie terrestre; cobra importancia en las zonas con nieve, con agua (como cerca del mar o de una presa) o cualquier otra zona donde la reflexión sea importante. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie.

- **Radiación global:** Es la suma de la radiación directa y la radiación difusa.

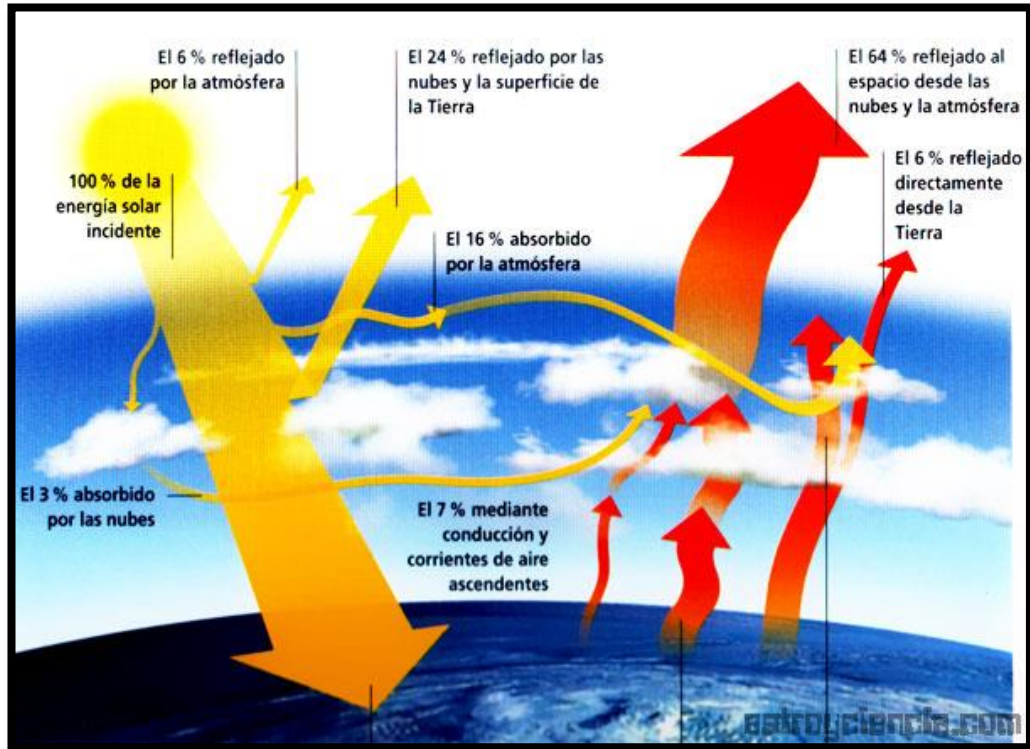


Fig.2.4 Tipos de radiación solar
(Ortega, 2002).

2.1.2. ESTACIONES

El eje perpendicular al eje de rotación de la Tierra está inclinado 23.45° respecto al plano orbital marcado por la línea Terra-Sol, con lo cual el eje que forman el Ecuador terrestre y el plano orbital varía a lo largo del año entre $+23.45^\circ$.

Este ángulo es lo que conocemos como declinación, y da lugar a las distintas estaciones del año, ya que hace que los rayos del Sol incidan con mayor o menor ángulo sobre la superficie terrestre (Puig y Jofra, 2003).

La inclinación de este eje es la que provoca las estaciones, como se muestra en la figura 2.5, se puede apreciar como para un mismo punto situado en el hemisferio norte, por ejemplo un punto correspondiente al Trópico de Cáncer, el 21 de junio la radiación solar incide perpendicularmente sobre la superficie de la tierra, mientras que para el 21 de diciembre incide con un ángulo de 66.5° (Puig y Jofra, 2003).

Esta diferencia de ángulos de incidencia provoca en el hemisferio norte que la radiación solar sobre la superficie de la tierra sea menor en invierno frente al verano, a pesar de estar más cerca el sol de la tierra en invierno (Puig y Jofra, 2003).

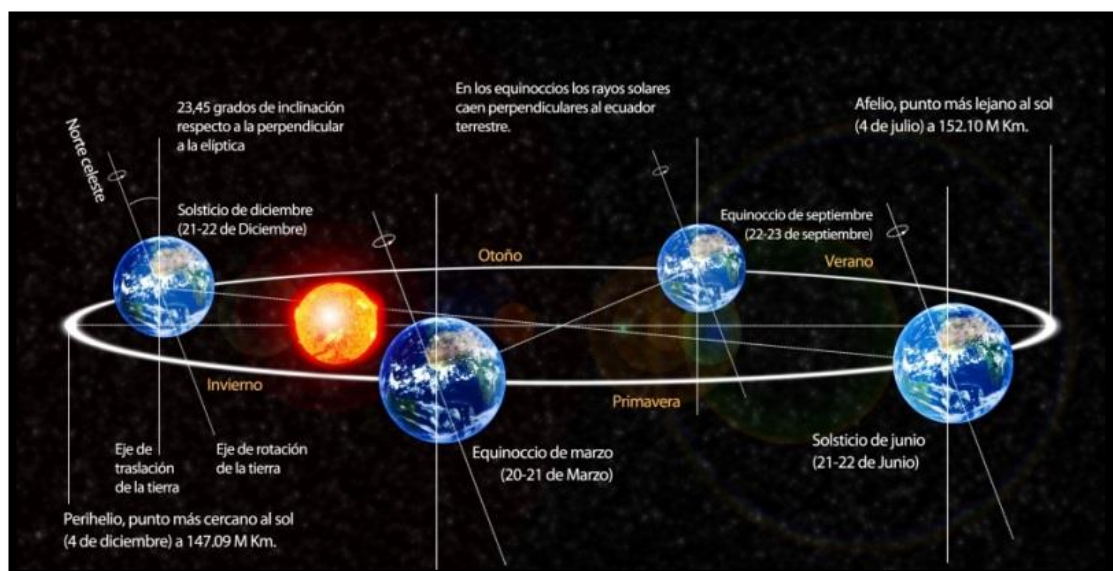


Fig. 2.5 Posición Tierra-Sol en los Equinoccios y Solsticios

(Puig y Jofra, 2003)

La mayor irradiación posible sobre una superficie horizontal, se produce en el verano del hemisferio sur, ya que conjugan:

- El máximo acercamiento de la tierra al sol
- Los ángulos de incidencia son los mayores

Sin embargo la irradiación media anual es menor para el hemisferio sur, debido a que existen valores muy bajos de irradiación en invierno, (al

producirse el máximo alejamiento y ser los ángulos de incidencia menores) (Puig y Jofra, 2003).

En la figura 2.6 se muestra un mapa indicando que la mayoría de Centroamérica tiene un valor de 1950 KWh. Este valor dividido por 365 días nos da un valor promedio de 5.34 KWh diarios. En comparación los países centrales de Europa tiene un valor de 1100 KWh/m² los cuales son un 56% del Sol en Centroamérica.

En el Ecuador se tiene la ventaja de recibir los rayos solares pedicularmente ya que esta localizado en la latitud 0, marcando 12 horas de día y 12 horas de noche, facilitando el uso de energía solar (Ortega, 2002).

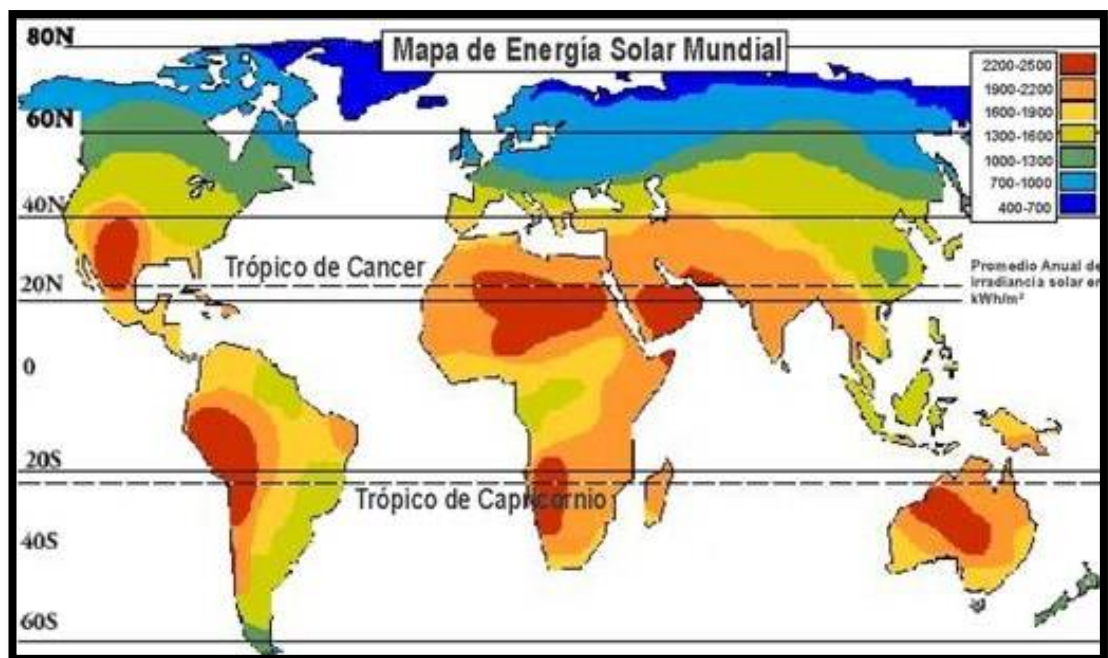


Fig. 2.6 Mapa Mundial de la Radiación Promedio Anual en KWh/m² Área Horizontal

(Puig y Jofra, 2003)

2.1.3. TIPOS DE ENERGÍAS

Energía Solar Fotovoltaica: Se refiere a la electricidad producida por la transformación de una parte de la radiación solar mediante una célula fotoeléctrica. Varias celdas están conectadas entre sí en un módulo solar fotovoltaico y se pueden agrupar varios módulos para formar un sistema solar para uso individual o una planta de energía solar fotovoltaica que

suministra energía a una red de distribución eléctrica, como se muestra en la figura 2.7 (San José, 2009).



Fig. 2.7 Planta de Energía Fotovoltaica en España
(San José, 2009)

Energía Solar Térmica: Consiste en el aprovechamiento de la energía del sol para producir calor que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y a partir de ella, energía eléctrica, como se muestra en la figura 2.8 (San José, 2009).



Fig. 2.8 Sistema de Captación de Energía Solar Térmica (ACS)
(San José, 2009)

2.1.4. LA ENERGIA SOLAR EN EL ECUADOR Y EL MUNDO

A todo nivel geográfico en países desarrollados como en los en vías de desarrollo, se utilizan fuentes alternas de energía y particularmente aplicaciones de la energía solar (Fernández, 2004).

Desde la época de los años 70's, en diferentes latitudes del mundo se empezó a diversificar el uso de la energía solar dentro del contexto energético mundial. Es así como países del primer mundo (Estados Unidos, Alemania, Francia, Canadá, Rusia, China, España, Italia, entre otros) prestan gran atención al uso de la energía solar con fines térmicos y fotovoltaicos e introducen importantes porcentajes de generación energética mediante esta fuente (Fernández, 2004).

La Red Institucional de Energía Global (2009) dio a conocer datos históricos del desarrollo energético de América Latina, estipulando lo siguiente:

La reforma de la estructura del sector energético en América Latina y el Caribe ha tenido características propias y particulares, especialmente con respecto a la rapidez con que se desarrolló.

Todos los países de América Latina y el Caribe realizaron reformas a la estructura del sector energético, principalmente en la década de los años 90, adoptando modelos con una amplia gama de opciones en cuanto se refiere al grado de apertura del mercado y a la participación de las inversiones privadas.

El país pionero de las reformas, Chile en 1982, es el primero en el mundo en desregular el sector eléctrico, fue seguido por un grupo de países entre el 1992 y el 1996 que aprovechan las lecciones aprendidas para implantar otros modelos, entre ellos destaca Argentina con una estructura que aun con la aguda crisis macroeconomía vivida por el país ha logrado mantener su operación. Otro grupo de países realizó reformas hasta el año 2000,

mientras que los países pioneros comenzaron un análisis de la experiencia tendiente a implantar reformas de segunda generación¹. Se destaca Brasil que realiza reformas en 1996 y realiza una segunda reforma profunda durante el 2004, atendiendo las señales de falta de expansión de la generación y procurando incentivar y soportar el desarrollo de su potencial hidroeléctrico.

Con los estudios proporcionados por el CONELEC se estipula:

En el Ecuador se está trabajando en proyectos a fin de, a futuro, poder sustituir la explotación de los recursos fósiles, que no solo afectan a la economía de nuestro país sino por las repercusiones ambientales que están produciendo. La secretaria de energía renovable y eficiencia energética (INER), de Ecuador, tiene como uno de sus proyectos “el aprovechamiento de energía solar térmica para calentamiento del agua”. En la figura 2.9 se detalla el atlas solar del Ecuador para la gestión de proyectos de energía solar.

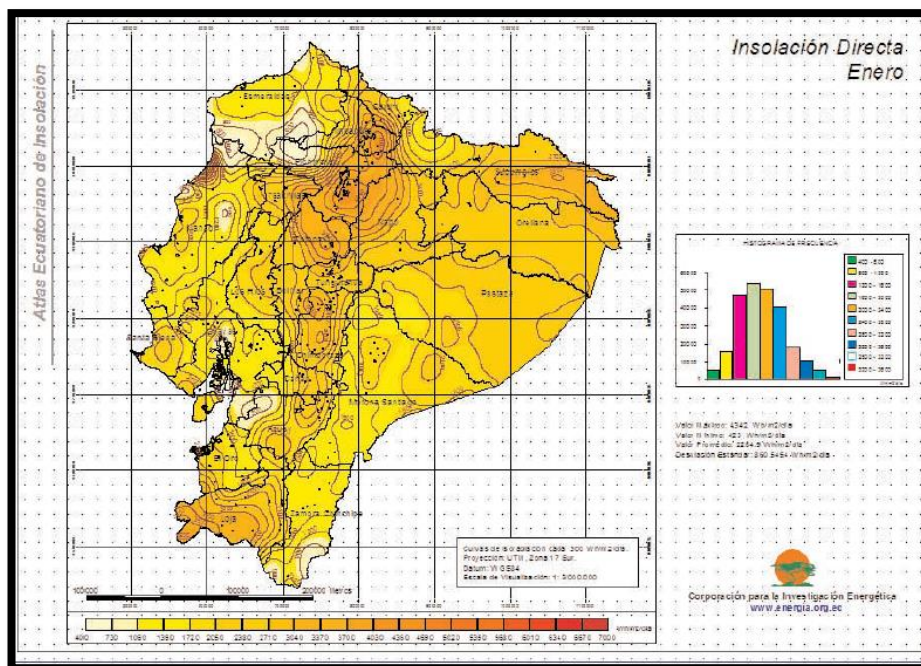


Fig. 2.9 Mapa solar del Ecuador
(CONELEC, 2008)

¹ Reformas de segunda generación: Ajustes derivados de la experiencia con la reestructuración del sector.

El objetivo principal del proyecto es la disminución de los egresos que destina el Estado para la comercialización interna de combustibles a partir del aprovechamiento de energía solar térmica para el calentamiento de agua en el sector residencial.

El MEER (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables) con este proyecto espera tener resultados como el de promover las políticas que permitan desarrollar la oferta y demanda de calentadores solares de agua, la sustitución de 20 mil calefones anuales.

Establecer la normativa que permita asegurar que los nuevos proyectos habitacionales cuenten con las facilidades para instalación de colectores solares que cubran el 100% de su demanda energética para calentamiento de agua en Industrias, Hoteles y principalmente en residencias.

La Corporación para el Desarrollo Sostenible (CODESO) en su página web nos pone a disposición datos muy importantes sobre “Agua Caliente con Energía Solar”, con el objetivo de incentivar a las personas al uso de este tipo de tecnologías, solventado las dudas que comúnmente se tiene al momento de adquirir estos equipos, sobre todo por su precio que en primera instancia resulta elevado.

En algunas ciudades del Ecuador ya se están utilizando colectores solares, un ejemplo de esto es la hostería Iruñi en la playa Mompiche (provincia de Esmeraldas), como se observa en la figura 2.10, donde se cuenta con este tipo de equipos para el abastecimiento de agua caliente para sus cabañas.



Fig.2.10 Cabañas de Iruñi
(MEER, 2009)

También se hacen esfuerzos por investigar, adaptar y desarrollar fuentes alternativas de energía, particularmente en el calentamiento de agua de uso doméstico, mediante esfuerzos aislados de profesionales, centros de investigación y desarrollo de energías renovables, las Escuelas Politécnicas y Universidades del País, desarrollan estudios variados relacionados con:

- Determinación del potencial solar en diferentes latitudes.
- Diseño de prototipos de colectores solares para calentamiento de agua de uso doméstico.
- Diseño y construcción de equipos solares.
- Funcionamiento de colectores solares planos para calentamiento de agua.
- Estudio sobre materiales para colectores solares planos.
- Instalaciones domesticas a baja escala.
- Comercialización de equipos de calentamiento de agua.
- Escalamiento de equipos solares.

Las Instituciones que han efectuado trabajos importantes en este aspecto son:

- Escuelas Politécnicas (EPN, ESPOL, ESPOCH, ESPE).
- Centros de Investigación y Desarrollo de Tecnologías: Ex INE (Instituto Nacional de Energía), Ex CIEA (Centro de Investigación de Energía Alternativa).
- Federación Ecuatoriana de Tecnología Apropiada (FEDETA).
- Empresas privadas (SOLARTEC, Instal cobre).
- Otros

En la actualidad el Gobierno Ecuatoriano está creando el Centro de Investigación Yachay, el cual ha planteado Retos para este año 2014, en su mayoría de energías renovables, tales como:

- **Ecoluminos:** Tiene el objetivo de promover el desarrollo y aplicación de soluciones que usen energías alternativas en sustitución de fuentes de energía no renovables.
- **Contro-lec:** Apunta al control de consumo de energía eléctrica en edificios a través de la medición en áreas y equipos conectados a la toma existente.

Son los concursos que incentivan a todo el país a desarrollarlos pensando en un futuro utilizando energías alternativas.

Instituciones y empresas que han desarrollado modelos, prototipos y equipos de calentamiento de agua con energía solar, de variada condición tecnológica, costos y eficiencias, que han sido introducidos al medio con muchos inconvenientes, particularmente por la idiosincrasia de la gente, que procura servicios inmediatistas como el uso del agua caliente mediante electricidad y GLP (Gas Licuado de Petróleo), que es aparentemente más barato y de uso inmediato (Fernández, 2004).

2.1.5. ENERGIA SOLAR TERMICA

La energía solar térmica tiene aplicaciones de baja, media y alta temperatura; haciendo enfoque en las de baja temperatura.

Los colectores solares térmicos son equipos capaces de captar la radiación solar y transmitírsela a un fluido, para su posterior aprovechamiento. El uso de calentadores solares ayuda a conservar el medio ambiente. Si bien existen diferentes tipos de calentadores solares, todos se basan en el mismo principio básico de operación: un cuerpo oscuro que absorbe la luz solar y pasa el calor absorbido a un líquido (en un tanque de almacenamiento).

La instalación más común de estos calentadores se representa en la figura 2.11, es la instalación solar térmica para el calentamiento de aguas sanitarias, por circulación forzada.

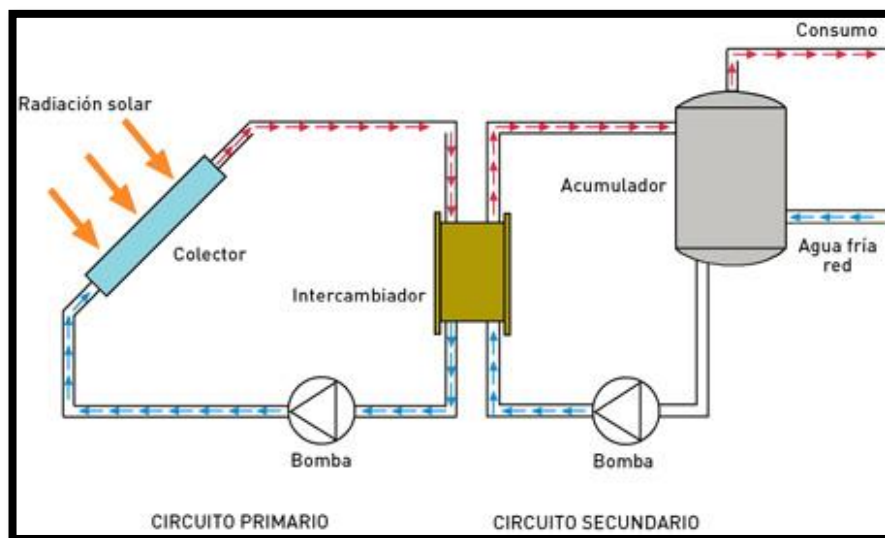


Fig. 2.11 Esquema de una Instalación Solar Térmica
(Castillo e Hincapié, 2012)

Un calentador solar puede emplearse para proveer de agua caliente a un hogar; también se puede utilizar para climatización de piscinas, aplicaciones industriales (procesamiento de agua), para calefacción en lugares de clima frío, aplicando el sistema de circulación natural (Castillo e Hincapié, 2012).

2.1.5.1. Elementos de calentamiento de agua de una piscina

- **Orientación del tejado:** El lugar ideal para la ubicación de los colectores donde sus caras se instalarán un tejado inclinado orientado hacia el Sur o Norte respectivamente para obtener un margen alto de funcionamiento, aunque la radiación en Quito por estar localizado en latitud es 0 es

perpendicular, este no afecta la posición e inclinación de los colectores solares, puesto que en estas posiciones se aprovecha el ciclo solar en su gran apogeo. La siguiente orientación, de menor rendimiento, sería hacia el oeste y finalmente hacia el este (con menor rendimiento aún que la anterior). Se debe asegurar de que el lugar elegido no esté a la sombra de árboles u otras estructuras. La efectividad de un sistema solar depende directamente de la cantidad de luz solar que reciban los colectores. La inclinación debe estar distribuida entre los 5° y 10°, esto para que se vea beneficiado el caudal a ser calentado, a fin de que haya un drenaje apropiado.

- **Número de colectores:** El número de colectores se los determina utilizando el Balance Energético generado en la piscina con las características de los paneles, y calculando las pérdidas de calor y variación de temperatura en la piscina.
- **Configuración de los colectores:** Existen diferentes formas de ubicación. La más común es la disposición en fila. Se recomiendan filas de diez elementos o de ocho. El número de colectores puede aumentarse por encima de los ocho o diez recomendados siempre que el flujo de agua garantice la presión de retorno del sistema, es decir, cuando todos los colectores instalados tengan asegurados el caudal y presión requeridos. Sobrepasando este número de colectores, deberá adoptarse la disposición en doble fila o bien, la disposición por alimentación al centro de la fila o alimentación compartida. Asimismo, cuando la superficie del tejado resulte limitada para la disposición en fila o en tejados a distinto nivel, habrá que considerar la instalación de doble fila.
- **Potencia de la bomba:** La potencia de la bomba instalada en la caseta de depuración (sistema de filtración) deberá suministrar al sistema solar la cantidad de agua necesaria para el llenado de los colectores a instalar.
- **Tuberías y accesorios de PVC:** Las tuberías deberán tener el diámetro suficiente de forma que no se produzcan pérdidas de carga que incidan

negativamente en el caudal que llega a los colectores. Como recomendación:

Tabla 2.1 Dimensión de la tubería por caudal

CAUDAL DE AGUA	MINIMO DE LA TUBERIA [PULG]
Hasta 170 l/min.	1 ½"
Desde 175 a 305 l/min.	2"

(Madrid, 2009)

La longitud de las tuberías deberá ser lo más corta posible para reducir el mínimo las pérdidas de calor en el “retorno del agua caliente”.

Las tuberías que se monten en el tejado (disposición horizontal) irán sujetas con abrazaderas (cada 1,5 – 2 metros), dejando una holgura de unos 5-6mm. Entre el radio de la tubería y el radio de la abrazadera (10 – 12mm. en total). Con ello, las tuberías permanecerán rectas, sin arquearse con las dilataciones y contracciones que tengan lugar por los cambios de temperatura.

En tuberías verticales las abrazaderas se dejarán sin holgura para evitar vibraciones.

- **Drenaje – vaciado automático:** El sistema (colectores, tuberías y accesorios) ha de instalarse de forma que pueda vaciarse sin necesidad de que esté en funcionamiento la bomba, en especial en lugares donde existan riesgos de congelación (Madrid, 2009).

2.1.5.2. Normalización de colectores solares NORMA INEN

Basado en la Norma NTE INEN 2 507:2009 (Instituto Ecuatoriano de Normalización), se estipula lo siguiente:

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

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

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

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

La transferencia de energía entre cada uno de los elementos del sistema de calentamiento solar de agua es asegurada por los circuitos primario y secundario.

Circuito Primario: Transferencia de energía captada en los colectores para su almacenamiento.

La transferencia de calor a través del fluido de transporte, desde los colectores hasta el depósito de almacenamiento puede hacerse por:

a) Circulación natural o termosifón.

b) Circulación forzada.

La transferencia de calor entre el sistema de captación y el sistema de almacenamiento puede realizarse de las siguientes formas:

a) Transferencia directa: El agua de la red es calentada directamente en el colector.

b) Transferencia indirecta: Se utiliza un intercambiador que separa el agua que se calienta en el colector de aquella que proviene de la red. Esta alternativa es recomendable para casos en los que:

b.1) Hay riesgo de congelamiento de agua en los colectores y tenga que usarse aditivos anticongelantes.

b.2) El agua sea excesivamente dura y las deposiciones calcares obstruyan el paso del agua.

b.3) Haya riesgo de corrosión por contacto del agua con las tuberías.

b.4) El límite de la presión aplicable al sistema de captación sea inferior a la presión nominal de la red.

c) Los intercambiadores pueden ser colocados en el circuito entre los colectores y el depósito.

d) Los intercambiadores internos pueden ser de dos tipos: serpentín sumergido en el depósito o de chaqueta.

Circuito Secundario: Suministro a la red de distribución.

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

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

Sistema auxiliar de apoyo en paralelo: En el caso de sistemas domésticos con el apoyo en paralelo, el uso del apoyo debe ser decidido por el usuario

siempre que este verifique que no existe agua caliente almacenada en el sistema solar.

Requisitos Específicos:

Ensayo de presión estática inicial: El colector solar debe ser sometido a ensayos de presión estática previas a su exposición a la radiación solar, con el objeto de verificar su resistencia y capacidad de soportar las presiones a las que será sometido. Los resultados del ensayo son:

- a) Cero fugas de agua.
- b) No debe existir caída de presión.
- c) No debe existir deterioro o deformación severa.

Ensayo de exposición a la radiación solar. Con objeto de verificar la integridad del colector solar, éste debe ser expuesto por lo menos durante 30 días a una radiación solar incidente de 29,0 MJ/m², medida en el plano de su área de apertura. Durante la ensayo, el colector solar no debe sufrir ningún tipo de daño o degradación de sus componentes.

Ensayo de choque térmico con rocío de agua. Para verificar la resistencia de un colector solar plano a condiciones reales donde, después de estar expuesto por un largo período de tiempo a la radiación solar y recibir en algún momento precipitación pluvial, éste no debe:

- a) Existir penetración de humedad al interior del colector solar.
- b) Existir deformación que provoque un mal funcionamiento.

Ensayo de presión estática final. Luego de la ensayo de exposición a la radiación solar, se debe someter al colector solar a una nueva ensayo de presión estática.

2.1.6. TIPOS DE COLECTORES SOLARES

- **Colector solar de placa plana**

En general este tipo de colector actúa como un receptor que recoge la energía procedente del sol y calienta una placa. La energía almacenada en la placa es transferida al fluido.

Usualmente el diseño de este tipo de colector posee una cubierta transparente de vidrio o plástico que aprovecha el efecto invernadero, formado por una serie de tubos de cobre, los cuales se encuentran expuestos al sol y absorben la radiación solar y se le transmiten al fluido que atraviesa su interior. Su principal aplicación es la obtención de agua caliente sanitaria, climatización de piscinas y calefacción como se demuestra en la figura 2.12 (Meinel, 2005).

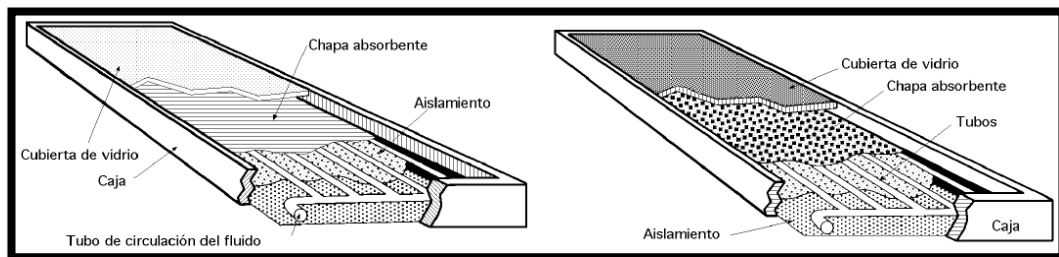


Fig. 2.12 Componentes colector de placa plana

(Meinel, 2005)

Mediante un balance energético se puede hallar la distribución de la energía solar incidente sobre un colector de placa plana, su transformación en energía útil y las pérdidas térmicas.

Con la información obtenida en la página web Mapas del mundo se analizan los siguientes datos de Ecuador:

Los colectores de placa plana se han usado de forma eficaz para calentar agua y para calefacción. Los sistemas típicos para casas emplean colectores

fijos, montados sobre el tejado. En el hemisferio norte se orientan hacia el sur y en el hemisferio sur hacia el norte. El ángulo de inclinación óptimo para montar los colectores depende de la latitud.

Ecuador se coloca directamente sobre la Línea Equinoccial, pero incluso entonces ocupa las posiciones de latitud y longitud del 2° S y $77^{\circ} 30' \text{ W}$.

La longitud y latitud de la capital de Ecuador, Quito, es $0^{\circ} 15' \text{ S}$ y $78^{\circ} 35' \text{ W}$ como se analiza en la figura 2.13.



Fig. 2.13 Mapa del Ecuador Latitud y Longitud
(Mapas del Mundo, 2009)

En el Ecuador la inclinación del captador no será mayor a diez grados ya que el sol en estas latitudes está casi perpendicular como se presenta en la figura 2.14 (Ordoñez, 2001).

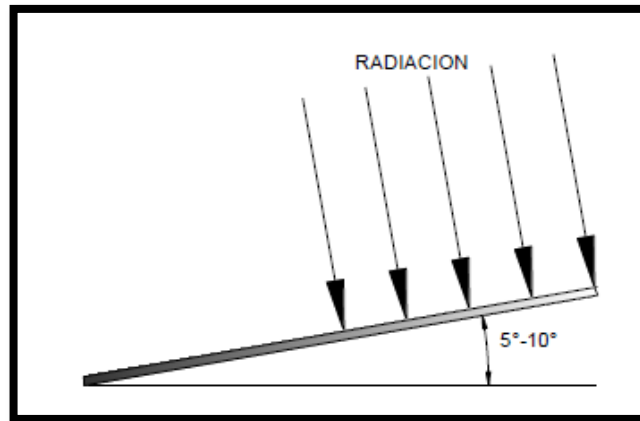


Fig. 2.14 Inclinação ideal del colector solar
(Ordoñez, 2001)

- **Colectores de aire**

Son colectores de tipo plano cuya principal característica es tener como fluido caloportador el aire. No tienen una temperatura máxima límite (los procesos convectivos tienen una menor influencia en el aire) y trabajan mejor en condiciones de circulación normal, pero en contraposición poseen una baja capacidad calorífica y el proceso de transferencia de calor entre placa y el fluido es bajo. Su aplicación principal es la calefacción, como se muestra en la figura 2.15 (Castillo e Hincapié, 2012).

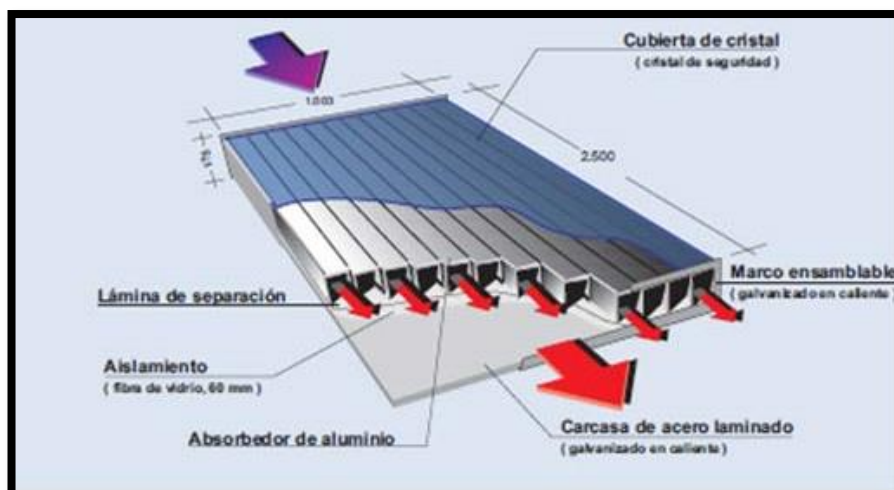


Fig. 2.15 Características de un colector de aire
(Castillo e Hincapié, 2012)

- **Colectores de vacío**

Se encuentran diseñados con una doble cubierta envolvente, herméticamente cerrada, aislada del interior y del exterior, y en la cual se ha hecho el vacío, con la finalidad de reducir las pérdidas por convección. Su aplicación principal es la obtención de agua caliente sanitaria y climatización de piscinas, como se muestra en la figura 2.16 (Castillo e Hincapié, 2012).



Fig. 2.16 Colector de vacío
(Castillo e Hincapié, 2012)

- **Tubos de calor**

Poseen una simetría cilíndrica y están formados por una serie de pares de tubos concéntricos; uno exterior de vidrio y uno interior pintado de negro por el cual circula el fluido. principal aplicación es la calefacción, como se muestra en la figura 2.17 (Castillo e Hincapié, 2012).

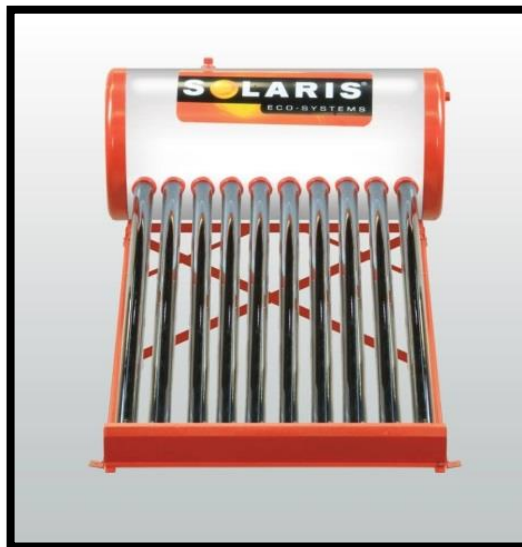


Fig. 2.17 Tubos de Calor
(Castillo e Hincapié, 2012)

- **Colectores cónicos o esféricos**

Su principal características es que está constituida por una unidad de captación y de almacenamiento. Su superficie de captación es cónica o esférica con una cubierta de vidrio de la misma geometría. Con esta geometría se consigue que la superficie iluminada a lo largo del día, en ausencia de sombra, sea constante. Su instalación es sencilla, pero presentan problemas de estratificación del agua² y la superficie útil de captación es pequeña. Su aplicación principal es la obtención de ACS, como se muestra en la figura 2.18 (Castillo e Hincapié, 2012).



Fig. 2.18 Colectores Esféricos

(Castillo e Hincapié, 2012)

2.1.6.1. CONCENTRADORES

Se basan en métodos de concentración de la óptica, son capaces de elevar la temperatura de fluido a más de 70°C. Estos se aplican en la energía solar térmica de media y alta temperatura. Se puede encontrar ejemplo de aplicaciones en Centrales Solares Térmicas como las de Alemania, España, Francia entre otras.

² **Estratificación del Agua:** Se refiere a las diferentes capas (estratos) de diferentes temperaturas que se producen en los depósitos debido a que el peso específico de cualquier fluido varía con su temperatura.

Son dispositivos que reflejan y concentran la energía solar incidente sobre una zona receptora pequeña. Como resultado de esta concentración, la intensidad de la energía solar se incrementa y las temperaturas del receptor. La principal complicación que presentan es la necesidad de un sistema de seguimiento para conseguir que el colector este permanentemente orientado en dirección del sol (San José, 2009).

- **Concentradores cilíndricos**

La superficie reflectora es la mitad de un cilindro. Su aplicación principal es la producción de vapor en una central térmica, como se muestra en la figura 2.19 (San José, 2009).



Fig. 2.19 Colectores Cilíndricos
(San José, 2009)

- **Concentradores paraboloídes**

La superficie reflectora presenta una geometría de paraboloide de revolución. Su aplicación principal es la producción de vapor en una central térmica, como se muestra en la figura 2.20 (San José, 2009)

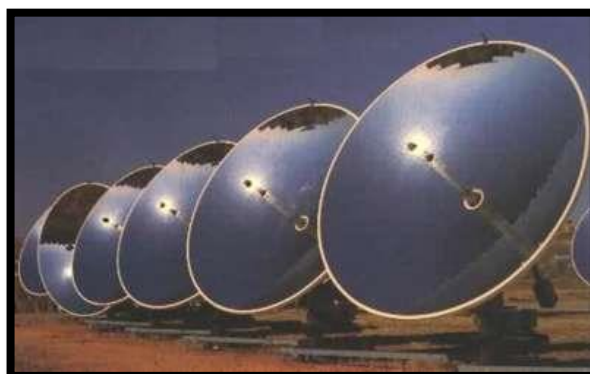


Fig. 2.20 Concentradores Paraboloídes
(San José, 2009)

- **Colectores cilindro-parabólicos (CCP)**

Los colectores cilindro-parabólicos son, como su mismo nombre indica, cilindros con forma de parábola y con un tubo absorbedor en su foco, por el que fluye el líquido captador de radiación. Este tipo de tubos absorbedores tienen un recubrimiento de pintura negra para absorber la mayor cantidad de radiación posible, lo que reduce la reflexión. También disponen de un tubo transparente que envuelve el conducto por el que fluyen los aceites, con el fin de minimizar las pérdidas de energía por convección con el aire.

Los CCP solo siguen un eje polar del sol. Los aceites que se emplean en este tipo de plantas limitan las temperaturas máximas alcanzables porque no pueden superar los 400°C, ya que a mayores temperaturas perderían sus propiedades. Estos aceites, después de haber sido calentados, se trasladan a intercambiadores térmicos, cuando se requiere producir vapor directamente, como se muestra en la figura 2.21 (San José, 2009).



Fig. 2.21 Concentradores Cilindro-Parabólicos
(San José, 2009)

2.1.7. TIPOS DE SISTEMA ENERGIA SOLAR TERMICA

Existen dos tipos de sistemas que gobiernan el funcionamiento de la Energía Solar Térmica:

2.1.7.1. Sistema de circulación natural

Los sistemas de circulación natural son muy sencillos, requieren poca manutención y se pueden construir utilizando cualquier modelo de panel solar.

Todos los sistemas de circulación natural se basan en el principio por el que el fluido del circuito primario, calentado por el sol, disminuye su densidad, se vuelve más ligero y asciende, provocando un movimiento natural del fluido mismo.

En los sistemas de circulación natural el depósito de acumulación del agua tiene que estar siempre colocado más arriba del panel y a poca distancia del mismo, aunque también existen sistemas de circulación natural con el depósito colocado detrás del panel. Asimismo, las tuberías de enlace entre el panel y el depósito tienen que mantener la misma inclinación, como se lo demuestra en la figura 2.22.

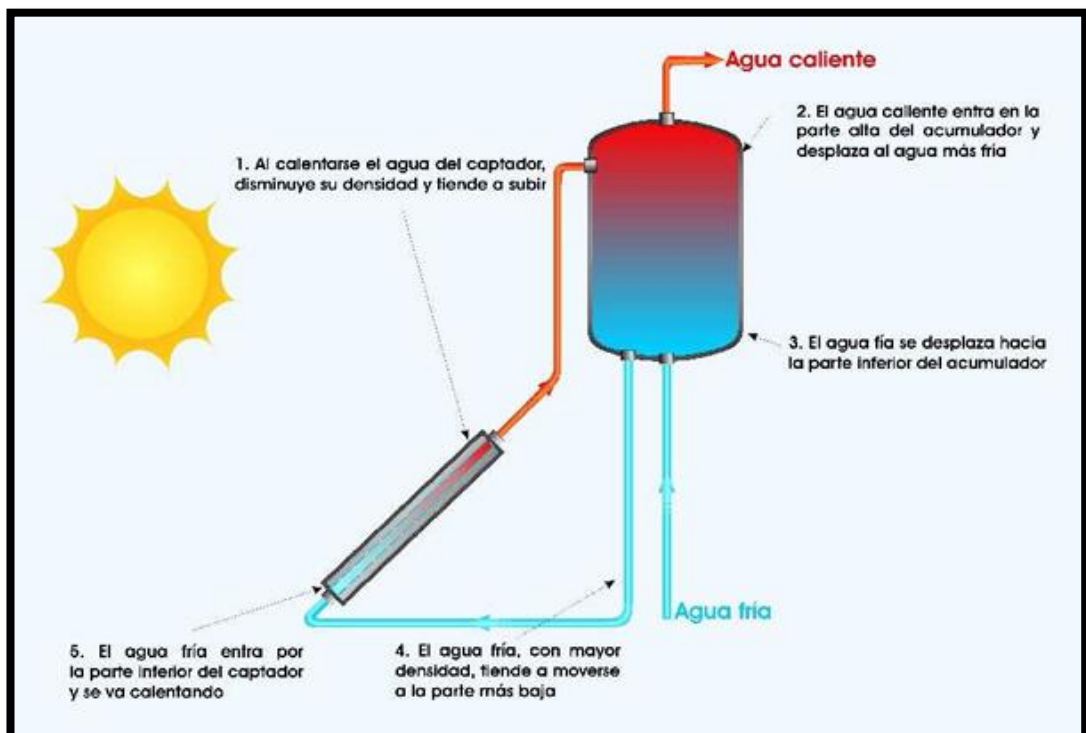


Fig. 2.22 Sistema de Circulación Natural

(Aven, 2008)

La fuerza impulsora del movimiento en las instalaciones por termosifón³ es pequeña y, por lo tanto, se debe prestar especial atención al diseño y montaje de la instalación para favorecer siempre el movimiento del fluido.

La regulación por termosifón es muy simple, si bien no hay posibilidad de limitar la temperatura máxima del acumulador solar que, en verano y épocas de escaso consumo, puede llegar a alcanzar valores que supongan un riesgo para la durabilidad de la instalación y en algunos casos incluso para las personas.

Entre las instalaciones de circulación natural se puede hacer otra distinción más entre sistemas de intercambio directo y sistemas de intercambio indirecto:

El principio de funcionamiento en ambos casos se puede resumir como se expone a continuación: cuando el agua o el fluido portador de calor se calienta en el colector solar, disminuye su densidad.

Por ello, se vuelve más ligero y tiende a subir, mientras que el agua fría baja para ocupar el lugar dejado libre por el agua caliente. De esta forma, no son posibles circulaciones invertidas ya que el calor se queda cada vez más arriba o directo.

A la luz de este principio físico (ya ampliamente utilizado en los termosifones de circulación natural), es fácil entender el funcionamiento de un sistema solar de circulación natural (Aven, 2008).

2.1.7.2. SISTEMA DE CIRCULACIÓN FORZADA

El principio de funcionamiento de un sistema de circulación forzada se distingue del de circulación natural porque el fluido, contenido en el colector

³ **Termosifón:** Efecto térmico que se produce en los fluidos cuando se calientan. Las sustancias, al calentarse se dilatan y entonces disminuye su densidad.

solar, fluye en el circuito cerrado por efecto del empuje de una bomba comandada por una centralita o termostato que se activa, a su vez, por sondas colocadas en el colector y en el depósito, como se distingue en la figura 2.23 (Aven, 2008).

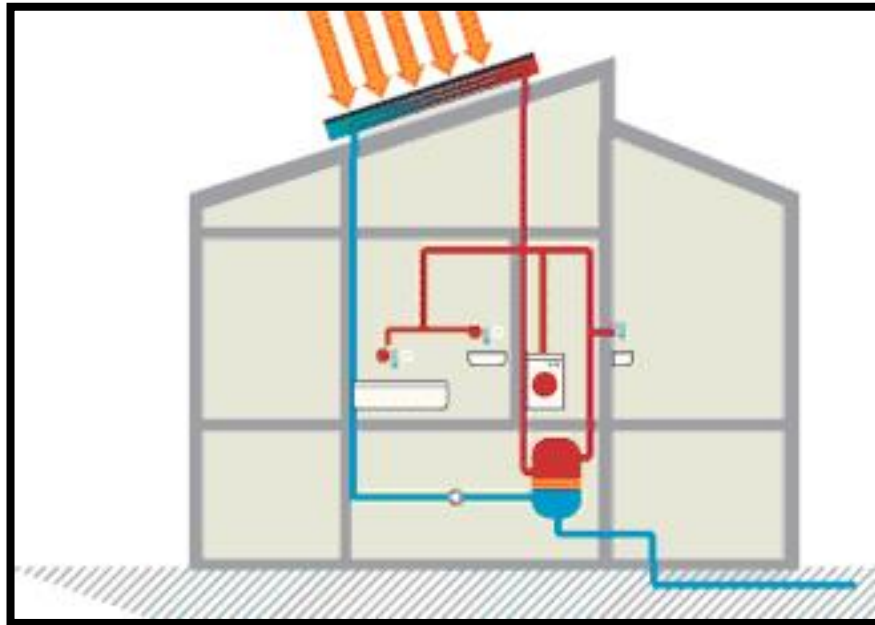


Fig. 2.23 Funcionamiento Sistema de Circulación Forzada
(Aven, 2008)

2.1.8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Ventajas (Bio Energy Solar, 2014):

- Los paneles solares producen una energía renovable y ecológica.
- La inversión inicial se amortiza en cuestión de escasos años y tendrá energía térmica gratuita.
- Es un abastecimiento de energía renovable constante para su hogar o negocio.
- No contamina.
- Permite un mayor ahorro tanto en agua como electricidad.
- No disminuye ni utiliza la calidad del aire o de los suelos en donde se encuentre disponible.
- Genera un aumento en el mercado del valor de la vivienda debido a su practicidad.

- Es un sistema de fácil instalación e integración en la vivienda y apenas necesita mantenimiento.

Desventajas (Bio Energy Solar, 2014):

- El elevado costo de implementación, puesto que los colectores solares son importados.
- Para implementar un sistema completo con colectores solares, muchas de las veces se debe agregar bombas, motores entre otros para hacer circular el agua.
- Los lugares donde hay mayor radiación, son lugares desérticos y alejados, (energía que no se aprovechara para desarrollar actividad agrícola o industrial, etc.).

2.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO.

El complejo Social de la ADUTE, como se muestra en la figura 2.24 se encuentra ubicado en la parroquia de Calderón, en el barrio Paltapamba.

Esta se encuentra ubicada al Noreste del Distrito Metropolitano de San Francisco de Quito, tiene una alta densidad poblacional, ya que es uno de los polos de desarrollo; donde puede crecer y expandirse la Ciudad Capital del Ecuador, tiene una altura de 2.696 metros s.n.m. con un clima templado en día; mientras las noches son frías.



Fig. 2.24 Ubicación Geográfica
(GoogleMaps, 2014)

Las coordenadas de la parroquia de Calderón son 0° 5' 50" S, 78° 25' 21" W. Limita al norte con la parroquia de Guayllabamba, al sur con la de Llano Chico, al este con la de Puembo, y al oeste con las de Pomasiqui y San Antonio. Posee un área de 7.890 hectáreas y alcanza una altura máxima de 2.659 metros y la población es de 85.000 habitantes (Distrito Metropolitano de Quito, 2014).

2.2.1. CLIMA

Con la información proporcionada por Climate-Data.org se analizó:

El clima es templado y cálido en Calderón. La temperatura media anual se encuentra a 15.0 °C. La precipitación es de 767 mm al año, el mes más seco es julio, con 10 mm. 118 mm, mientras que la caída media en abril. El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año.

El mes más caluroso del año con un promedio de 15.2 °C de agosto. El mes más frío del año es de 14.7 °C en el medio de noviembre, como se muestra en la figura 2.25.

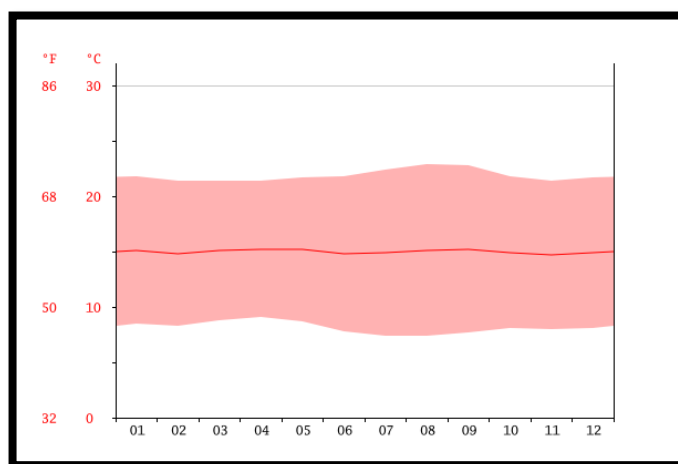


Fig. 2.25 Diagrama de Temperatura de Calderón año 2013
(Climate-Data.org, 2013)

La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 108 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 0.5 °C como se detalla en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Tabla Climática de Calderón año 2013

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	64	83	113	118	79	30	10	17	47	81	69	56
°C	15.1	14.8	15.1	15.2	15.2	14.8	14.9	15.1	15.2	14.9	14.7	14.9
°C (min)	8.5	8.3	8.8	9.1	8.7	7.8	7.4	7.4	7.7	8.1	8.0	8.1
°C (max)	21.8	21.4	21.4	21.4	21.7	21.8	22.4	22.9	22.8	21.8	21.4	21.7
°F	59.2	58.6	59.2	59.4	59.4	58.6	58.8	59.2	59.4	58.8	58.5	58.8
°F (min)	47.3	46.9	47.8	48.4	47.7	46.0	45.3	45.3	45.9	46.6	46.4	46.6
°F (max)	71.2	70.5	70.5	70.5	71.1	71.2	72.3	73.2	73.0	71.2	70.5	71.1

(Climate-Data.org, 2013)

2.2.2. PISCINA DEL COMPLEJO DE LA ADUTE

El volumen de la piscina en el complejo social de la ADUTE es de 227.04 m³, como se muestra en la figura 2.26, por este motivo se utilizan 5 calefones de 20 litros cada uno de ellos para el calentamiento de la piscina, como se muestra en la figura 2.27. Se utilizan de igual manera 5 cilindros industriales de gas para su calentamiento en la actualidad generando los valores de temperatura detallados en la tabla 2.2; datos medidos desde el día miércoles 30 de julio del 2014 a las 19:23 hasta el día domingo 03 de agosto del 2014 a las 19:24, periodo en el cual empieza el sistema de calentamiento de la piscina.



Fig. 2.26 Piscina ADUTE



Fig. 2.27 Calefón

Tabla 2.3 Medición de temperatura

TEMPERATURA [°C]	DIA	HORA
29.8	Miércoles 30/julio/2014	19:23
32.2	Jueves 31/julio/2014	10:38
32.7	Jueves 31/julio/2014	15:11
33.7	Jueves 31/julio/2014	20:07
33.4	Viernes 01/agosto/2014	08:50
33.8	Viernes 01/agosto/2014	13:01
33.7	Viernes 01/agosto/2014	19:47
33.5	Sábado 02/agosto/2014	08:51
31.2	Sábado 02/agosto/2014	15:21
32.3	Sábado 02/agosto/2014	19:41
33.2	Domingo 03/agosto/2014	08:46
31.5	Domingo 03/agosto/2014	12:37
33.1	Domingo 03/agosto/2014	19:24

La temperatura del día miércoles equivale a 29.8°C, que es la inicial de la piscina antes de encender los calefones, y la temperatura inicial del día

sábado equivale a 33.5°C es la previa a la apertura del complejo, asumiendo que es la temperatura confort para los visitantes.

2.2.2.1. Dimensiones de la tubería de la piscina del complejo

La piscina del complejo se encuentra en constante funcionamiento, alimentado en la actualidad por 5 calefones para su calentamiento, y 2 bombas que permiten la entrada y salida de agua de la piscina para su recirculación, estas líneas de tubería serán útiles al momento de colocar la tubería que conecta a la piscina con los paneles solares, como se muestra en la figura 2.28 y figura 2.29.



Fig. 2.28 Cuarto de bombas



Fig. 2.29 Calefones en funcionamiento

Existen 2 bombas que se encargan de la recirculación del agua, pero su funcionamiento es alternado, aquí las descripciones de las bombas:

- **Pinnacle pfii p1 2**

Cuenta con una carcasa fuerte, resistente a la corrosión, como se muestra en la figura 2.30 (Pool Plaza, 2014).

Las características de esta bomba son:

- **Voltaje Alimentación (V) = 115/230 [V]**
- **Potencia (P) = 2 [Hp]**
- **Caudal (Q) = 27 $\left[\frac{m^3}{h}\right]$**
- **Frecuencia (f) = 50 [Hz]**



Fig. 2.30 Bomba Pinnacle PFI1 P1 2

(Pool Plaza, 2014)

- **Astralpool 04011406**

Bomba autoaspirante de alto rendimiento, como se muestra en la figura 2.31 (Astralpool, 2012).

Las características de la bomba son:

- **Voltaje Alimentación (V) = 230 [V]**

- **Potencia (P)** = 3 [Hp]
- **Caudal (Q)** = $25.8 \left[\frac{m^3}{h} \right]$
- **Frecuencia (f)** = 60 [Hz]



Fig.2.31 Bomba Astralpool 04011406
(Astralpool, 2012)

En el siguiente esquema, como se muestra en la figura 2.32 se detalla la conexión que existe para la recirculación del agua de la piscina, el diámetro de toda la tubería es de 2 [pulg], el diámetro del tubo de cobre que conecta a los calefones con la tubería central es de $\frac{1}{4}$ [pulg] y donde B1 representa a la bomba Astralpool 04011406 y B2 representa a la bomba Pinnacle PFII P1 2.

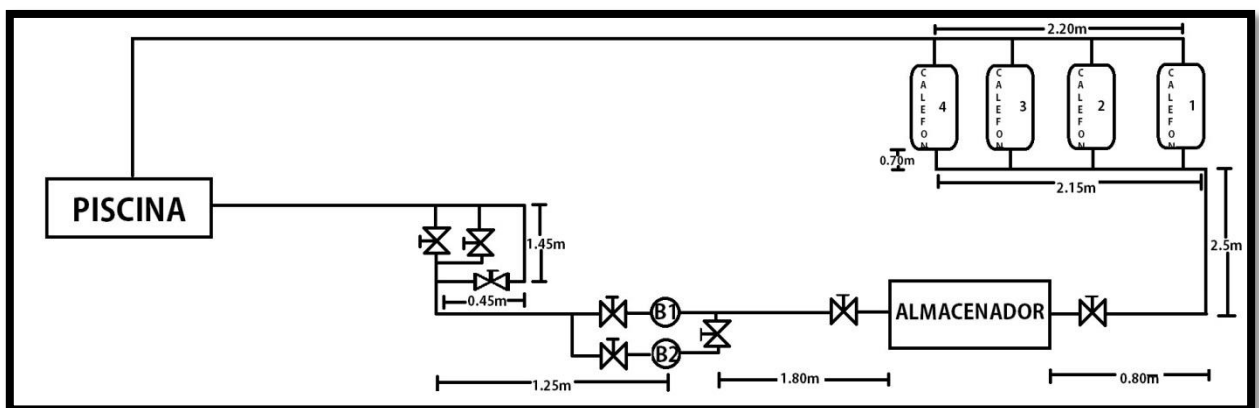


Fig. 2.32 Esquema de la tubería

2.2.2.2 Dimensionamiento de la piscina del complejo

Las dimensiones planas de la piscina se muestran en la figura 2.33. Donde los valores se encuentran expresados en centímetros [cm].

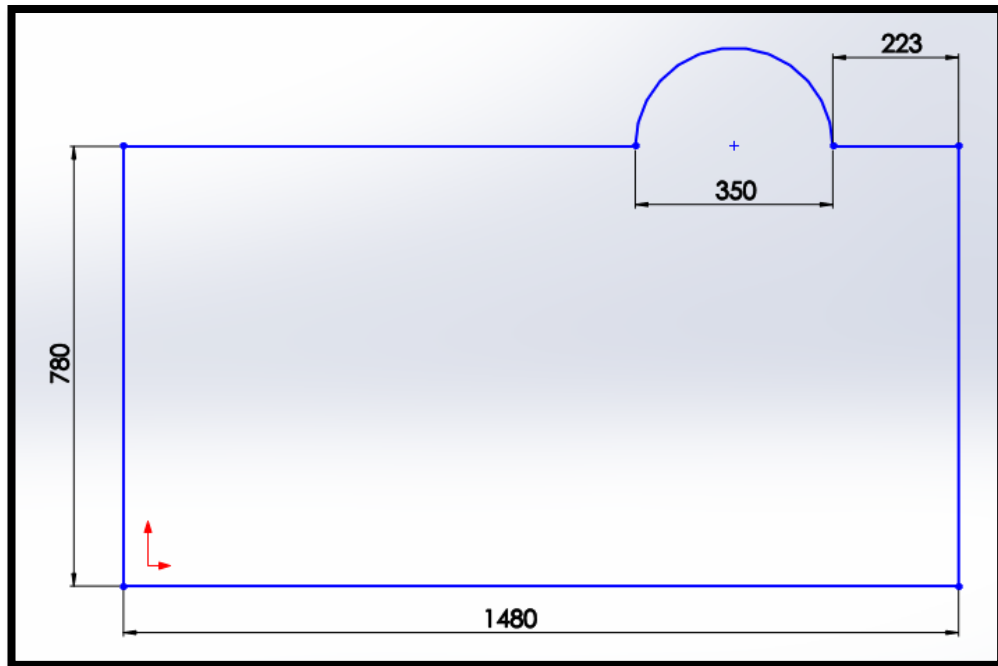


Fig. 2.33 Dimensiones planas de la piscina

La altura de la piscina se representa en la figura 2.34 Donde los valores se encuentran expresados en centímetros [cm].



Fig. 2.34 Altura de la piscina

Esta es una imagen isométrica de la piscina, como se muestra en la figura 2.35.

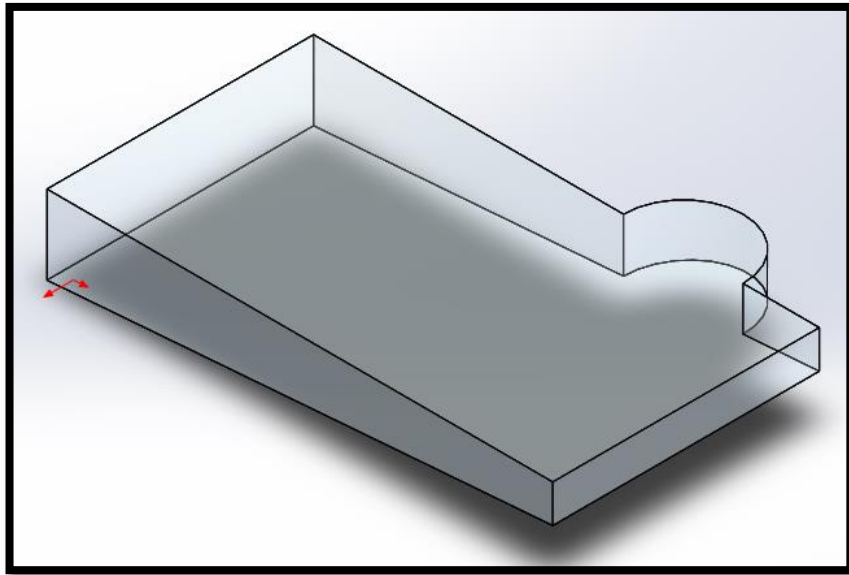


Fig. 2.35 Figura Isométrica de la piscina
(Andrés Torres, 2014)

3. METODOLOGÍA

Todo sistema se compone por varios elementos que deben estar sincronizados, la selección de los componentes, cálculos pertinentes, diagramas, instalación y operación generan el resultado más óptimo.

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO

El trabajo de investigación de campo, utilizará la técnica de la observación, se inspección y analizó varios proveedores de colectores solares en la ciudad de Quito, viendo su desarrollo en el calentamiento de piscinas, para conocer los colectores solares térmicos óptimos para generar el resultado esperado, al igual que los sensores, actuadores y demás elementos mecatronicos que componen el sistema; así como las tendencias del mercado, en las empresas importadoras y creadoras de paneles solares de la ciudad de Quito, siempre buscando el confort y la optimización para satisfacción del cliente.

3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Este trabajo aplica el método científico, con especial énfasis en el análisis, tanto en su primera fase, correspondiente a una investigación de tipo bibliográfico, como en la segunda que desarrolla el trabajo de investigación de campo, cuyos resultados serán igualmente analizados y sintetizados en las correspondientes conclusiones.

3.3 METODOLOGÍA MECATRÓNICA

Un sistema Mecatrónico; abarca el análisis, diseño, desarrollo y aplicación de dispositivos inteligentes. En esta investigación inicia con el estudio del uso de paneles solares para el calentamiento de piscinas, así como un sistema de control que permita tener un sistema mixto de calentamiento. Luego se realiza el diseño mecánico y electrónico basado en el diseño del techo, la piscina, la tubería, la localización y orientación de los paneles, el cálculo de la cantidad de paneles solares requeridos. Para determinar el número de colectores solares a implementar se desarrolla una investigación

de pérdidas (piscina, colector y calor útil), con el cual se determinan los factores críticos necesarios para satisfacer las necesidades planteadas. Para el sistema de control se utiliza un controlador que determina el accionamiento de las electroválvulas basado en las medidas obtenidas por los 2 sensores (termistor) que se encuentran localizado; uno en el motor actuador que succiona el agua de la piscina, y el otro a la salida de los colectores solares, cuando la temperatura de los paneles no sea la requerida para el calentamiento del agua, el sistema envía la señal mediante el controlador para que la electroválvula conmute y se dirija al sistema de calentamiento por calefones o adicional a un sistema de caldero que se va a asignar al sistema final.

3.3.1 CASA DE CALIDAD

La Casa de la Calidad permite la documentación formal del proceso lógico a través de la superposición de matrices donde se traducen las necesidades de los clientes en características específicas de productos o servicios. Esta herramienta permite entre otras cosas entender mejor las prioridades de los clientes y buscar cómo responder de forma innovadora a dichas necesidades (De Juana, 2002).

La ponderación para cada criterio es especificada en la tabla 3.1:

Tabla 3.1 Casa de Calidad

	INGENIERIA CLIENTE	IMP POR TAN CIA (%)	E S T R U C T U R A	T E C N O L O G I A	P E S O	C A L E N T A M I E N T O	M A N T E N I M I E N T O	M A T E R I A L	F U N C I O N A L I D A D	T O T A L
CALIDAD	15	5	5	1	5	3	5	5	29	
VIDA UTIL	15	3	5	1	3	5	5	3	25	
SEGURIDAD	10	3	3	3	1	3	1	3	17	
COSTO	20	5	5	3	1	3	5	3	25	
CAPACIDAD DE CARGA	10	1	3	3	5	1	5	1	19	
MANTENIMIENTO	10	1	1	3	1	5	1	1	13	
AMIGABLE CON EL AMBIENTE	10	3	5	1	3	1	3	3	19	
OPERATIVIDAD	10	5	3	3	3	3	3	5	25	
TOTAL	100	26	30	18	22	24	28	24		

Alto	5	
Medio	3	
Bajo	1	
Total		

La ponderación usada en la casa de calidad fue tomada en cuenta por tres valores (Alto, Medio y Bajo) como se muestra en la tabla 3.1, valores que son calificados según su nivel de importancia entre los diferentes requerimientos de Cliente vs Ingeniería.

Dentro de los requerimientos de Ingeniería el criterio con el valor más alto obtenido fue “Tecnología”. La automatización del controlador de temperatura, que a diferencia de las bombas normales, esta permite la lectura sensores en su interfaz y así realizar un proceso mixto automático, determinado por los valores recibidos de los sensores, aminorando la carga en los actuadores, en este caso las bombas que se encargan del reflujos del agua de la piscina.

Dentro de los requerimientos del Cliente como se muestra en la tabla 3.1, el de mayor ponderación es “Calidad”, ya que el cliente se asegura que su producto cumpla con las expectativas detalladas del mismo, cumpliendo con sus normas, de esta manera el sistema final tendrá el resultado esperado, para lo cual se complementara con un sistema automático del control.

Para el análisis y selección del colector solar a usar se debe tomar en cuenta diferentes parámetros requeridos en el sistema, para ellos se usa el método de criterios ponderados demostrado en la tabla 3.2, en donde los diferentes criterios tomados a consideración son evaluados y ponderados entre sí para luego evaluar y realizar una segunda ponderación de estos criterios vs los Colectores Solares, que para este sistema se consideran 3 tipos de colectores solares planos que se encuentran en el mercado local, con diferentes funcionalidades y características como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Criterios Ponderados Colector Solar

COLECTORES SOLARES CRITERIOS	E S T R U C T U R A	D I M E N S I O N E S	P E S O C O N C A R G A	P O T E N C I A	F L U J O D E C A U D A L	T E M P E R A T U R A D E F U N C I O N A M I E N T E	C O S T O	M A T E R I A L	$\Sigma +1$	P O N D E R A C I O N
ESTRUCTURA		5	3	5	5	5	3	5	31	0,17
DIMENSIONES	5		3	3	3	1	5	3	23	0,13
PESO CON CARGA	3	5		1	1	1	1	5	17	0,10
POTENCIA	5	1	1		3	3	3	1	17	0,10
FLUJO DE CAUDAL	5	3	3	3		3	3	3	23	0,13
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	5	3	1	3	3		3	5	23	0,13
COSTO	3	3	1	3	3	3		5	21	0,12
MATERIAL	3	3	3	3	1	5	5		23	0,13
								TOTAL	178	1

COLECTORES SOLARES SELECCIÓN	E S T R U C T U R A	D I M E N S I O N E S	P E S O C O N C A R G A	P O T E N C I A	F L U J O D E C A U D A L	T E M P E R A T U R A D E F U N C I O N A M I E N T E	C O S T O	M A T E R I A L	T O T A L
COLECTOR SOLAR BOSCH	5	1	1	5	5	5	1	5	28
COLECTOR SOLAR HELIOL	5	5	5	3	5	5	3	5	36
COLECTOR SOLAR HIDROAGUA	3	1	1	3	3	1	3	3	18

COLECTORES SOLARES PONDERACION	E S T R U C T U R A	D I M E N S I O N E S	P E S O C O N C A R G A	P O T E N C I A	F L U J O D E C A U D A L	T E M P E R A T U R A D E F U N C I O N A M I E N T E	C O S T O	M A T E R I A L	Σ	P R I O R I D A D
COLECTOR SOLAR BOSCH	0,87	0,13	0,10	0,48	0,65	0,65	0,12	0,65	3,63	2
COLECTOR SOLAR HELIOL	0,87	0,65	0,48	0,29	0,65	0,65	0,35	0,65	4,57	1
COLECTOR SOLAR HIDROAGUA	0,52	0,13	0,10	0,29	0,39	0,13	0,35	0,39	2,29	3

Según los criterios tomados en cuenta para escoger el Colector Solar que mas se ajuste al sistema fueron los Colectores Solares distribuidos por la empresa Heliocol.

3.3.2 PARÁMETROS PARA SELECCIÓN BOMBA DE RECIRCULACIÓN

Para determinar la bomba de recirculación que actúe de manera eficiente en el sistema se deben tener en cuenta ciertos parámetros.

El caudal que circula en los paneles y las pérdidas existenciales, con base en estos valores se determinara la bomba de recirculación efectiva.

Las perdidas existenciales se son las siguientes:

- **Altura Estática:**

Es la altura a la que se encuentran los paneles solares tomando como referencia el cuarto de bombas.

- **Perdidas en la Tubería:**

Cantidad de presión que se pierde en la tubería por cada metro, se determina con el principio de Hazen Williams, el cual describe:

$$H = \frac{10.67}{C^{1.852}} \times \frac{Q^{1.852}}{D^{4.87}} \times L \quad \text{Ec. 3.1}$$

Dónde:

H: valor de caudal perdida en la tubería [$\frac{m^3}{s}$].

C: Coeficiente de rugosidad del material, en este caso la tubería es de plástico (PVC) por lo que el valor va de 140 – 150.

Q: Flujo de caudal dentro de la tubería [$\frac{m^3}{s}$].

D: Diámetro interno de la tubería [m].

L: Longitud de la tubería [m].

- **Perdidas en los Colectores:**

Cantidad de presión que se pierde en los paneles por cada metro, se determina con la siguiente ecuación:

$$H_p = N_p \times \Delta H_u \quad \text{Ec. 3.2}$$

Dónde:

H_p : Valor de caudal perdido en el colector [$\frac{m^3}{s}$].

N_p : Numero de paneles.

ΔH_u : Coeficiente de perdida de carga del panel, para el panel a utilizar el valor es de 0.06 [m].

- **Perdidas en el Filtro:**

Distancia fija entre el filtro y el cuarto de bombas.

Para el cálculo final se utiliza la siguiente ecuación:

$$PPT = A_E + H + H_p + P_F + P_C \quad \text{Ec. 3.3}$$

3.3.3. ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA DE LA PISCINA DEL COMPLEJO

La cubierta de la piscina será la encargada de soportar los paneles solares (figura 3.1), identificando que existen claraboyas donde no se van a colocar los paneles para que siga siendo la iluminación la adecuada para la piscina. Toda cubierta se encuentra diseñada para soportar peso extra, analizando el lugar donde se va a coleccionar, la humedad del sector, la corrosión y frecuencia de precipitación.





Fig. 3.1 Estructura de la cubierta de la piscina externa e interna

Las dimensiones de la cubierta se detallan en la figura 3.2, estimando que el espacio es el indicado para la implementación de los paneles solares, a la adecuada altura y con el ángulo de inclinación correcto, todas las medidas se encuentran en centímetros [cm].

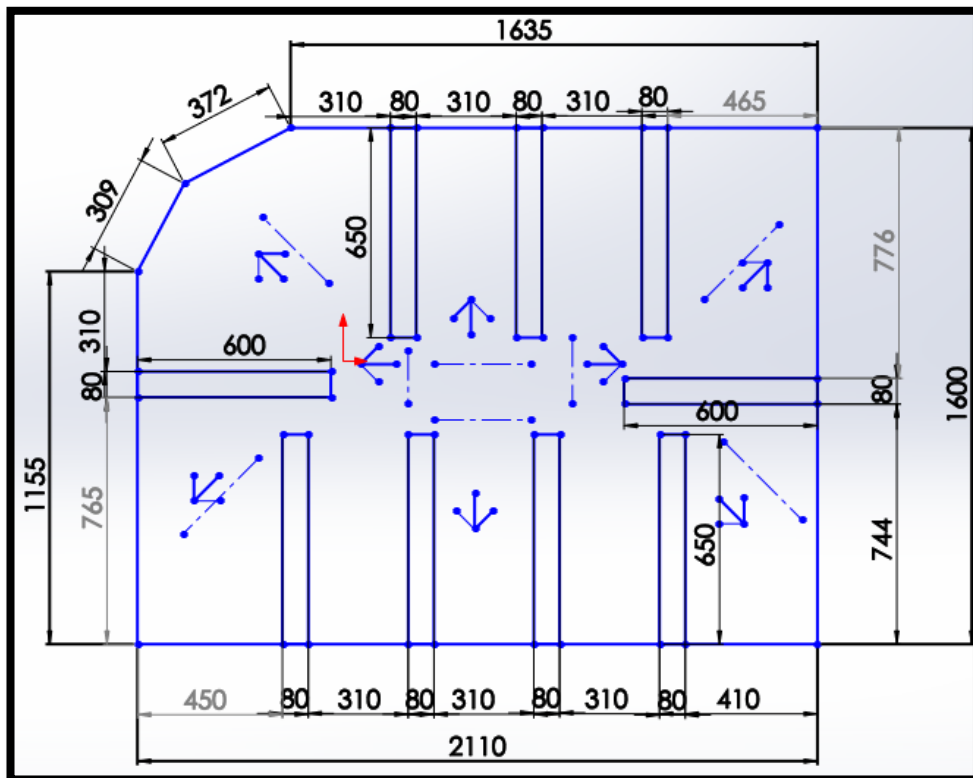


Fig. 3.2 Dimensionamiento de la cubierta

3.3.4. ANÁLISIS DE POTENCIA

Para el diseño de potencia del sistema se toma en cuenta el valor de amperaje que van a consumir los elementos, principalmente las bombas y el controlador del equipo, así como su alimentación y distribución dentro de la cabina de potencia.

3.3.5 PERDIDAS DE CALOR Y VARIACIÓN DE TEMPERATURA EN LA PISCINA

La temperatura de confort en la piscina es de 30°C, a partir de la cual se calculan las pérdidas de calor por evaporación, radiación, convección, conducción por las paredes y renovación de agua, provocando un descenso de la temperatura la cual necesitara ser compensada.

3.3.5.1 Perdidas por evaporación

Cuando el agua se evapora del vaso de la piscina se absorbe calor por lo que se produce un enfriamiento del resto del agua de la piscina que no se evapora, es decir, se produce un descenso de la temperatura del agua del vaso. Por tanto, cuanto mayor sea la evaporación mayor será el enfriamiento que sufre el agua y a su vez mayores serán las necesidades que habrá que aportar para mantener constante la temperatura de la piscina.

En los procesos de transferencia de masa no interviene la transferencia de calor debido a que estos ocurren isotérmicamente, sin embargo, en ciertos casos se da la vaporización de un líquido y la difusión de este vapor hacia el gas circundante en el cual interviene el calor latente de vaporización Q_{vap} para vaporizar el líquido, por lo tanto se da simultáneamente la transferencia de calor y masa.

En la vaporización del agua de la piscina hacia el aire cuando estos estén a la misma temperatura se pueden dar dos casos:

1. Si el aire está saturado $HR = 100\%$ no habrá transferencia de calor o de masa en condiciones estables isotérmicas.
2. Si el aire no está saturado $HR < 100\%$ existe una diferencia de concentración de vapor de agua en la interface agua-aire y a una distancia por encima de esta.

Esta diferencia de concentración impulsa el agua hacia el aire, provocando la transferencia de masa, el calor requerido por la vaporización proviene del agua superficial, lo cual provoca una disminución de la temperatura del agua cercana a la superficie debido a la pérdida de calor sensible, produciendo también una disminución en la presión de saturación y en la concentración de vapor en la interface (Madrid, 2009).

Si la razón de evaporación es alta, y por ende, la demanda de calor de vaporización es más alta que la cantidad de calor que puede ser suministrado desde las partes más bajas de la masa de agua y de los alrededores, el déficit se compensa a partir del calor sensible del agua en la superficie y, como consecuencia, la temperatura del agua en esta última disminuye más (Cengel, 2008).

Esto ocurre hasta que el calor latente de vaporización sea igual a la transferencia de calor hacia el agua en la superficie. Para calcular las pérdidas por evaporación utilizamos la fórmula (Madrid, 2009):

$$Q_{EVA} = \{[(S \times 16) + (133 \times n)] \times [W_e - (G_a \times W_{as})] \times Q_{vap}\} \quad \text{Ec. 3.4}$$

Dónde:

- **S:** Superficie piscina [m^2]
- **n:** Numero de nadadores total por de superficie de lámina de agua.
- W_e : Humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua, el valor utilizado es $0.0213 \left[\frac{Kg_{agua}}{Kg_{aire}} \right]$.
- W_{as} : Humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del aire interior, el valor utilizado es $0.024 \left[\frac{Kg_{agua}}{Kg_{aire}} \right]$.

- G_a : Grado de saturación [65%].
- Q_{vap} : Calor de vaporización del agua a 26°C, el valor utilizado es $677.8 \left[\frac{Wh}{Kg} \right]$.

Valores descritos por el autor de la referencia, utilizados en piscinas cubiertas.

3.3.5.2 Perdidas por radiación

Todos los cuerpos a una temperatura por encima de 0°C emiten radiación térmica, la radiación es un fenómeno volumétrico donde los sólidos, líquidos y gases emiten, absorben o reflejan radiación en diversos grados, la radiación no necesita un medio de transmisión y puede ocurrir en el vacío.

Para calcular las pérdidas que el vaso de la piscina sufre debido a la radiación se utiliza la fórmula de Stefan Boltzmann. Estas pérdidas están en función de la diferencia entre la temperatura media de los cerramientos y la del agua. Ambas temperaturas están elevadas a la cuarta potencia y están expresadas en grados Kelvin (Madrid, 2009).

$$Q_{RAD} = \sigma \times E \times [T_{ag}^4 - T_c^4] \times S_{vaso} \quad \text{Ec. 3.5}$$

Dónde:

- σ : constante de Stefan-Boltzmann= $5.67 \times 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4} \right]$.
- **E**: Emisividad del agua=0.95
- T_{ag} : Temperatura del agua [K].
- T_c : Temperatura superficial de la cubierta de la piscina[K].
- S_{vaso} : Superficie de los vasos de las piscinas [m^2].

En el caso de las piscinas cubiertas los cerramientos deben encontrarse a muy pocos grados de temperatura por debajo ($T_c=25^\circ\text{C}$) dependiendo del tipo de cerramiento y coeficiente de transmisión de calor, de la del aire ambiente, y por tanto a muy poca diferencia con la del agua, por tanto estas

pérdidas por radiación en piscinas cubiertas se consideran generalmente despreciables (Madrid, 2009).

3.3.5.3 Perdidas por convección

La convección natural es el desplazamiento de masas de algún líquido o gas, cuando una masa de un fluido sufre un proceso de calentamiento, sus moléculas se separan y se dispersan, causando que la masa del fluido llegue a ser menos densa; cuando llega a ser menos denso se desplazara hacia arriba u horizontalmente hacia una región fría, mientras que las masas menos calientes pero más densas del fluido descenderán o se moverán en un sentido opuesto al del movimiento de la masa más caliente. Mediante este mecanismo los volúmenes más calientes transfieren calor a los volúmenes menos calientes de ese fluido.

Las pérdidas por convección en el caso de piscinas cubiertas son prácticamente despreciables, y la explicación es porque al aplicar la fórmula que nos permite calcular estas pérdidas su valor resultante es muy pequeño, debido a que la diferencia de temperatura con la cual trabajamos en las piscinas climatizadas es muy pequeña. Para calcular las pérdidas por convección utilizamos la fórmula que se detalla a continuación (Madrid, 2009):

$$Q_{CON} = 0.6246 \times [T_{ag} - T_c]^{\frac{4}{3}} \times S_{vaso} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Dónde:

- **Constante:** 0.6246
- T_{ag} : Temperatura del agua [K] o [°C].
- T_a : Temperatura del aire [K] o [°C].
- S_{vaso} : Superficie de los vasos de las piscinas [m^2].

3.3.5.4 Perdidas por conducción

En un sistema bidimensional en el que se involucran dos temperaturas, se puede definir un factor de forma conductivo S para calcular la pérdida de calor por conducción.

Estas pérdidas dependerán de las características constructivas del vaso (enterrado, visto...etc.) y del coeficiente de transmisión térmica del material empleado. En el caso más habitual del vaso de hormigón construido dentro del propio sótano del recinto las pérdidas por transmisión se calculan utilizando la fórmula (Madrid, 2009):

$$Q_{TRA} = C_t \times S \times [T_{ag} - T_{ex}] \quad \text{Ec. 3.7}$$

Dónde:

- C_t : Coeficiente de transmisión de muros y solería $1.5 \left[\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}} \right]$.
- S : Superficie de cerramiento del vaso [m^2].
- T_{ag} : Temperatura del agua [K] o [$^\circ\text{C}$].
- T_x : Temperatura exterior del cerramiento [K] o [$^\circ\text{C}$].

Para el caso de la piscina se considera las paredes como placas planas cuyo factor de forma conductivo es:

$$S_{pared} = \frac{A}{L} \quad \text{Ec. 3.8}$$

Dónde:

- A : Área de la pared [m^2].
- L : Espesor de la pared [m].

Para las formas redondeadas de las esquinas de la piscina se utilizara un factor de forma para un cuarto de esfera inmerso en un medio, determinado por:

$$S_{esquina} = \pi \times r \quad \text{Ec. 3.9}$$

Dónde:

- r : Radio de las esquinas [m].

3.3.5.5 Perdidas por renovación

En una piscina cubierta existen pérdidas continuas de agua, desde la evaporada, a la que los propios bañistas sacan del vaso del agua, o la gastada en la limpieza de fondos y filtros. Sin embargo, estas cantidades son muy inferiores al 5% del volumen total del vaso que obligatoriamente por normativa, debido a razones higiénicas sanitarias, debe reponerse diariamente. Esta renovación, conlleva que las pérdidas de calor por este concepto sean importantes, y en todo caso dependerán de la temperatura del agua de la red y de la temperatura del agua de la piscina que se pretenda alcanzar. Estas pérdidas se pueden calcular utilizando la siguiente fórmula (Madrid, 2009):

$$Q_{REN} = V_r \times D \times C_e \times [T_{ag} - T_x] \times \frac{1}{24} \quad \text{Ec. 3.10}$$

Dónde:

- V_r : Volumen de agua de renovación [m^3].
- D : Densidad del agua, equivale a $1000 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$.
- C_e : Calor específico del agua, equivale a $1.16 \left[\frac{Wh}{Kg \text{ } ^\circ C} \right]$.
- T_{ag} : Temperatura del agua [K] o [$^\circ C$].
- T_x : Temperatura del agua de la red [K] o [$^\circ C$].
- $\frac{1}{24}$: Este término se coloca en la expresión para cambiar las pérdidas por renovación de las unidades de Wh a pérdidas diarias en ambos vasos de la piscina.

3.4 CRITERIOS DEL CALENTADOR DE AGUA CON ENERGIA SOLAR

Uno de los principales objetivos del proyecto es el uso de la energía solar para el recalentamiento del agua de la piscina, por lo que se tiene que analizar las variables físicas que influyen en el balance de energías para poder establecer un diseño eficiente.

3.4.1 RADIACION SOLAR

Los datos de radiación solar para Quito sector Carapungo son obtenidos del satélite Eosweb expuestos en la página web de la NASA. El valor de radiación solar media diaria con el que se va a realizar el diseño del sistema es de $425 \left[\frac{W}{m^2} \right]$ (*Anexo 2*).

3.4.2 HUMEDAD RELATIVA

Con base en el estudio desarrollado por el Departamento de Meteorología del Distrito Metropolitano de Quito, se determina que el valor promedio de Humedad Relativa en el sector de Carapungo es del 74% (DMQ, 2012).

3.4.3 PRESION ATMOSFERICA, TEMPERATURA AMBIENTE Y AGUA

La presión atmosférica en el sector de Carapungo es de 10.4 [psi] o 71.71 [KPa], la temperatura ambiente y de agua se midieron de forma experimental y se obtuvo una temperatura de 23°C y 19°C respectivamente (DMQ, 2012).

3.4.4 BALANCE DE ENERGIA DEL SISTEMA

La variación de la energía total del sistema durante un proceso de calentamiento es igual a la diferencia entre la energía que ingresa y la que sale del sistema.

$$E_{ent} - E_{sal} = \Delta E_{sistema} \quad \text{Ec. 3.11}$$

Donde E_{ent} es la energía que absorbe el colector por la radiación solar; E_{sal} es la energía que sale del colector y es igual a la energía aprovechada por el agua más las pérdidas al ambiente (Madrid, 2009).

Este balance se plantea con la finalidad de establecer el área de captación de los colectores solares los cuales van a ser diseñados para mantener el agua de la piscina caliente a 30°C promedio, esta temperatura inicial se la obtiene al calentar el agua con un sistema auxiliar conformado por 4 calefones a gas.

En la siguiente figura 3.3 se muestra un diagrama de balance de energía del sistema, establecido por la radiación solar absorbida, el calor aprovechado por el agua y las pérdidas de energía por transferencia de calor en la piscina, colector (Cengel, 2002).

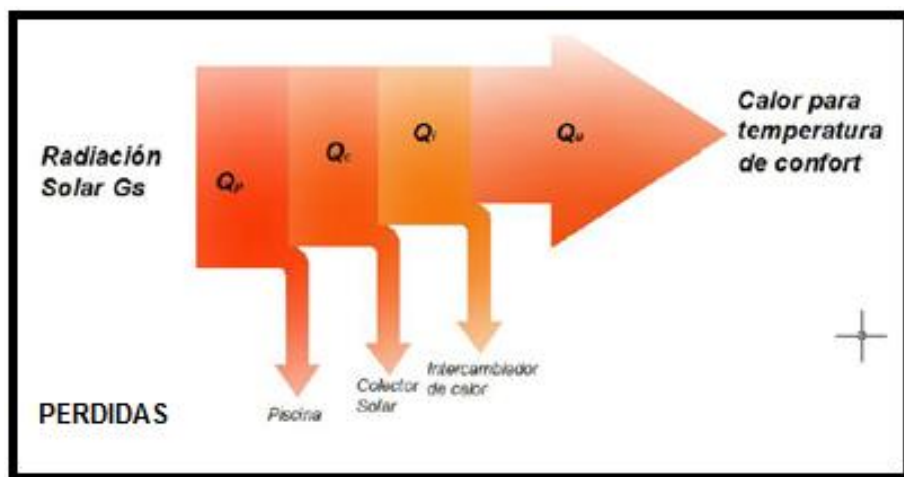


Fig. 3.3 Balance de Energía del Sistema

(Meinel, 2005)

La ecuación del balance de energía está dada por:

$$\frac{dE_c}{dt} = G_s \times A - q_p - q_c - q_u \quad \text{Ec. 3.12}$$

Dónde:

- E_c : Balance energético [W].
- G_s : Radiación solar incidente $[\frac{W}{m^2}]$.
- A : Área de captación solar [m^2].
- q_c : Perdidas de calor en el colector [W].
- q_p : Perdidas en la piscina [W].
- q_u : Calor útil de los colectores [W].

Por medio de este balance se puede establecer la demanda total de calor para mantener la temperatura en la piscina y el diseño de los elementos que conforman el sistema permitirá aprovechar el calor eficientemente (Meinel, 2005).

3.4.5.1 Análisis de la radiación solar

El colector solar plano es el componente principal del sistema de calentamiento de agua, por lo que se debe hacer un análisis de los elementos en los que incide directamente la radiación solar para realizar un diseño efectivo y confiable, estos son:

a) Cubierta del Colector

Para el análisis térmico del colector se parte de las propiedades de la radiación como la reflectividad, absorptividad y la transmitividad, cuando la radiación solar incide sobre la cubierta, una parte es reflejada al exterior, otra parte es absorbida por el material y este a su vez es la placa encargada de absorberla, por lo que la radiación obtiene valor de alto desempeño (Criollo, 2011).

Por el principio de conservación de la energía se tiene que la suma de las radiaciones solares transmitida, reflejada y absorbida es igual a la radiación solar incidente G_s , es decir:

$$G_s = G_{\tau_s} + G_{\rho_s} + G_{\alpha_s} \quad \text{Ec. 3.13}$$

Dividendo cada término para G_s , se obtiene:

$$\tau_s + \rho_s + \alpha_s = 1 \quad \text{Ec. 3.14}$$

Donde, τ_s es la transmitividad, ρ_s es la reflectividad y α_s es la absorptividad de los tubos para la energía solar.

Al realizar un balance energético de la cubierta, se establece que la suma de la radiación transmitida G_{τ_s} y la porción de la absorbida G_{α_s} que fluye hacia el interior, constituye la nueva radiación incidente o ganancia de calor solar para la placa de absorción, mientras que la radiación reflejada G_{ρ_s} , se considera como pérdida de energía.

La fracción de la radiación solar incidente que atraviesa la cubierta se llama coeficiente de ganancia de calor solar (CGCS) y se expresa:

$$CGCS = \frac{\text{Ganancia de calor solar}}{\text{Radiación solar incidente}} \quad \text{Ec.3.15}$$

$$CGCS = \tau_s + f_i \alpha_s \quad \text{Ec. 3.16}$$

Donde, f_i es la fracción de radiación solar absorbida que fluye hacia el interior del colector.

Una vez obtenida la fracción de CGCS se puede determinar la ganancia total de calor solar a través de la cubierta de la siguiente forma:

$$Q_{\text{solar ganancia}} = CGCS \times A_{\text{cubierta}} \times q_{\text{solar incidente}} \quad \text{Ec. 3.17}$$

3.4.5.2 Análisis de transferencia de calor y pérdidas de calor en el colector

El análisis de transferencia de calor se realiza en base a un balance energético entre las entradas y salidas de energía.

Los procesos de transferencia de calor involucrados en este cálculo se basan en un régimen no estacionario, con el objetivo de calcular las pérdidas de calor en el colector (Criollo, 2011).

Estos procesos están divididos en tres partes, que son:

a) Parte Superior:

- **Radiación existente entre la cubierta y el cielo.**

Radiación de la atmosfera a la superficie

$$G_s = \sigma T_c^4 \quad \text{Ec.3.18}$$

Dónde:

- σ : constante de Stefan-Boltzmann= $5.67 \times 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4} \right]$.
- T_c : Temperatura efectiva del cielo [K].

- **Radiación en la cubierta.**

$$G_s = \sigma (T_{S_1}^4 - T_c^4) \quad \text{Ec.3.19}$$

Dónde:

- T_{S_1} : Temperatura de la superficie de la cubierta [K].
- **Resistencia por radiación en la cubierta.**

Se usa una constante del material $\varepsilon = 0.9$

$$R_1 = \frac{1}{(\varepsilon \times A \times \sigma \times T_{S_1}) + T_c} \quad \text{Ec.3.20}$$

- **Conducción en la cubierta.**

$$R_2 = \frac{L_1}{K_1 \times A} \quad \text{Ec.3.21}$$

Dónde:

- K_1 : Valor de conductividad térmica del material $\left[\frac{W}{m K}\right]$.
- L_1 : Espesor de la cubierta $[m]$.
- A : Área de la cubierta $[m^2]$

b) Parte Media:

- **Radiación interna de la placa hacia los tubos.**

$$R_3 = \frac{1 - \epsilon_{Aire}}{A \times \epsilon_{Aire}} \quad \text{Ec. 3.22}$$

Dónde:

- ϵ : Constante efectividad del aire 0.09.
- A : Área de la cubierta $[m^2]$

c) Parte Inferior:

- **Conducción en el aislante.**

$$R_4 = \frac{L_2}{K_2 \times A} \quad \text{Ec. 3.23}$$

Dónde:

- K_2 : Valor de conductividad térmica del aire $\left[\frac{W}{m K}\right]$.
- L_2 : Espesor de la cubierta $[m]$.
- A : Área del colector $[m^2]$.

3.4.5.3 Representación de las pérdidas de calor en el colector

La idea principal en el estudio de las pérdidas en el colector es que el calor procedente de la radiación solar hace subir la temperatura de la placa. No toda la radiación que llega a la cubierta del colector llega a la placa absorbidora (Criado, 2013). Existen unas pérdidas, denominadas pérdidas ópticas, que se tienen en cuenta mediante la siguiente ecuación:

$$q_c = (1 - \eta_0) \times G_S \times A \quad \text{Ec. 3.24}$$

Dónde:

- η_0 : Rendimiento óptimo del colector.
- G_S : Radiación que llega al colector [$\frac{W}{m^2}$].
- A : Área del colector solar [m^2].

3.4.5.4 Representación del calor útil del colector

La rama útil, es la que corresponde al flujo de calor que pasa al fluido caloportador. Interesa que tanto la placa absorbidora como los tubos por los que circula el fluido sean de materiales con buena conductividad térmicamente, para que las respectivas resistencias térmicas sean lo más pequeñas posibles y se transfiera el máximo flujo de calor al fluido térmico que circula por el interior de los tubos (Criado, 2013). El calor útil se determina a partir de la siguiente expresión:

$$q_u = \frac{T_{placa} - T_{fluido}}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \times Q_{ganancia\ solar} \quad \text{Ec. 3.25}$$

Dónde:

- T_{placa} : Temperatura a la que se encuentra la placa [K].
- T_{fluido} : Temperatura a la que ingresa el líquido a la placa [K].

- **R:** Resistencias térmicas que se presentan en la transmisión de calor $[\frac{K}{W}]$.
- $Q_{ganancia\ solar}$: Calor optimo utilizado por radiación solar[W]

3.5 INSTALACION Y OPERACION

La instalación correcta del sistema permitirá el adecuado funcionamiento del mismo, por lo que se debe tener en cuenta la ubicación, el modo de operación y el mantenimiento que se dé a los elementos que componen el sistema.

3.5.1 INSTALACIÓN DE LOS COLECTORES SOLARES

Los colectores solares se deben instalar en superficies que aseguren una buena irradiación, un anclaje seguro y la posibilidad de realizar un mantenimiento accesible (Criado, 2013).

Para conseguir una buena irradiación hay que tener en cuenta tres factores que son:

- a) Zonas de sombras:** Los elementos circundantes pueden proyectar sombras sobre los colectores y disminuir su rendimiento, por lo que antes se debe decidir donde se instalaran los colectores, si es necesario evitar algún obstáculo que impida o limite la irradiación directa, como por ejemplo edificios, colinas, arboles altos, etc. En el caso que no se pueda evitar se debe considerar que la sombra creada por dichos obstáculos debe ser muy reducida y de corta difusión para no perjudicar el rendimiento de los colectores.
- b) Angulo de orientación:** Este debe estar dirigido hacia la trayectoria del sol, como se muestra en la figura 3.4, en el hemisferio sur, la orientación ideal de los colectores es mirando al norte, esto con el fin de aprovechar la trayectoria del sol durante todo el día y tener una mayor irradiación en los colectores.

En el Ecuador no influye la orientación ya que se reciben los rayos solares perpendicularmente, facilitando la orientación del colector.

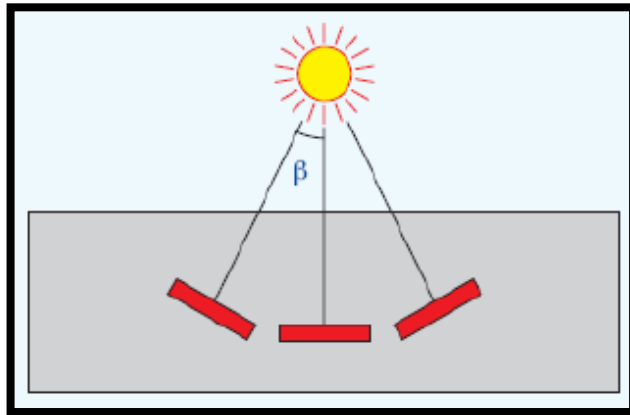


Fig. 3.4 Orientación de los colectores
(Criollo, 2011)

- c) **Angulo de inclinación respecto a la horizontal:** La radiación máxima se produce cuando la superficie sobre la que inciden los rayos es perpendicular, y la ubicación depende de la latitud donde se encuentre ubicado el colector, como se muestra en la figura 3.5.

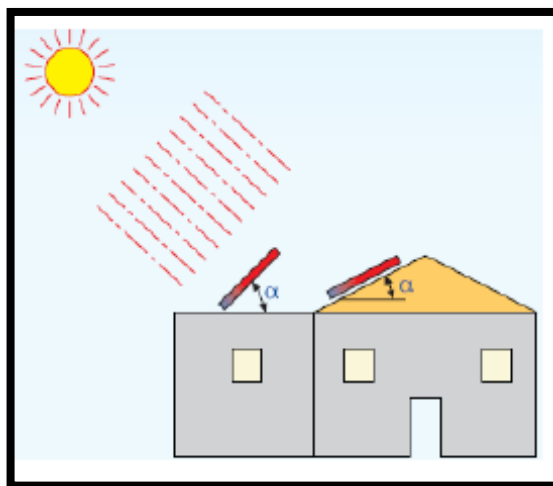


Fig. 3.5 Angulo de inclinación de los colectores
(Criollo, 2011)

La eficiencia de una serie de colectores está directamente vinculada a la forma como ellos se asocian. La asociación entre baterías es uno de los pasos más importantes de una instalación de calentamiento solar, pues a ella está relacionada la temperatura que se pretende conseguir, el caudal de

operación del sistema y el dimensionado de las tuberías y accesorios, esta asociación puede ser en serie, en paralelo o mixta; siendo esta ultima la más utilizada por permitir mayor número de configuraciones.

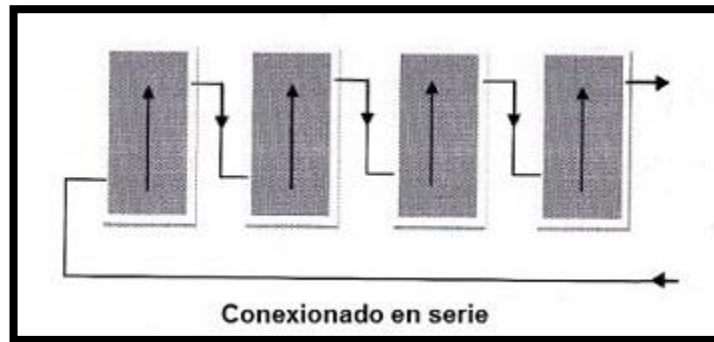


Fig. 3.6 Conexión en serie de colectores solares
(Criollo, 2011)

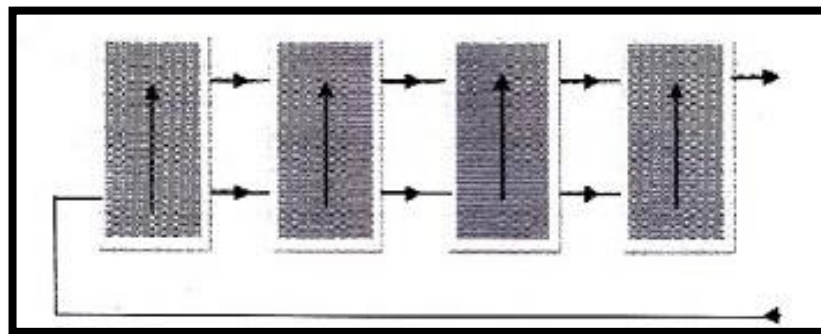


Fig. 3.7 Conexión en paralelo de colectores solares
(Criollo, 2011)

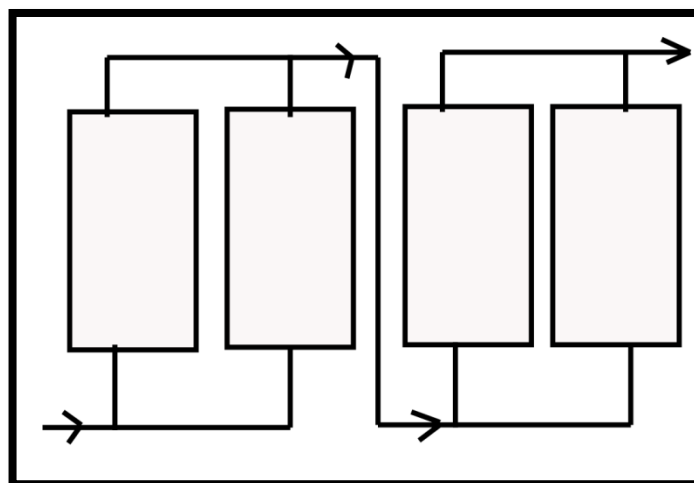


Fig. 3.8 Conexión mixta (serie y paralelo) de colectores solares
(Criollo, 2011)

3.5.2. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El sistema diseñado debe cumplir ciertas exigencias con el fin de asegurar su buen funcionamiento a lo largo de su vida útil. A continuación se indican algunas recomendaciones para mantener el funcionamiento del sistema:

- a) La instalación necesita contar con un panel de control y protecciones, que permita evaluar periódicamente la funcionabilidad de los sensores, la temperatura a la que se encuentra programado el sistema.
- b) Implementar un programa de mantenimiento preventivo en los equipos y accesorios que conforman el sistema de calentamiento.
- c) Se recomienda tener una persona calificada para la realización de la operación y mantenimiento del sistema, el cual deberá realizar las inspecciones y registrar los correspondientes trabajos de mantenimiento para tener un historial del sistema.
- d) Las principales tareas de operación y mantenimiento del sistema de calentamiento de agua que se debe realizar son:
 - ✓ Llenado del agua del sistema.
 - ✓ Control de presión del sistema y bombas.
 - ✓ Control de los sensores de temperatura.
 - ✓ Comprobación del funcionamiento automático de las bombas.
 - ✓ Inspección visual de colectores, bombas, calefones, válvulas y tubería.
 - ✓ Limpieza de los colectores.

4. DISEÑO

Con la información obtenida en el capítulo de metodología se realizan los cálculos pertinentes para la implementación del sistema, y tomar la mejor decisión para su instalación, siempre enfocado en obtener un resultado óptimo.

4.1 DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA DE LA PISCINA DEL COMPLEJO.

La cubierta se encuentra diseñada para soportar una carga de $50 \frac{Kg}{m^2}$ para soportar planchas de **asbesto-cemento**.

En la actualidad el material del techo de la cubierta es **galbalumen** cuyo valor crítico sería de $30 \frac{Kg}{m^2}$, con lo que no se ve afectada la estructura del techo, al igual que proporciona $20 \frac{Kg}{m^2}$ adicionales para poder trabajar.

Los paneles seleccionados para la instalación pesan $5.16 \frac{Kg}{m^2}$, con lo que nos da un peso total de $35.16 \frac{Kg}{m^2}$ a la que se encuentra sometido la cubierta. Con este análisis es viable la utilización de estos paneles solares ya que no será comprometida la estructura del techo.

4.2 CALCULO DE PERDIDAS EN LA PISCINA.

4.2.1. PERDIDAS POR EVAPORACION

$$Q_{EVA} = \{[(S \times 16) + (133 \times n)] \times [W_e - (G_a \times W_{as})] \times Q_{vap}\}$$

Dónde:

- **S:** $127[m^2]$
- **n:** $60[Personas]$
- **W_e :** $0.0213 \left[\frac{Kg_{agua}}{Kg_{aire}} \right]$.
- **W_{as} :** $0.024 \left[\frac{Kg_{agua}}{Kg_{aire}} \right]$.
- **G_a :** $[65\%]$.

- $Q_{vap}: 677.8 \left[\frac{Wh}{Kg} \right]$.

$$Q_{EVA} = \left\{ [(127m^2 \times 16) + 60 [Personas]] \right. \\ \left. \times \left[0.0213 \left[\frac{Kg_{agua}}{Kg_{aire}} \right] - \left(0.65 \times 0.024 \left[\frac{Kg_{agua}}{Kg_{aire}} \right] \right) \right] \right\} \times 677.8 \left[\frac{Wh}{Kg} \right]$$

$$Q_{EVA} = \{10012 \times 3.81 W\}$$

$$Q_{EVA} = 38.11 KW$$

4.2.2. PERDIDAS POR RADIACION

$$Q_{RAD} = \sigma \times E \times [T_{ag}^4 - T_c^4] \times S_{vaso}$$

Dónde:

- σ : constante de Stefan-Boltzmann= $5.67 \times 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4} \right]$.
- **E**: 0.95
- T_{ag} : [K].
- T_c : 25 [K].
- S_{vaso} : $127 [m^2]$.

$$Q_{RAD} = 5.67 \times 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4} \right] \times 0.95 \times [(30 K)^4 - (25 K)^4] \times 127 [m^2].$$

$$Q_{RAD} = 2.87 KW$$

4.2.3 PERDIDAS POR CONVECCION

$$Q_{CON} = 0.6246 \times [T_{ag} - T_c]^{\frac{4}{3}} \times S_{vaso}$$

Dónde:

- **Constante**: 0.6246
- T_{ag} : 30 [K] o [°C].
- T_a : 25 [K] o [°C].
- S_{vaso} : $127 [m^2]$.

$$Q_{CON} = 0.6246 \times [30 \text{ K} - 25 \text{ K}]^{\frac{4}{3}} \times 127 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$Q_{CON} = 0.68 \text{ KW}$$

4.2.4 PERDIDAS POR TRANSMISION

$$Q_{TRA} = C_t \times S \times [T_{ag} - T_{ex}]$$

Dónde:

- C_t : $1.5 \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right]$.
- T_{ag} : $30 \text{ [K] o } [^\circ C]$.
- T_x : $17 \text{ [K] o } [^\circ C]$.
- L : 0.20 [m] .
- r : 0.30 [m] .

Area pared lateral: $A_1 = 34.70 \text{ m}^2$

$$S1_{pared} = \frac{A_1}{L} = \frac{34.70 \text{ [m}^2\text{]}}{0.20 \text{ [m]}} = 173.5 \text{ m}$$

Área pared lateral + Piscina Infantil: $A_2 = 44.32 \text{ m}^2$

$$S2_{pared} = \frac{A_2}{L} = \frac{44.32 \text{ [m}^2\text{]}}{0.20 \text{ [m]}} = 221.61 \text{ m}$$

Area pared frontal: $A_3 = 8.58 \text{ m}^2$

$$S3_{pared} = \frac{A_3}{L} = \frac{8.58 \text{ [m}^2\text{]}}{0.20 \text{ [m]}} = 42.9 \text{ m}$$

Area pared posterior: $A_4 = 17.94 \text{ m}^2$

$$S4_{pared} = \frac{A_4}{L} = \frac{17.94 \text{ [m}^2\text{]}}{0.20 \text{ [m]}} = 89.7 \text{ m}$$

Area piso: $A_5 = 115.44 \text{ m}^2$

$$S5_{pared} = \frac{A_5}{L} = \frac{115.44 \text{ [m}^2\text{]}}{0.20 \text{ [m]}} = 577.20 \text{ m}$$

Esquinas $r = 0.3 m$

$$S_{esquina} = \pi \times 0.3 = 0.94 m$$

En la piscina se tienen 5 secciones de pared y 6 esquinas, de modo que el factor de forma total es:

$$S = S1_{pared} + S2_{pared} + S3_{pared} + S4_{pared} + S5_{pared} + S_{esquina}$$

$$S = 173.50 + 221.61 + 42.90 + 89.70 + 577.20 + (6 \times 0.94)$$

$$S = 1110.55 m$$

La perdida por transmisión será:

$$Q_{TRA} = 1.5 \left[\frac{W}{m \text{ } ^\circ C} \right] \times 1110.55 [m] \times [30 \text{ } ^\circ C - 17 \text{ } ^\circ C]$$

$$Q_{TRA} = 21.66 \text{ KW}$$

4.2.5 CALCULO CALOR PERDIDO EN LA PISCINA

$$q_p = Q_{EVA} + Q_{RAD} + Q_{CON} + Q_{TRA}$$

$$q_p = 38.11 \text{ KW} + 1.45 \text{ KW} + 0.34 \text{ KW} + 21.66 \text{ KW}$$

$$q_p = 61560 \text{ W}$$

4.3 TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL COLECTOR

La cubierta del colector es de polipropileno negro mate cuyo espesor es de 3mm, donde las características de este material son:

Transmite: 88%

Absorbe: 8%

Refleja: 4%

De la radiación solar que incide sobre él.

Entonces:

Radiación Total Diaria $G_S = 425 \left[\frac{W}{m^2} \right]$ Tomando como referencia promedio anual de radiación en el lugar a implementar el sistema.

$$\text{Radiación Transmitida } G_{Tr} = 425 \times 0.88 = 374 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$\text{Radiación Absorbida } G_{Ab} = 425 \times 0.8 = 34 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$\text{Radiación Reflejada } G_{Rf} = 425 \times 0.4 = 17 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Coefficiente de ganancia de calor solar (CHGC) para polipropileno negro mate = 0.88

$$CHGC = \frac{\text{Ganancia de calor solar}}{\text{Radiación solar incidente}}$$

$$CHGC = \tau_s + (f_i \times \alpha_s) = \frac{q_{\text{ganancia solar}}}{q_{\text{incidente solar}}}$$

$$0.88 = \frac{q_{\text{ganancia solar}}}{q_{\text{incidente solar}}}$$

$$q_{\text{ganancia solar}} = 0.88 \times 425 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$q_{\text{ganancia solar}} = 374 \frac{W}{m^2}$$

- **Ganancia de calor solar a través de la cubierta**

$$Q_{\text{ganancia solar}} = A_{\text{cubierta}} \times q_{\text{ganancia solar}}$$

El área de paneles con los que se va a trabajar es de **4,65 [m²]**

$$Q_{\text{ganancia solar}} = 4,65 [m^2] \times 374 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$Q_{\text{ganancia solar}} = 1739.10 [W]$$

Parte Superior:

- **Radiación existente entre la cubierta y el cielo**

Radiación de la atmosfera a la superficie

$$G_s = \sigma T_c^4$$

Dónde:

- σ : constante de Stefan-Boltzmann= $5.67 \times 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 K^4} \right]$.
- T_c : Temperatura efectiva del cielo [K].

$$T_c = \sqrt[4]{\frac{G_s}{\sigma}}$$

$$T_c = \sqrt[4]{\frac{425}{5.67 \times 10^{-8}}}$$

$$T_c = 294.24 [K]$$

- **Radiación en la cubierta**

$$G_s = \sigma T_{S_1}^4 - T_c^4$$

Dónde:

- T_{S_1} : Temperatura de la superficie de la cubierta [K].

$$T_{S_1} = \sqrt[4]{\frac{G_s}{\sigma} + T_c^4}$$

$$T_{S_1} = \sqrt[4]{\frac{425}{5.67 \times 10^{-8}} + (294.24)^4}$$

$$T_{S_1} = 349.10 [K]$$

- **Resistencia por radiación en la cubierta.**

Se usa una constante del material $\varepsilon = 0.9$

$$R_1 = \frac{1}{(\varepsilon \times A \times \sigma \times T_{S_1}) + T_c}$$

$$R_1 = \frac{1}{(0.9 \times 4.65 \times 5.67 \times 10^{-8} \times 294.24) + 349.91}$$

$$R_1 = 2.86 \times 10^{-3} \left[\frac{K}{W} \right]$$

- **Conducción en la cubierta.**

$$R_2 = \frac{L_1}{K_1 \times A}$$

Dónde:

- $K_1 : 0.8 \left[\frac{W}{mK} \right]$.
- $L_1 : 0.003 [m]$.
- $A : 4.65 [m^2]$

$$R_2 = \frac{0.003}{0.8 \times 4.65}$$

$$R_2 = 3.26 \times 10^{-3} \left[\frac{K}{W} \right]$$

Parte Media:

- **Radiación interna de la placa hacia los tubos.**

$$R_3 = \frac{1 - \epsilon_{Aire}}{A \times \epsilon_{Aire}}$$

$$R_3 = \frac{1 - 0.09}{4.65 \times 0.09}$$

$$R_3 = 2.17 \left[\frac{K}{W} \right]$$

Parte Inferior:

- **Conducción en el aislante.**

$$R_4 = \frac{L_2}{K_2 \times A}$$

Dónde:

- $K_2 : 0.0346 \left[\frac{W}{m K} \right]$.
- $L_1 : 0.003 [m]$.
- $A : 4.65 [m^2]$

$$R_4 = \frac{0.003}{0.0346 \times 4.65}$$

$$R_4 = 18.64 \times 10^{-3} \left[\frac{K}{W} \right]$$

4.4 CALCULO PERDIDAS DE CALOR EN EL COLECTOR.

$$q_c = (1 - \eta_0) \times G_S \times A$$

Dónde:

- $\eta_0 : 0.88$.
- $G_S : 425 \left[\frac{W}{m^2} \right]$.
- $A : 4.65 [m^2]$.

$$q_c = (1 - 0.88) \times 425 \times 4.65$$

$$q_c = 237.15 W$$

4.5 CALCULO CALOR ÚTIL EN EL COLECTOR.

$$q_u = \frac{T_{placa} - T_{fluido}}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \times Q_{ganancia solar}$$

Dónde:

- $T_{placa} : 349.91 [K]$.
- $T_{fluido} : 303.04 [K]$
- $R : 48.65 \times 10^{-3} \left[\frac{K}{W} \right]$.
- $Q_{ganancia solar} : 1739.10 [W]$

$$q_u = \frac{349.91 - 303.04}{48.65 \times 10 - 3} \times 1739.10$$

$$q_u = 34834.02 \text{ W}$$

4.6 CALCULO NUMERO DE COLECTORES PARA EL SISTEMA

Una vez diseñados los colectores y obtenido las perdidas, por medio de un balance energético Ec.3.12, se puede calcular el número de colectores necesarios para el sistema.

$$\frac{dE_c}{dt} = G_s \times A - q_p - q_c - q_u$$

Dónde:

- G_s : 425 $[\frac{W}{m^2}]$.
- q_c : 237.15 [W].
- q_p : 61630 [W].
- q_u : 34834.02 [W].

$$0 = 425 \times A_T - 61630 - 237.15 - 34834.02$$

$$A_T = 227.53 [m^2]$$

Con el área total de captación solar (A_T) y el área unitaria de cada colector solar (A) se puede obtener el número de colectores necesarios para el sistema de la siguiente manera:

$$n = \frac{A_T}{A}$$

Dónde:

- A_T : 227.53 $[m^2]$.
- A : 4.65 $[m^2]$.

$$n = \frac{227.53}{4.65}$$

$$n = 48.93 \text{ colectores} \cong 49 \text{ colectores}$$

4.7 DISEÑO DEL SISTEMA

4.7.1 COLECTORES SOLARES

COLECTORES SOLARES HELIOLCOL POLIPROPILENO

Los colectores captan la energía solar directa como indirecta debido a su diseño único de capilares redondos individuales, moldeados en una sola pieza, además, quedan perfectamente alineados y colocados sin grandes espacios entre los mismos, al no utilizarse acoplamientos de goma no mangueras de empalme, creando una mejor apariencia de la instalación, como se muestra en la figura 4.1.

- Ideal para el calentamiento de piletas y ACS.
- Innovadora tecnología de Inyección moldeado sobre moldeado, en donde los tubos y los cabezales se convierten en una pieza única (Heliocol, 2012).



Fig. 4.1 Colector Solar heliocol HC-50 Polipropileno
(Heliocol, 2012)

VENTAJAS:

- Usa polipropileno de alta densidad.

- Fórmula patentada resistente a rayos U.V.
- Posee elementos anti-congelantes.
- Todas las piezas del sistema diseñadas y patentadas con el mismo material: nunca se oxidan, nunca provocan goteras, nunca requieren mantenimiento.
- No posee ningún elemento metálico ni mangueras de goma.
- No tiene mantenimiento alguno.
- Paneles moldeados en una pieza con única tecnología de moldeo sobre moldeo (Overmolding).
- Diseño de tubos individuales: no acumula humedad, permite dar paso a la fuerza del viento.
- Gran área de absorción y alto grado de eficiencia.
- Superliviano: solo pesa 5Kg x m2 con carga de agua.
- Utiliza el sistema de filtrado existente de su piscina.
- Opera en todos los ángulos de inclinación.
- Único sistema Certificado bajo normas ISO.
- Durabilidad de más de 20 años.

DIMENSIONES Y PARAMETROS COLECTORES SOLARES HELIOLCOL POLIPROPILENO

Tabla 4.1 Dimensiones y Parámetros Colectores Solares

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	HC-50	HC-40	HC-38	HC-30
Largo	m	3.85	2.23	2.92	2.31
Ancho	m	1.2	1.2	1.2	1.2
Superficie	m ²	4.65	3.85	3.52	2.77
Peso “seco”	Kg.	10	8.5	8.2	6.8
Capacidad	Lit.	14.4	11.7	11.4	7.1
Peso “Húmedo”	Kg.	24	20.5	19.6	15.8
No. De Espaciadores	#	12	10	9	7
Peso Área Llena	Kg./m ²	5.16	5.3	5.36	5.7
Rec. Velocidad de Flujo	Lit./hr	1200	900	900	720

(Heliocol, 2012)

CERTIFICACION DE CONTACTO CON PRODUCTOS ALIMENTICIOS Y AGUA POTABLE

El polipropileno está certificado para ser usado con agua potable de acuerdo con el estándar estadounidense NSF-61⁴, y el alemán DVGW-W270⁵; y para contacto con productos alimenticios según la especificación del estándar suizo KsV-817041.

ESTABILIDAD MECANICA

Tabla 4.2 Estabilidad Mecánica

CARACTERISTICA S	UNIDA D	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3
Temperatura del Agua	°C	20	40	60
Presión de Operación Máxima Recomendada	Bar	8	6	4
	Psi	120	90	60
Presión de Ruptura	Bar	25	18	14
	Psi	360	260	200

(Heliocol, 2012)

4.7.2 SELECCIÓN BOMBA DE RECIRCULACIÓN

Los paneles solares se encuentran divididos en 5 grupos de 10 paneles en serie, lo que nos da un volumen total de 135 galones (512 Litros).

Para la selección de la bomba se van a tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- **Altura Estática:**

$$A_E = 8.00 \left[\frac{m^3}{s} \right].$$

⁴ **ANSI/NSF 61:** Asegurar que nuestros productos son seguros para estar en contacto con suministros de agua potable.

⁵ **DVGW-W270:** Certifica materiales de sellado para el abastecimiento de gas y distribución de agua en Alemania y países que lo utilicen.

- **Perdidas en la Tubería:**

$$H = \frac{10.67}{C^{1.852}} \times \frac{Q^{1.852}}{D^{4.87}} \times L$$

Dónde:

C: 150.

Q: 41666.67 [$\frac{m^3}{s}$].

D: 0.051 [m].

L: 10 [m].

$$H = \frac{10.67}{150^{1.852}} \times \frac{41666.67^{1.852}}{0.051^{4.87}} \times 10$$

$$H = 3.60 \left[\frac{m^3}{s} \right].$$

En la tubería se pierde 3.60 [$\frac{m^3}{s}$].

- **Perdidas en los Colectores:**

$$H_p = N_p \times \Delta H_u$$

Dónde:

N_p : 50 paneles.

ΔH_u : 0.06 [m].

$$H_p = 50 \times 0.06$$

$$H_p = 3.00 \left[\frac{m^3}{s} \right].$$

- **Perdidas en el Filtro:**

$$P_F = 3.00 \left[\frac{m^3}{s} \right].$$

- **Perdidas en los Calefones:**

$$P_C = 2.00 \left[\frac{m^3}{s} \right].$$

Las pérdidas totales son:

$$PPT = A_E + H + H_p + P_F + P_C$$

$$PPT = 8 + 3.6 + 3 + 3 + 2$$

$$PPT = 19.6 \left[\frac{m^3}{s} \right].$$

En la figura 4.2 se muestra la eficiencia de la bomba, con los datos calculados se analiza la potencia requerida para el sistema, y este nos da una bomba de recirculación de 3HP.

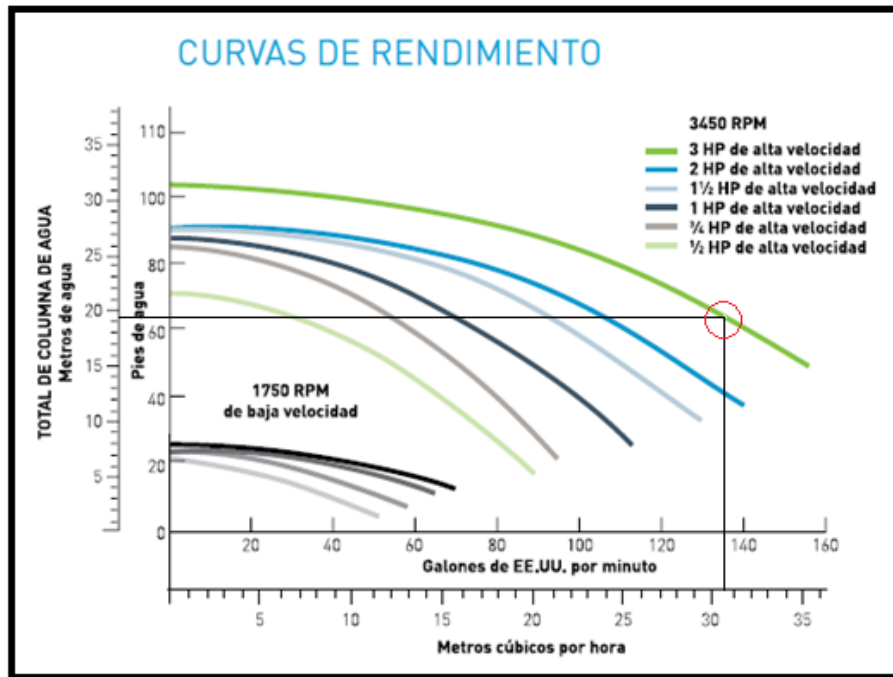


Fig. 4.2 Curva de rendimiento bomba
(pentairpool, 2013)

La bomba tiene las siguientes características: su carcasa de termoplástico, producto de un elaborado diseño de ingeniería, soporta el calor extremo y es resistente a la corrosión. El marco del motor de categoría comercial incorpora un eje de motor de acero inoxidable a prueba de óxido, además de rodamientos sellados que nunca necesitan lubricación, como se muestra en la figura 4.3 (pentairpool, 2013).



Fig. 4.3 Bomba de recirculación 3HP
(pentairpool, 2013)

Características:

- Canasta del colador y voluta de gran tamaño. Lo estándar en bombas para piscinas.
- Motores de bridas cuadradas estándar y de consumo eficiente de energía disponibles.
- Con menos hp, tiene un rendimiento superior a lo estándar en el sector.
- Compatible con todos los sistemas de limpieza, diferentes filtros y spas con acción de chorros.
- Construcción duradera, de alta resistencia, diseñada para una larga vida útil.
- Diseñado para aplicaciones residenciales y comerciales.
- El nuevo motor aumenta la vida útil, la energía, la eficiencia, la facilidad de instalación y un mejor enfriamiento para una larga vida útil.

4.8 DISTRIBUCIÓN FINAL COLECTORES SOLARES

El sistema se encuentra conformado por 44 paneles solares que se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

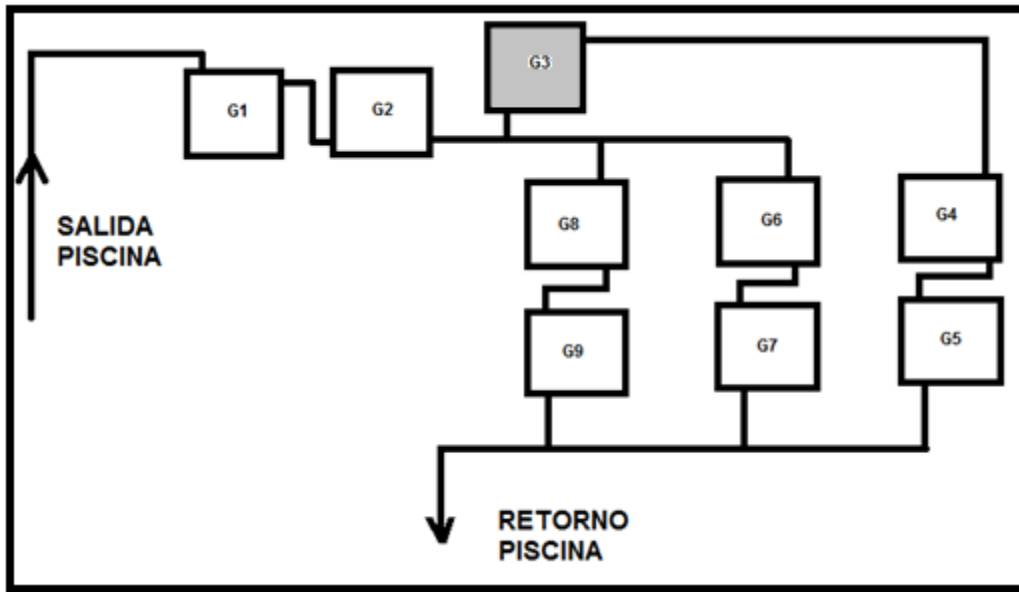


Figura 4.4 Conexión colectores solares

- Sobre el techo de la piscina están colocados 14 paneles solares, en 3 grupos, 2 grupos de 5 paneles solares conectados en paralelo en la parte este del techo como se muestra en la figura 4.5 (G1 y G2) y un grupo de 4 paneles solares con ganancia adicional proporcionada por el encapsulado de los paneles localizados en la cara norte del techo, como se detalla en la figura 4.6 (G3).



Figura 4.5 Distribución colectores solares techo ESTE piscina



Figura 4.6 Distribución colectores solares techo NORTE piscina

- Sobre el techo de los vestuarios se colocaron 20 paneles solares, en 4 grupos; 2 grupos de 5 paneles solares conectados en paralelo del lado sur del techo, véase figura 4.7 (G8 Y G9) y 2 grupos de 5 paneles solares conectados en paralelo del lado norte del techo como se muestra en la figura 4.8 (G6 Y G7).



Figura 4.7 Distribución colectores solares techo SUR vestuarios



Figura 4.8 Distribución colectores solares techo NORTE vestuarios

- Sobre el techo de las aulas se colocaron 10 paneles solares, en 2 grupos, 2 grupos de 5 paneles solares conectados en paralelo del lado este del techo, véase figura 4.9 (G4 Y G5).



Figura 4.9 Distribución colectores solares techo SUR aulas

Figura 4.10 Plano Sistema de Calentamiento Mixto

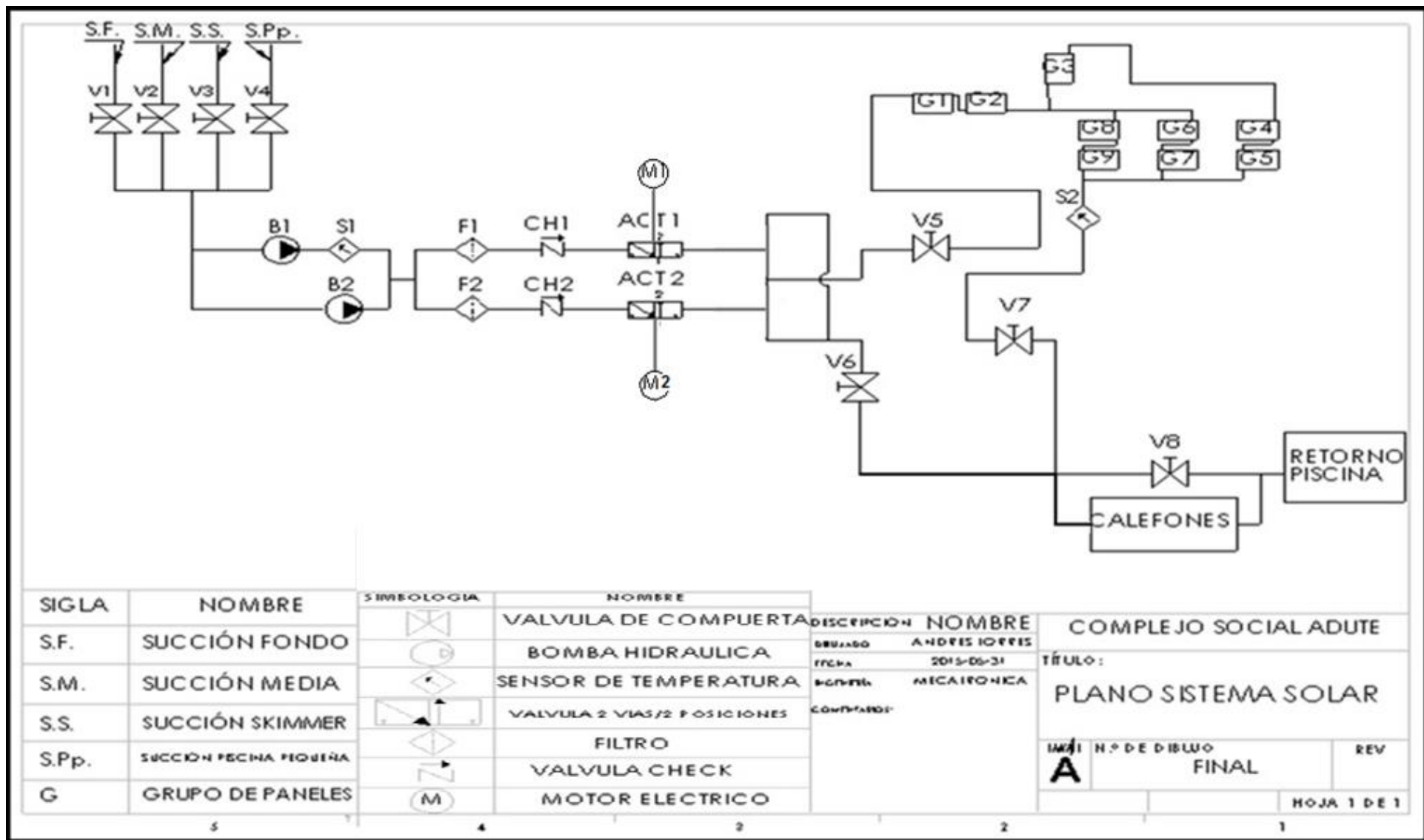
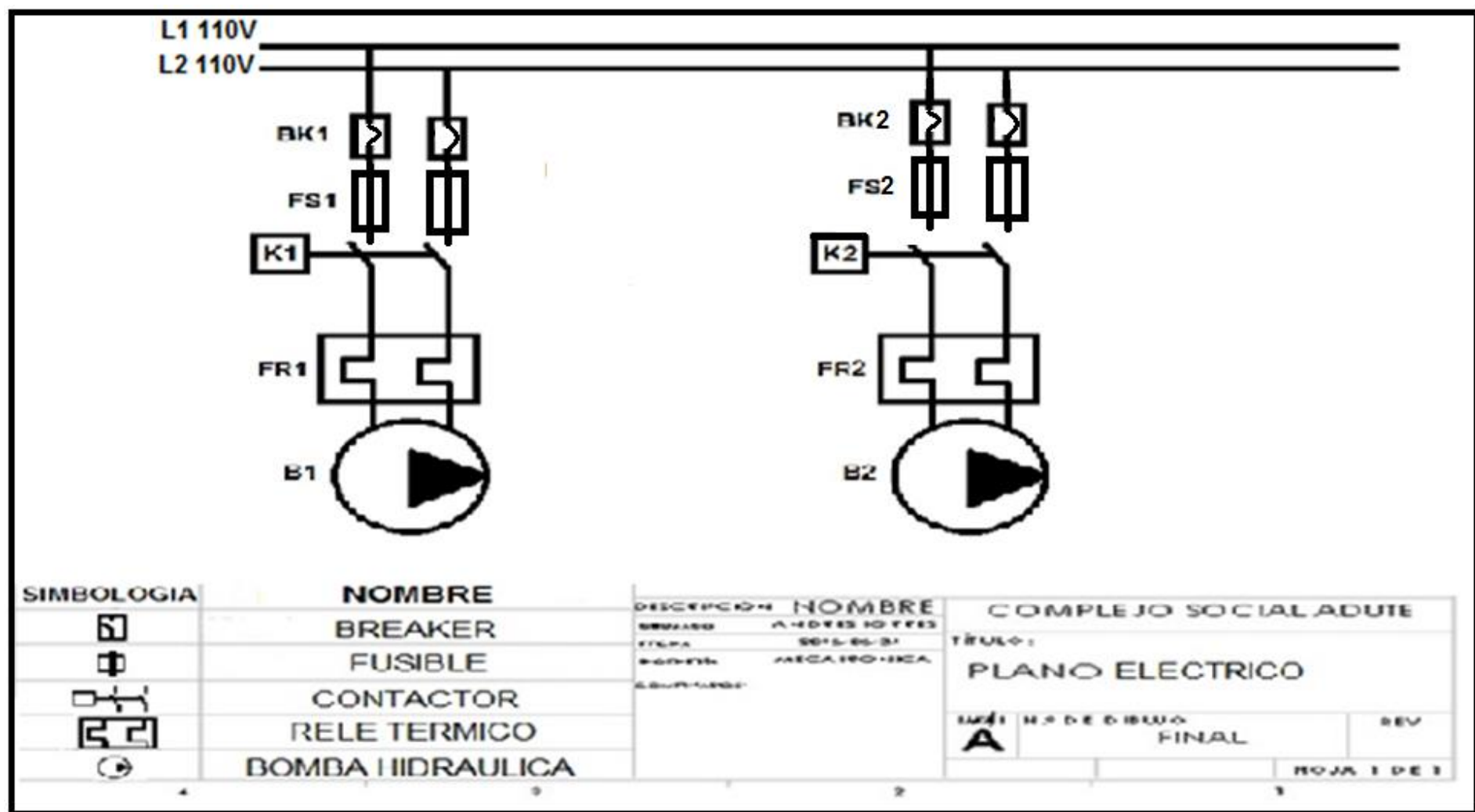


FIG. 4.11 PLANO SISTEMA POTENCIA BOMBAS



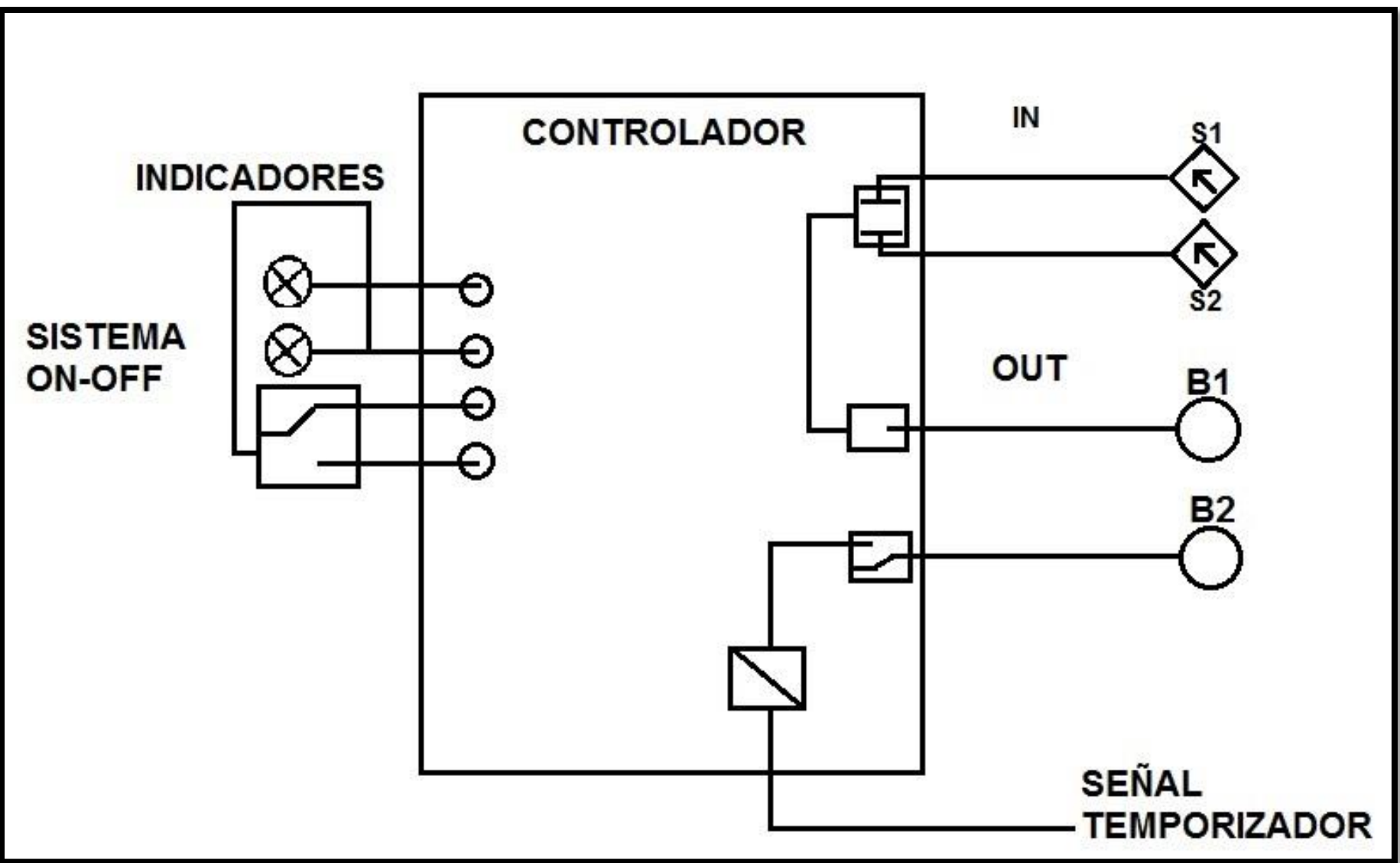


FIG. 4.12 CONEXION SISTEMA DE CONTROL

4.9 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

- El sistema de succión de la piscina, de fondo, medio, skimmer y de la piscina pequeña, aspiran el volumen de agua a ser calentado.
- El sistema de control se encuentra compuesto por un controlador que activa las bombas B1 y B2, con la señal proporcionada por los sensores S1 y S2, como se muestra en la figura 4.13.
- Para determinar un breaker de protección se analizaron las corrientes que van a circular por el sistema, especialmente las bombas de recirculación, estas generan un valor de corriente de 12 A, adicionalmente se debe tomar en cuenta que existe un valor pico al arranque de la bomba que aumenta este valor de corriente, el cual nos permite aislar el exceso de corriente dentro del gabinete, de esta manera se seleccionó un breaker doble de 20 A, ayudando al tratamiento de corriente, y al arranque de ambas bombas.
- De igual manera para el contactor que protege las bombas se determinó uno de 32 A ha 220V su bobina, basado en el cálculo anterior de corriente de las bombas, así ayudando al sistema con un sobredimensionamiento para evitar futuros problemas de quema de bombas o cualquier otra parte del sistema de potencia y de control.
- Los fusibles que se implementaron son de 20 A, exclusivos para el consumo de corriente de las bombas, al igual que el relé térmico que las protege, la bobina del relé térmico trabaja a 220V, asegurando que las protecciones eléctricas van a asegurar un rendimiento óptimo de las bombas, ya que están van a trabajar indefinidamente en el tiempo.



Figura 4.13 Tablero de Control

4.9.1 CONTROLADOR ELÉCTRICO SOLAR AQUA SOLAR 235

Controlador diferencial de temperatura especializado en calentamiento de piscinas, spas y canales de agua caliente. Su tecnología basada en un microprocesador que garantiza un rendimiento fiable y preciso. Las características avanzadas incluyen el control diferencial de temperatura, límite alto seleccionable, protección contra la congelación de recirculación programable, enfriamiento nocturno, y opcional de control de bomba de refuerzo, como se muestra en la figura 4.14 (Hayward, 2014).

- Control automático mediante el accionamiento de una válvula de 24V cuando hay calor solar disponible.
- Cambio automático (seleccionable) de calefacción solar de la piscina de enfriamiento nocturno de la piscina.
- Ajuste de un solo escenario de la piscina a la temperatura deseada.
- Protección contra la congelación de recirculación.

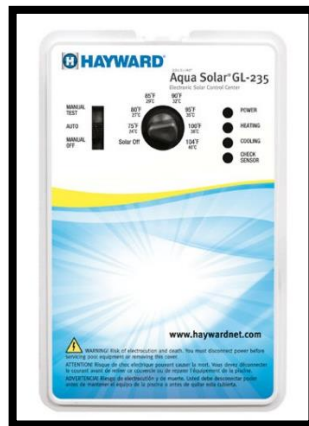


Fig. 4.14 Controlador Eléctrico GL – 235
(Hayward, 2014)

4.9.2 BREAKER STECK C40

El STECK C40 es apropiado para el nivel de corriente que se va a manejar en todo el sistema, ya que la corriente a la que va a trabajar es de 40 Amperios, con esto se protege el sistema de control al igual que la alimentación de bombas y actuadores.



Fig. 4.15 Disyuntor STECK C40
(STECK, 2014)

4.9.3 CONTACTOR DE POTENCIA LG MC-32A 220V

El contactor activa las bombas y motores del sistema, al igual que permite tener salidas de control para el proceso de activación de los actuadores efectuados por el controlador y sensores, las características del contactor son las siguientes:

Tabla 4.3 Especificaciones Contactor MC-32A

Contactos Auxiliares	02 NA y 02 NC
Numero de polos	Tripolar
Tensión	220 Vac
Tensión asignada	690 V
Tensión nominal aislamiento	1000 V
Frecuencia nominal	50/60 Hz
Tensión asignada de resistencia	8 Kv
Potencia inicial	80 VA
Potencia permanente	9 VA
Cadencia máxima	1800 operaciones/hora
Peso	550g

(Icosiberica, 2015)



Fig. 4.16 Contactor MC-32A

(Icosiberica, 2015)

El sistema tiene un timer para efectuar el cambio de funcionamiento de la bomba para el filtrado de la noche y calentamiento a gas, controlado por la señal de control.

- S1 se encuentra localizado a la salida de la bomba B1 detectando el valor de temperatura del agua absorbida por la piscina, mostrado en la figura 4.17, y S2 está localizado a la salida de los paneles solares, como se muestra en la figura 4.18.



Figura 4.17 Sensor S1



Figura 4.18 Sensor S2

4.9.4 SENSOR THERMISTOR 10 KOHM

Con alta sensibilidad y alta precisión sobre un amplio rango de temperaturas, los termistores de montaje en superficie con coeficiente negativo de temperatura están totalmente cubiertos de vidrio para protección medioambiental e incluyen contactos con barrera de níquel para mejor características de soldadura. Los termistores son ideales para compensar la temperatura, detectar y proteger circuitos en una variedad de aplicaciones.

El sensor determina una lectura de 25°C cuando el valor es de 10 KOhm cuando el sistema se encuentra desactivado. Para una temperatura dada, la lectura de la resistencia exactamente será $\pm 1\%$. Para una resistencia dada, la lectura de la temperatura exactamente será $\pm 0.5^\circ\text{F}$. El voltaje medido exactamente será $\pm 2\%$, que se muestra en la figura 4.19 (Hayward, 2014).

- Intercambiador de calor con placa de Níquel.
- Excelente para uso en agua salada y química, resistencia a la corrosión.
- Hasta un 18% de ahorro mediante la reducción de la bomba de tiempo de ejecución.
- Unión Común para la instalación o servicio, se adapta a grande Fontanería Recomendado para mayores eficiencias.



Fig. 4.19 Sensor Termistor

(Hayward, 2014)

- Cuando cualquiera de las bombas B1 o B2 son activadas los actuadores ACT1 y ACT2, junto con sus motores M1 y M2 envían el flujo de agua hacia el paso requerido, ya sea este por calentamiento solar o calentamiento de gas, pasando previamente por un sistema de filtrado F1 y F2, véase figura 4.20.

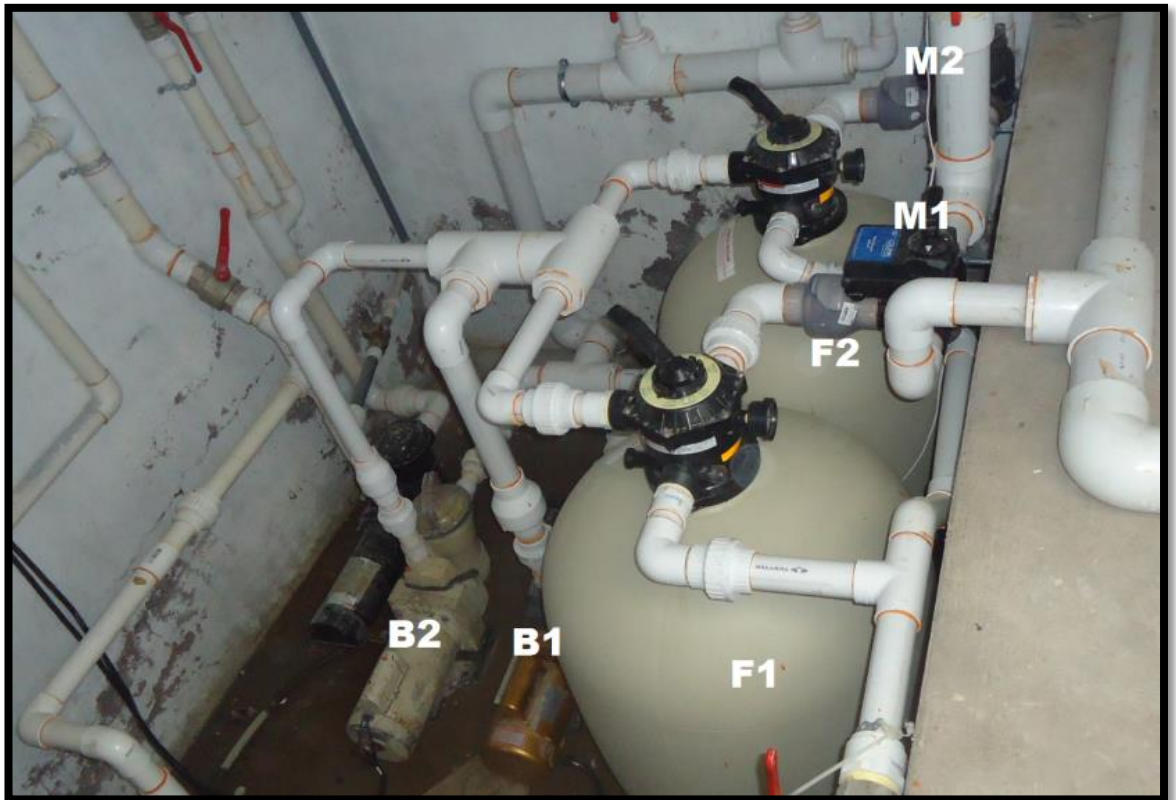


Figura 4.20 Cuarto de Bombas

- Cuando la diferencia de temperatura de S1 y S2 es de 1°C ($S2 > S1$) el controlador envía la señal a la bomba B1 para que se active y envíe el caudal de agua a los paneles solares para su calentamiento y recirculación.
- Si la diferencia de temperatura de S1 y S2 es menor la bomba B1 no es activada y el sistema no recircula agua.
- La bomba B2 es activada automáticamente a las 7 de la noche por un timer que se encuentra en el tablero de control, procediendo con el filtrado y calentamiento de la piscina con gas.

- El sistema puede trabajar con los dos tipos de calentamientos, activando manualmente la bomba B2 y abriendo de igual manera manual la válvula V6.

4.9.5 ACTUADOR DE VÁLVULA GVA – 24

Pensado para uso con válvulas de 2 y 3 puertas. Ofrece torque máximo, 24VAC motor bidireccional, como se muestra en la figura 4.21 (Hayward, 2014).

CARACTERÍSTICAS

- CVA24 Actuador de válvula
- Evita las bombas sigan funcionando sin agua
- Carcasa a prueba de corrosión
- Incluye cable de 25 pies (4,57 m)
- Interruptor de servicio (para controlar la dirección del flujo)
- Con certificación UL para su utilización con IntelliTouch



Fig. 4.21 Actuador de válvula
(Hayward, 2014)

4.9.6 FILTRO DE MONTAJE SUPERIOR SD80

Para seleccionar el filtro se toma en cuenta el volumen de piscina, así se acude a una tabla de datos, con la cual se realizara la elección más óptima.

Filtro de montaje superior son los filtros de arena de alto rendimiento perfectos. Son increíblemente fáciles de operar y mantener, y se los fabrica teniendo en mente su confiabilidad a largo plazo como se muestra en la figura 4.22 (pentairpool, 2013).

CARACTERÍSTICAS

- Válvula multipuerto, de montaje superior, de 6 posiciones
- La combinación de agua y arena en el desagüe hace que el mantenimiento y el almacenamiento durante el invierno sean fáciles y rápidos

Se presenta la tabla de funcionalidad de los filtros. El filtro que se ajusta a las necesidades con los datos del volumen de la piscina es el filtro SD80, se determinaran el uso de 2 de ellos conectados en paralelo para si aumentar la capacidad de renovación y mantener la presión, ya que el volumen de la piscina es de 57500 galones, y el de los filtros seria de 72000 galones, satisfaciendo las necesidades requeridas de filtrado.

Tabla 4.4 **Especificaciones Filtro de Montaje Superior**

Producto Modelo	Área de filtrado efectiva [ft ²]	Presión máxima [PSI]	Velocidad de circulación del agua [galones por min]	Capacidad de renovación [galones]			Cant. Tot. De arena requerida [lb]
145315 SD35	1,4	30	35	16000	21000	25200	100
145320 SD40	1,8	35	40	19200	24000	28800	150
145322 SD60	2,3	40	60	28800	36000	43200	200
145367 SD70	3,15	50	70	33600	42000	50400	300
145333 SD80	3,5	50	75	36000	45000	54000	350

(Pentairpool, 2013)



Fig. 4.22 Filtro SD80
(pentairpool, 2013)

En la figura 4.23 se muestra el flujo de agua que pasa por el sistema por el método de calentamiento solar.

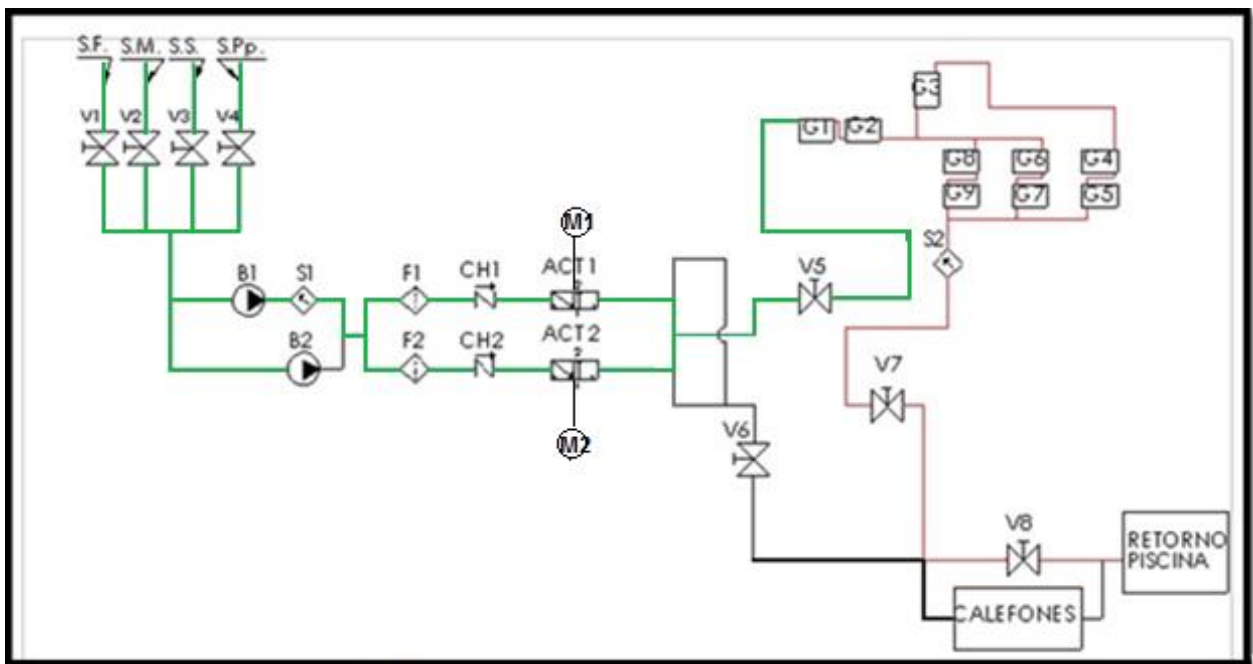


Figura 4.23 Calentamiento de agua con sistema solar

En la figura 4.24 se muestra el flujo de agua que pasa por el sistema por el método de calentamiento a gas, las líneas azules representan el paso de agua fría, y las líneas rojas el agua caliente.

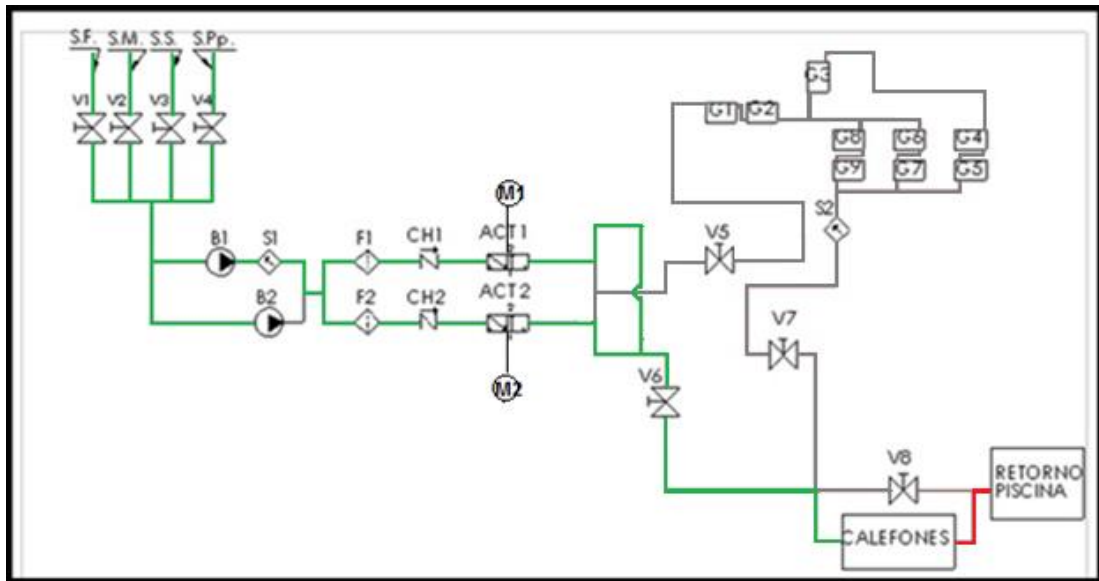


Figura 4.24 Calentamiento de agua con sistema a gas

En esta figura se demuestra cómo actúa el bypass que se encuentra después de las válvulas V6 y V7, realizando un calentamiento directo del agua de recirculación de la piscina, para esto se debe cerrar la válvula V5, V7.

5. ANALISIS DE RESULTADOS

El análisis analítico de un sistema permite determinar el funcionamiento del mismo, de esta manera el ingeniero como el usuario toman medidas preventivas buscando generar la conformidad y obtener los resultados más óptimos y llevaderos, todo analizado con prototipos, pruebas y demás métodos preventivos al momento de montar el sistema.

5.1 TABLA DE VALORES TEMPERATURA

Tabla 5.1 Valores medidos temperatura piscina ADUTE

CUADRO DE TEMPERATURA						
FECHA	HORA	GRADOS (°C)	HORA	GRADOS (°C)	HORA	GRADOS (°C)
26/05/2015	9:41	27	15:05	27	20:15	27
27/05/2015	9:21	26	15:17	27	20:44	27
28/05/2015	8:21	27	14:22	27	20:11	27
29/05/2015	8:11	28	13:45	27	20:16	27
30/05/2015	9:11	30	14:22	28	20:15	29
31/05/2015	9:15	32	14:11	32	20:10	31
01/06/2015	8:22	32	14:28	32	19:46	32
02/06/2015	8:42	30	14:28	32	20:02	31
03/06/2015	8:11	30	14:44	31	20:11	31
04/06/2015	8:51	30	13:40	32	20:22	31
05/06/2015	9:11	31	14:11	31	20:02	30
06/06/2015	8:21	31	15:05	30	20:11	30
07/06/2015	8:39	29	14:19	31	20:44	30
08/06/2015	8:03	29	15:11	29	20:01	29
09/06/2015	8:22	29	14:31	30	20:16	29
10/06/2015	8:03	29	14:21	30	20:10	30
11/06/2015	8:25	30	13:02	30	19:42	29
12/06/2015	8:29	31	14:11	31	20:11	30
13/06/2015	8:46	31	13:26	31	20:44	30
14/06/2015	8:41	30	14:36	31	20:09	30
15/06/2015	8:11	30	13:51	32	20:16	31
16/06/2015	8:21	30	13:44	31	20:31	31
17/06/2015	8:06	31	13:30	32	20:06	31
18/06/2015	8:09	31	14:10	32	19:44	31
19/06/2015	9:51	31	14:44	32	19:11	32
20/06/2015	10:32	32	13:36	31	19:13	31
21/06/2015	8:53	31	13:58	29	18:47	29
22/06/2015	8:30	29	14:31	32	20:42	31
23/06/2015	8:26	30	14:16	31	20:34	31

24/06/2015	8:21	29	14:46	31	19:54	31
25/06/2015	8:43	29	14:37	31	20:33	31
26/06/2015	8:59	30	14:16	32	20:11	31
27/06/2015	8:06	31	12:56	30	20:44	30
28/06/2015	9:43	31	13:52	30	20:06	29

Los datos expuestos en la tabla 5.1 demuestran los valores reales en los que oscila la temperatura de la piscina en el periodo de tiempo descrito.

Para un mejor análisis se divide en periodos de tiempo los valores medidos, como se muestra con las siguientes gráficas.

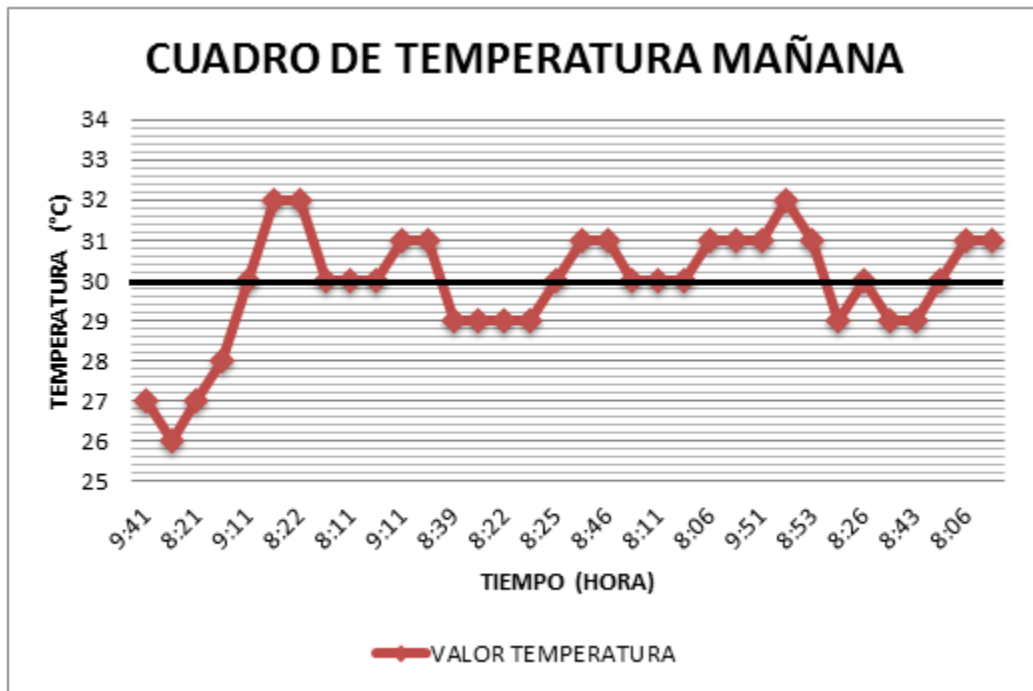


Figura 5.1 Cuadro de temperatura mañana

El resultado de la media aritmética es:

Media Aritmética = 29.91°C

Desviación Estándar = 1.40

Media Aritmética = 30.00°C

Desviación Estándar = 1.37

Estos valores nos demuestran los valores en los que se encuentra trabajando el sistema, el valor experimental promedio estimado fue de 30°C, y los valores promedio a la que se encuentra la temperatura son los requeridos y calculados, así que el sistema cumple con las expectativas y su funcionamiento es el óptimo.

En la tabla 5.2 se muestran los resultados del promedio y desviación de los datos.

Tabla 5.2 Tabla promedio y desviación estándar temperatura

HORARIO	MEDIA ARITMETICA	DESVIACION ESTANDAR
MAÑANA	29.91°C	1.40
MEDIO DIA	30.44°C	1.62
NOCHE	30.00°C	1.37

5.2 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

5.2.1 ENCUESTA DE SENSIBILIDAD

1: ¿Cuántas veces en el año ha visitado el complejo social de la ADUTE?

2: ¿Con qué frecuencia utiliza la piscina del complejo social de la ADUTE?

- Baja (de dos a tres veces en el año)
- Media(1 vez al mes)
- Alta(1 ves a la semana)

3: ¿Qué tiempo utiliza la piscina?

- 1-15 minutos
- 16-30 minutos
- 31-60 minutos
- 60 minutos- en adelante

4: ¿Qué opina de la temperatura del agua?

- Muy fría
- Fría
- Templada
- Caliente
- Muy caliente

5: ¿Se siente deshidratado o con poca energía cuando sale de la piscina?

- Si
- No

6: ¿Cree que la temperatura de la piscina es la adecuada?

- Si
- No

7: ¿Conoce que combustible se usa para calentar el agua de la piscina?

- Si
- No

8: ¿Es Ud. partidario de utilizar energía solar para calentar el agua de la piscina?

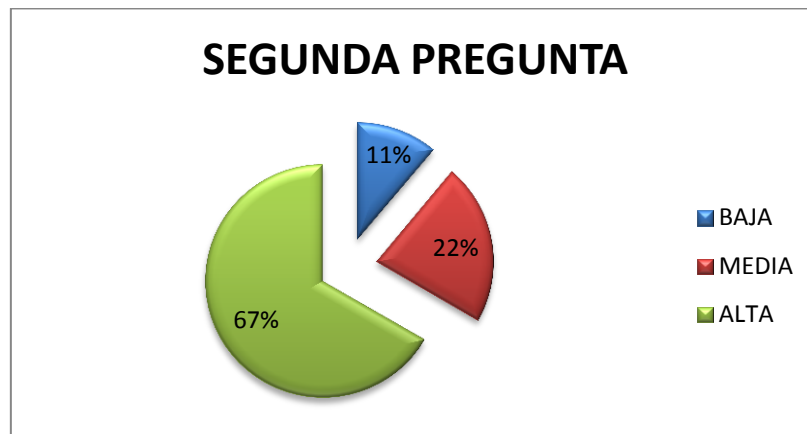
- Si
- No

5.2.2 INTERPRETACION DE RESULTADOS

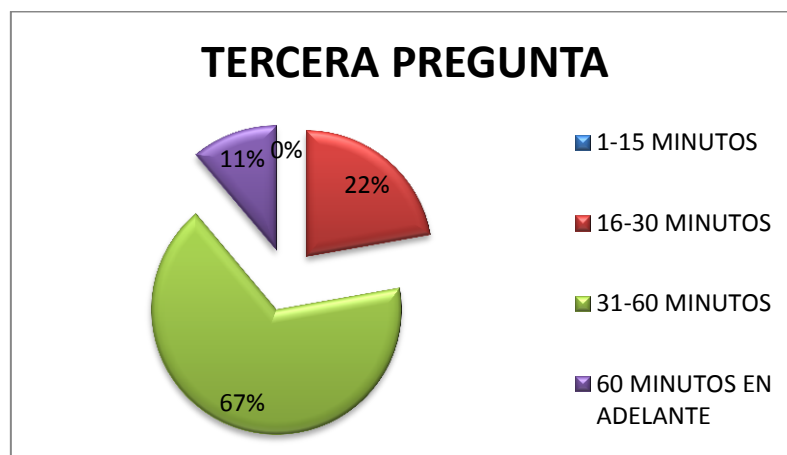
1: ¿Cuántas veces en el año ha visitado el complejo social de la ADUTE?

Analizando que es una pregunta no cuantificable, representa un valor estimado de personas que acuden con frecuencia al complejo social de la ADUTE a disfrutar de todos sus atractivos, incluyendo el uso de la piscina.

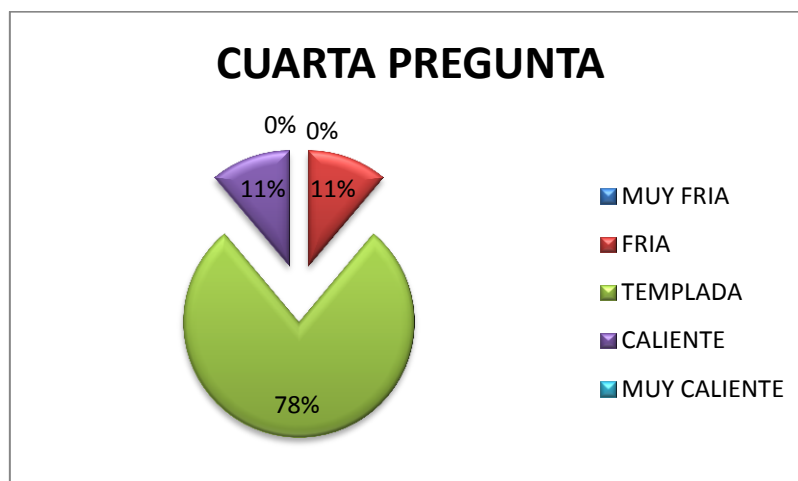
2: ¿Con que frecuencia utiliza la piscina del complejo social de la ADUTE?



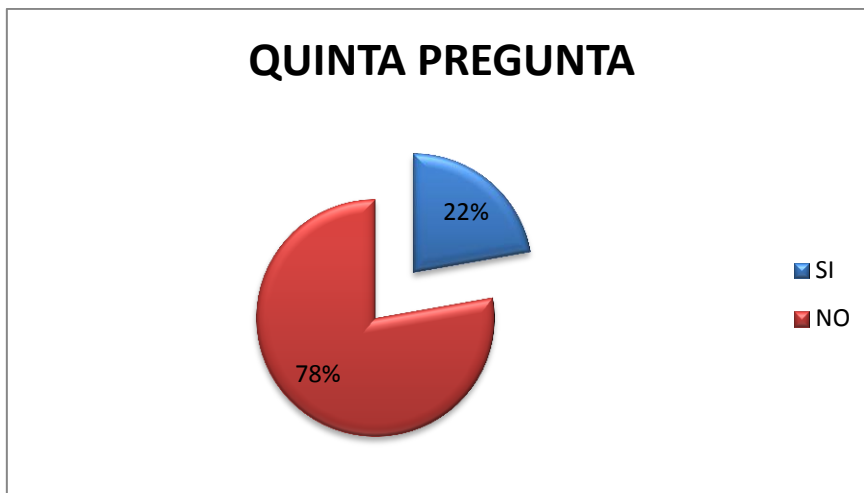
3: ¿Qué tiempo utiliza la piscina?



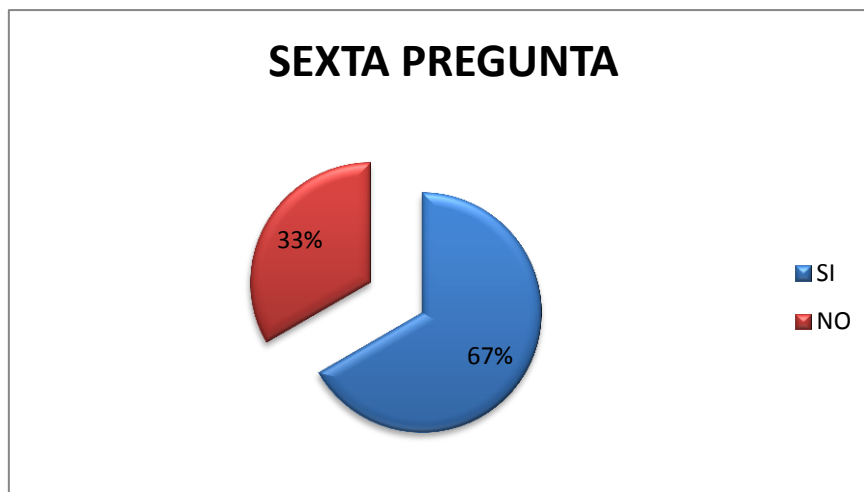
4: ¿Qué opina de la temperatura del agua?



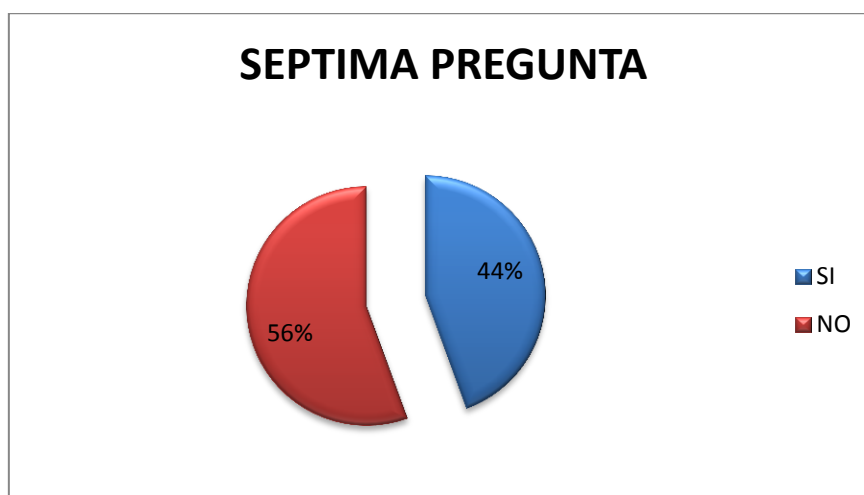
5: ¿Se siente deshidratado o con poca energía cuando sale de la piscina?



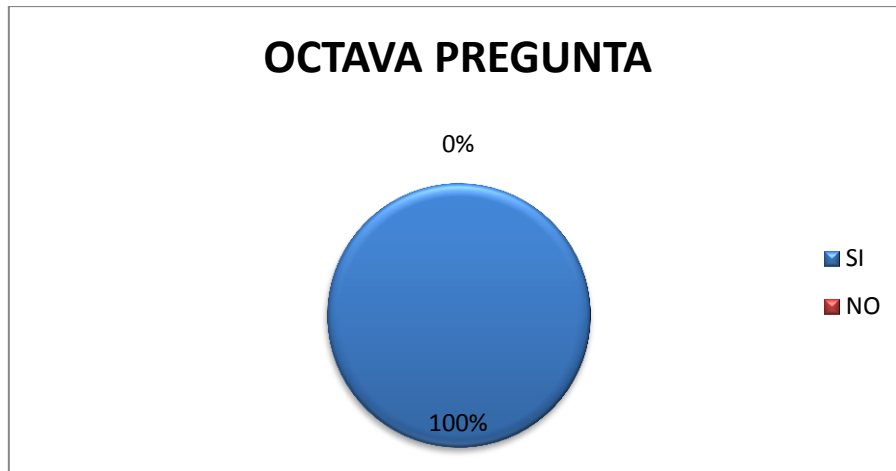
6: ¿Cree que la temperatura de la piscina es la adecuada?



7: ¿Conoce que combustible se usa para calentar el agua de la piscina?



8: ¿Es Ud. partidario de utilizar energía solar para calentar el agua de la piscina?



Los resultados permiten determinar que los usuarios de la piscina la utilizan durante 60 minutos aproximadamente, lo que les genera fatiga, pero estimaron que la temperatura es templada lo cual permite compensar con la energía que gasta cada persona, con esto los datos de la tabla 5.1 A semejan el valor promedio de temperatura en cual se debería encontrar la piscina para un buen uso y confort; de igual manera todos los usuarios se encuentran motivados por la implementación de energía solar para el calentamiento de la misma.

6. FACTIBILIDAD ECONOMICA

Analizar la rentabilidad y viabilidad del proyecto, tomando en cuenta el tiempo de retorno de capital al igual que el tiempo útil del sistema

6.1 ANALISIS FINANCIERO

Los elementos que se utilizaron en la implementación del sistema se detallan en la tabla 6.1:

Tabla 6.1 **Detalle elementos del sistema**

CANTIDAD	DETALLE	PRECIO UNTARIO (\$)	TOTAL (\$)
50	Panel Solar Heliocol	242.34	12,117.00
120	Collarín Unidad	9.44	1,132.80
20	Tapón Final Heliocol	5.38	107.60
20	Conector para Tubo CPVC Heliocol	8.07	161.40
1	Válvula de vacío Heliocol	20.83	20.83
1	Válvula Desfogue de Aire Heliocol	20.83	20.83
1	Control Aquastar Completo	516.39	516.39
100	Lagarto Anclaje Superior Heliocol	9.44	944.00
50	Lagarto de Anclaje Inferior Heliocol Pequeño	9.44	472.00
1	Bomba Wishperflo de 3 HP	1,418.50	1,418.50
2	Filtro de 26''	461.34	922.68
1	Tablero de Recirculación Panel Solar	550.00	550.00
1	Motor Actuador Aquastar Heliocol	150.00	150.00

1	Mano de Obra	3250.00	3250.00
1	Materiales Varios de Instalación	3350.00	3350.00
TOTAL			26103.22

(AquaRenovable, 2015)

El sistema se encuentra en funcionamiento con los valores de temperatura mostrados en la tabla 4.1, pero para que la temperatura permanezca estable es necesario la utilización del sistema a gas en la noche, de esta manera la recirculación que se genera en el sistema de filtrado ayuda a mantener la temperatura.

Desde el día jueves en la noche trabaja el sistema a gas hasta el día sábado de igual manera en la noche, así la energía se conserva y se satisface las necesidades de los usuarios, esto genera un costo mensual de \$ 210.

Analizando el valor de la inversión, el cual es \$ 26103.22 se puede deducir el tiempo de recuperación de dicha inversión, tomando en cuenta el valor actual del consumo de gas el valor final ahorrado es de \$22536.00; determinado así que la inversión se va a recuperar en 1 año con 3 meses, periodo analizado en el alcance del proyecto, y transformando en efectivo el sistema solar implementado.

Para determinar qué tan rentable se torna el proyecto se va a analizar el VAN (valor actual neto) y el TIR (tasa interna de retorno).

VAN (Valor Actual Neto): Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros o en determinar la equivalencia en el tiempo 0 de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Dicha tasa de actualización o de descuento es el resultado del producto entre el coste medio ponderado de capital (CMPC) y la tasa de inflación del periodo. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es

recomendable que el proyecto sea aceptado. Mediante la ecuación 6.1 se termina su valor (Gómez, 2015).

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad \text{EC. 6.1}$$

Dónde:

I = Inversión del proyecto

n = Número de años de la inversión

r = Tasa de interés a recuperar de la inversión

Q_n = Flujo de caja anual de salida o entrada de capital

Basado en esta fórmula se determina el VAN para el proyecto, el cual presenta el siguiente resultado.

Se determina que la inversión inicial es de \$26103.22, con un flujo de capital anual basado en el consumo de gas actual, el cual es de \$25056 con una tasa de interés de recuperación del 50% a un plazo de 5 años, se determina:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

I = \$ 26103.22

n = 5 años

r = 50%

Q_n = \$ 25056

$$VAN = -26103.22 + \frac{25056}{(1+0.5)} + \frac{25056}{(1+0.5)^2} + \frac{25056}{(1+0.5)^3} + \frac{25056}{(1+0.5)^4} + \frac{25056}{(1+0.5)^5}$$

$$VAN = \$ 17409.67$$

Los \$17409.67 nos muestran el valor en el presente de la inversión, es decir, que con los valores financieros estructurados del sistema nuestra inversión va a generar una ganancia dentro del periodo establecido hasta cumplir con la

totalidad de la inversión y posteriormente convertirse en ganancia, puesto que los colectores solares poseen 10 años de garantía y 25 años de vida útil; así podemos determinar que el sistema implementado es rentable y viable.

TIR (Tasa Interna de Retorno): En una inversión es el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica por cierto el supuesto de una oportunidad para "reinvertir". En términos simples, diversos autores la conceptualizan como la tasa de descuento con la que el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero, para su determinación se utiliza la fórmula del VAN (Gómez, 2015).

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad \text{Ec. 6.1}$$

En este caso el valor de VAN va a ser 0, reemplazando en Ec. 6.1 se obtiene:

$$0 = -I + \sum_{n=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Despejando r se obtiene la siguiente ecuación, Ec.6.2:

$$\frac{I}{Q_n} = \frac{1-(1+r)^{-n}}{r} \quad \text{Ec. 6.2}$$

Reemplazando los datos que sabemos en la Ecuación 3.2, obtenemos los siguientes resultados:

$$\frac{26103.22}{25056} = \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r}$$

$$\frac{1-(1+r)^{-n}}{r} = 1.04$$

Con el resultado que obtenemos de dividir la inversión inicial con el flujo de caja anual, podemos dar valores a r para determinar el porcentaje que se va a recuperar de la inversión en cada año de implementación.

Si utilizamos r = 93%, obtenemos lo siguiente:

$$\frac{1-(1+0.93)^{-5}}{0.93} = 1.04$$

El TIR anual va a ser del 93% a 5 años; esto quiere decir que en promedio el 93% de la inversión se va a recuperar cada año aproximadamente,

contribuyendo con la rentabilidad del proyecto y generando ganancias de capital, ya que en 1 año y 3 meses se recupera la inversión total.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Se presentan ventajas y desventajas de la implementación del proyecto, tales como:

VENTAJAS:

- Con la implementación de colectores solares como fuente renovable de calentamiento térmico se ayuda a la eliminación de quema de hidrocarburos que era el principal componente utilizado.
- El sistema de control permite mantener la piscina en la temperatura de confort.
- Gracias a las propiedades presentes en el material de los colectores estos presentan una larga vida útil, y su mantenimiento no requiere gran inversión.
- Reducción en el consumo de gas, al igual que presentan facilidad para el suministro del mismo, para todas las partes involucradas.
- La inversión se recupera dentro de 1 año 3 meses con los gastos presenten hasta la fecha, dando a conocer resultados favorables del proyecto.

DESVENTAJAS:

- Poca estabilidad en la temperatura, ya que el rango del controlador no posee una alta precisión por su naturaleza.
- Por presencia de nubes, lluvia u otro objeto sólido en el ambiente que interfiera con el nivel de radiación requerido por los colectores solares para un óptimo funcionamiento.

Para la eliminación de estas desventajas se tomó en cuenta el número exacto de colectores solares para de esta manera contrarrestar los cambios climáticos presentes, al igual que seguir utilizando el calentamiento a gas, es decir tener un sistema mixto para poder establecer la temperatura del agua de la piscina en un valor constante, que a su vez sea la requerida por el usuario y ayude a la disminución de gastos.

- Con base en la investigación teórica y práctica se determinaron los factores de confort para los usuarios con datos internacionales y nacionales, al igual que Normas que los rigen, la temperatura promedio cuando solamente se utilizaba gas era de 32,62°C, con la implementación de paneles solares la temperatura promedio es de 30,11°C, valor que se encuentra en los parámetros recomendados para una piscina cubierta, ayudando a conservar la energía corporal de los usuarios implementando un sistema apto para obtener resultados con alta eficiencia y disminución de costos.
- Las variables que se involucran en el diseño del sistema son; la superficie de la piscina, el volumen de la misma, la radiación de la ubicación geográfica, al igual que la humedad del ambiente, también los tipos de captadores solares, sus características de funcionamiento y el número de ellos que se va a utilizar. El análisis de balance energético al igual que el cálculo de las pérdidas en la piscinas nos confirman que el número de colectores solares instalados son los suficientes para obtener los resultados de temperatura esperados, los cuales fueron aceptados por los usuarios en la encuesta realizada.
- El diseño del sistema de control implementado permite al sistema un funcionamiento automático, este consta con un controlador de temperatura, entradas de sensor de temperatura y salida de actuadores motorizados, en este caso las bombas del sistema, cuando existe una diferencia de temperatura entre los sensores termistor es de 1°C el sistema automáticamente activa la bomba para recircular el agua por los colectores solares realizando un calentamiento constante y uniforme, y la otra bomba se encuentra conectada al sistema de gas para un calentamiento automático en la noche con un temporizador que controla su activación, de esta manera el agua permanece en una temperatura estable, priorizando el sistema solar.
- El número de colectores solares calculados son 48, pero la implementación final fueron 44, puesto que la estructura y orientación

donde se los iba a colocar no era apta para brindar la mayor eficiencia, de esta manera se decidió cambiar 8 paneles solares Heliocol HC-50 por 4 colectores solares con un sistema más eficiente, los cuales poseen un encapsulado para conservar el calor y no se distribuya ni se enfríe por el viento, este grupo de colectores se colocaron en la cara norte del techo de la piscina, buscando balancear el nivel requerido de energía para el calentamiento óptimo de la piscina.

- La distribución de los colectores permite al sistema trabajar en óptimas condiciones, ya que sus conexiones ayudan a permanecer en la temperatura de confort preestablecida, así todos los elementos del sistema operan de manera sincronizada y generan un control automático.
- El análisis financiero revela que la inversión total para la implementación del proyecto fue de \$ 26103.22, el tiempo de retorno de la inversión es de 1 año y 3 meses, analizando el valor actual gastado en gas mensualmente representa \$210, y para determinar el valor de rentabilidad del sistema se realizó el estudio del TIR y VAN obteniendo una tasa de retorno del 93% anual en el periodo mencionado, afirmando el tiempo de recuperación de la inversión, y posteriormente generando ganancia, logrando ahorrar el 80% del valor del consumo mensual de gas, estos son indicadores positivos para el desempeño del proyecto por lo que se concluye en la aceptación del mismo.

7.2. RECOMENDACIONES

- Seguir el manual del usuario y plan de mantenimiento como se encuentra detallado en el anexo 1, de esta manera el sistema no sufrirá daño alguno, y sus componentes permanecerán operativos durante todo su ciclo de vida.
- Implementar un sistema de calentamiento eléctrico, basado en el cambio de la matriz energética con la implementación de hidroeléctricas en el país, buscando reducir la quema de hidrocarburos y contaminación del ambiente, supliendo el consumo de gas. Una alternativa es el calderín a gas descompuesto en el complejo social, el cual sería idóneo para reemplazar el viejo sistema de calefones, este calderín ayudará a reducir el consumo del gas conservando la misma cantidad de energía, pero si este llegara a fallar el sistema no tendría un respaldo.
- Actualmente las energías renovables se han constituido en un tema de interés y una herramienta para nuestras actividades, de esta manera se recomienda realizar una constante investigación para manejar los recursos naturales de nuestro país.
- Colocar válvulas a la entrada y salida de cada elemento del sistema, como son bombas, filtros y actuadores, para un mejor y más completo mantenimiento de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

- ✓ CASTRILLON, J y HINCAPIE D. (2012). *Potabilizar agua con energía solar, una alternativa para las comunidades más alejadas de los centros urbanos*. Madrid: Umbriel.
- ✓ CENGEL, Y. (2002). *Transferencia de Calor*. México D. F.: McGraw-Hill.
- ✓ CONELEC. (2008). *Atlas Solar del Ecuador con Fines de Generación Eléctrica*. Quito: Océano.
- ✓ CRIADO, A. (2013). *Diseño de una instalación solar térmica multipropósito para un edificio de viviendas en Granada*. Granada: RED.
- ✓ CRIOLLO, A.y POGO, A. (2011). *Diseño de un sistema dual de calentamiento de agua, por medio de energía solar y GLP y diseño estructural de la cubierta para la piscina de la Hostería "Los Juanes" en el cantón Santa Isabel*. Cuenca: Escuela Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingenierías. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- ✓ DE JUANA J Ma. (2002). *Energías Renovables para el desarrollo*. Madrid: Stonewall.
- ✓ ECHEVERRIA, J. (2004). *Análisis de las variables relacionadas con el diseño de un calentador solar para climatizar piscinas*. Santiago: Catalonia.
- ✓ FERNANDEZ, P. (2004). *Termodinámica Técnica*. Santander: Universidad de Cantabria.
- ✓ INEN. (2009). *Normativa de paneles solares*. Quito.
- ✓ INCROPERA, F y DE WITT, D. (2010). *Fundamentos de Transferencia de Calor*. México D. F.: Prentice Hall.
- ✓ JIMENEZ, A. y PORTALANZA, M. (2009). *Estandarización de sistemas de calentamiento de agua con energía solar en la ciudad de Riobamba. Tesis Ing. Mecánica*. Riobamba: Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- ✓ LOPEZ J. (2006). *Energía solar térmica. Manuales de energías renovables* Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- ✓ TANABE, K. (2008). *Low-cost high-efficiency Solar Cells with wafer bonding and plasmonic technologies*. Koln: Becker.

- ✓ MEINEL, A. (2005). *Aplicaciones de la energía solar*. Granada: Baladí.
- ✓ PADMANABHAN, B. (2008). *Modeling of solar cells*. Madrid: ICAI.
- ✓ ORDOÑEZ, A. (2001). *Manual de energías renovables*. Cuenca: Elkar.
- ✓ ORTEGA M. (2002). *Energías Renovables 2da edición*. Madrid: Luarna.
- ✓ ORTEGA R. (2012). *Estudio de las perspectivas de las energías renovables en los países del este*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- ✓ PUIG, P. y JOFRA, M. (2003). *Energías renovables para todos*. Madrid: Impedimenta.
- ✓ POSTSCAVAGE, W. (2011). *Physics and engineering of organic solar cells*. Washington D.C.: E. Litterae.
- ✓ SAN JOSE, C. (2009). *Manuales sobre energía renovable Solar Térmica*, México D.F.: Océano.
- ✓ Mapas del Mundo. *Latitud y Longitud del Ecuador*. Recuperado el 22 de octubre del 2014 de:
 - <http://espanol.mapsofworld.com/continentes/sur-america/ecuador/latitud-y-longitud-de-ecuador.html>
- ✓ BioEnergy. *Ventajas y desventajas de la Energía Solar Térmica*. Recuperado el 22 de octubre del 2014 de:
 - <http://www.bioenergysolar.com/index.php/es/ventajassolartermica.html>
- ✓ Clima-Data. *Situación Climatológica Parroquia de Calderón*. Recuperado el 22 de octubre del 2014 de:
 - <http://es.climate-data.org/location/34394/>
- ✓ Aquicito. *Parroquia de Calderón*. Recuperado el 22 de octubre del 2014 de:
 - http://www.quito.com.ec/parroquias/index.php?option=com_content&view=section&id=5&Itemid=11
- ✓ Bomba Pinnacle. *Características de la bomba*. Recuperado el 30 de octubre de 2014 de:
 - <http://www.poolplaza.com/Pinnacle-techspecs.shtml>
- ✓ Bomba Astralpool. *Características de la bomba*. Recuperado el 30 de octubre de 2014 de:

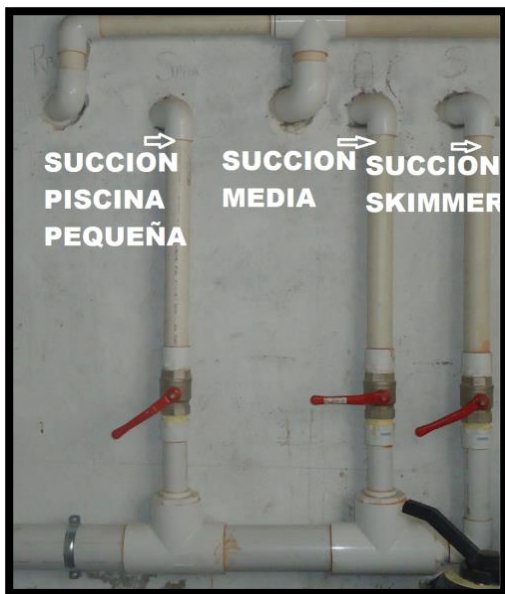
- http://fluidra.mx/export/sites/fluidrasites/MX/Resources/Downloads/Catxlogo_APM_2012.pdf
- ✓ Radiación Solar Ecuador. *Características y valor climatológicos Ecuador*. Recuperado el 18 de febrero del 2015, de:
 - <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi/in/sse/retscreen.cgi?email=rets%40nrcan.gc.ca&step=1&lat=-0.22&lon=-78.52&submit=Submit>
- ✓ Humedad Relativa Carapungo. *Ficha ambiental Calderón*. Recuperado el 19 de febrero del 2015 de:
 - <http://es.slideshare.net/galiron1989/ficha-ambiental-ebc-calderon>
- ✓ Controlador del sistema. *Funcionamiento controlador AquaSolar 235*. Recuperado el 19 de febrero del 2015 de:
 - <http://www.hayward-pool.com/shop/en/pools/res-in-ground/res-solar/aquasolar-gl-235-i-sog235--1>
- ✓ Sensor termistor. *Características y funcionamiento*. Recuperado el 21 de febrero del 2015 de:
 - <http://www.hayward-pool.com/shop/en/pools/thermistor-idxlter1930>
- ✓ Bomba de recirculación 3HP. *Características y funcionamiento*. Recuperado el 21 de febrero del 2015 de:
 - <http://www.pentairpool.com/es/products/bombas-piscinas-enterradas-bomba-de-alto-rendimiento-whisperflo-193.htm>
- ✓ Norma UNE, Recuperado el 22 de marzo del 2015, de:
 - <http://www.csd.gob.es/csd/instalaciones/politicas-publicas-de-ordenacion/actuaciones-en-el-ambito-tecnico/1normasNIDE/04Nide3/nide-3-normas-de-proyectos-piscinas/piscinas-cubiertas/7-condiciones-de-diseño-características-y-funcionalidad-de-piscinas-cubiertas>
- ✓ VAN y TIR. *Análisis financiero*. Recuperado el 21 de mayo del 2015, de:
 - <http://todoproductosfinancieros.com/tir-calculo-y-concepto/>

ANEXOS

ANEXO 1 MANUAL PARA EL USUARIO

1) Posición Normal Funcionamiento

- a) Verificar nivel de agua de la piscina.
- b) La posición de las válvulas de succión de fondo (S.F.) totalmente abiertas, la succión medio (S.M.) totalmente cerrada y la succión de los skimmer (S.S.) y piscina pequeña (S.Pp.) en posición semi-abiertas.



- c) La palanca del filtro debe estar en la posición "FILTRO".
NOTA: La palanca del filtro siempre se gira en sentido horario.



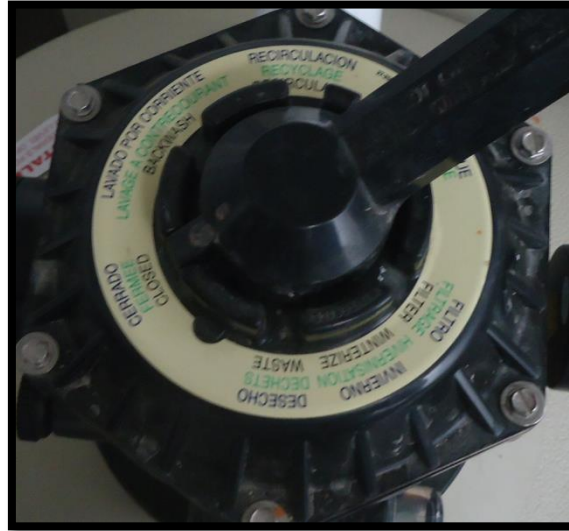
d) Los selectores del tablero eléctrico en posición "AUTO".



2) Limpieza Trampa de Pelos Canastilla Bomba

- a) Apagar el tablero eléctrico, colocando en "OFF" el selector
- b) Apagar la bomba

- c) La posición de las válvulas de succión de fondo (S.F.), succión medio (S.M.), succión de los skimmer (S.S.) y piscina pequeña (S.Pp.) en posición cerradas.
- d) La palanca del filtro debe estar en la posición “CERRADO”.



- e) Desenroscar la tapa plástica de la bomba y sacar la canastilla.



- f) Lavar la canastilla con agua
- g) La canastilla al volver a su posición se debe colocar el hueco dentro del tubo de succión para prevenir taponamientos.
- h) Mover la palanca del filtro a la posición “FILTRADO”.

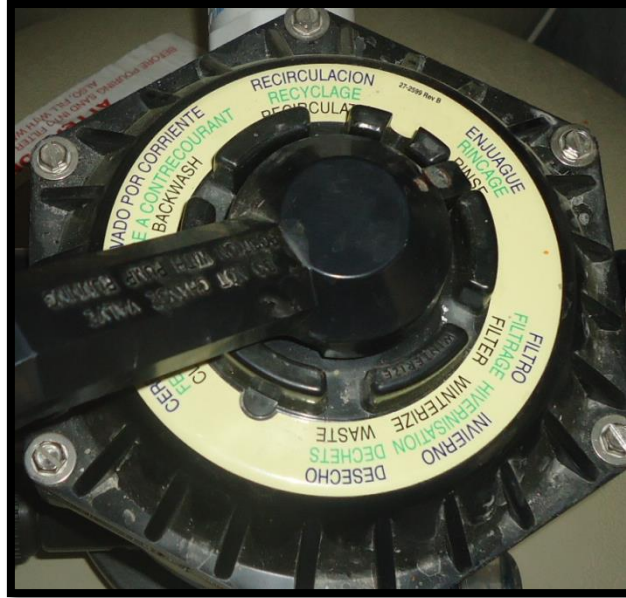
- i) Regresar las válvulas de succión de fondo (S.F.) totalmente abiertas, la succión medio (S.M.) totalmente cerrada y la succión de los skimmer (S.S.) y piscina pequeña (S.Pp.) en posición semi-abiertas.
- j) Tablero eléctrico en posición "AUTO".

3) Limpieza Filtro

- a) Apagar el tablero eléctrico, colocando en "OFF" el selector
- b) Apagar la bomba
- c) La palanca del filtro debe estar en la posición "LAVADO POR CORRIENTE".



- d) Encender la bomba de 15 a 20 segundos aproximadamente.
- e) Apagar la bomba.
- f) La palanca del filtro debe estar en la posición "ENJUAGUE".



- g) Encender la bomba de 15 a 20 segundos aproximadamente.
- h) Apagar la bomba.
- i) Repetir los literales c), d), e), f), g), h) durante 3 veces.
- j) Verificar flujo de agua limpia por el indicador del filtro.



- k) Retorno a la posición normal de funcionamiento.

TABLA DE MANTENIMIENTO

Sistema	Partes	Descripción	Acción	Responsable	Requerimiento	Tiempo	Frecuencia
Colectores Solares	Paneles solares	Verificar posición y limpieza	Limpiar la superficie de los paneles	Auxiliar de limpieza	Productos de limpieza	60 minutos	Semestral
	Sistema de Control	Revisar conexiones y funcionamiento	Medición y análisis de datos y funcionamiento	Tec. de mantenimiento	Inspección visual herramientas manuales	60 minutos	Mensual
	Bomba	Verificar funcionamiento y limpieza	Limpiar canastilla de la bomba	Tec. De mantenimiento	Inspección visual herramientas manuales	45 minutos	15 días
	Filtro	Verificar funcionamiento y limpieza	Limpiar el filtro con los detalles del manual de usuario	Tec. De mantenimiento	Inspección visual herramientas manuales	30 minutos	2 veces a la semana
	Accesorios de Conexiones	Verificar estado de acoples, uniones y fugas.	Reparación y cambio de accesorios	Tec. de mantenimiento	Inspección visual herramientas manuales	40 minutos	Semestral

← → ↻ 🏠 🔒 eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi

ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER

NASA Surface meteorology and Solar Energy: [RETScreen Data](#)

Latitude -0.15 / Longitude -78.367 was chosen.

	Unit	Climate data location
Latitude	°N	-0.15
Longitude	°E	-78.367
Elevation	m	1686
Heating design temperature	°C	12.61
Cooling design temperature	°C	23.09
Earth temperature amplitude	°C	10.87
Frost days at site	day	0

Month	Air temperature °C	Relative humidity %	Daily solar radiation - horizontal kWh/m ² /d	Atmospheric pressure kPa	Wind speed m/s	Earth temperature °C	Heating degree-days °C-d	Cooling degree-days °C-d
January	17.5	80.2%	4.14	83.3	1.7	19.2	21	232
February	17.6	80.3%	4.35	83.3	1.5	19.2	16	217
March	18.0	78.7%	4.55	83.3	1.4	19.8	10	250
April	17.9	76.6%	4.33	83.3	1.5	19.8	12	239
May	17.8	70.9%	4.12	83.4	1.7	19.8	14	243
June	17.3	66.8%	4.02	83.5	2.1	19.2	26	218
July	17.5	57.8%	4.27	83.5	2.3	19.9	24	233
August	18.6	51.4%	4.46	83.5	2.3	21.8	8	264
September	19.3	53.8%	4.27	83.4	2.1	22.9	4	276
October	19.3	60.3%	4.24	83.3	1.9	23.1	4	288
November	18.3	71.2%	4.30	83.3	1.9	21.3	10	251
December	17.6	79.8%	3.98	83.3	1.8	19.6	17	237
Annual	18.0	69.0%	4.25	83.4	1.9	20.5	166	2948
Measured at (m)					10.0	0.0		

Responsible > Data: Paul W. Stackhouse, Jr., Ph.D.
 Officials > Archive: John M. Rusterer
 Site Administration/Help: NASA Langley ASDC User

[Back to SSE Data Set Home Page](#)

ANEXO 3 ENCUESTA LLENA

6-6

ANÁLISIS SENSORIAL

1: ¿Cuántas veces en el año ha visitado el complejo social de la ADUTE?

Todo el año

2: ¿Con qué frecuencia utiliza la piscina del complejo social de la ADUTE?

- Baja (de dos a tres veces en el año)
- Medía (1 vez al mes)
- Alta (1 vez a la semana)

3: ¿Qué tiempo utiliza la piscina?

- 1-15 minutos
- 16-30 minutos
- 31-60 minutos
- Otros

4: ¿Qué opina de la temperatura del agua?

- Muy fría
- Fría
- Templada
- Caliente
- Muy caliente
- Otros

5: ¿Se siente deshidratado o con poca energía cuando sale de la piscina?

- Sí
- No
- Otros

6: ¿Cree que la temperatura de la piscina es la adecuada?

- Sí
- No
- Otros

7: ¿Conoce qué combustible se usa para calentar el agua de la piscina?

- Sí Gas y Sol
- No

8: ¿Es usted partidario de utilizar energía solar para calentar el agua de la piscina?

- Sí
- No

ANEXO 4 FACTURA AQUARENOVABLE

AQUARENOVABLE
DIEGO DE MENDEZ OE3-49 Y ULLOA
 2235-966 / 2529-461 / 097651525 / 097651564
 1792310067001

FACTURA N° CTZ5083

Fecha:	14-ene-2015	Ruc:	111111111
Cliente:	UTE UNIFICADO	Telefono:	
Direccion:			
Vendedor:	SOLEDAD		

CANTIDAD	DETALLE	PRECIO	TOTAL	Nro
50.00	HC-50 PANEL SOLAR HELIOLCOL	242.34	12,117.00	1
120.00	HC-PKC COLLARIIN UNIDAD	9.44	1,132.80	2
20.00	HC-106A TAPON FINAL HELIOLCOL	5.38	107.60	3
20.00	HC-117 CONECTOR PARA TUBO CPVC HELIOLCOL	8.07	161.40	4
1.00	HC-121B VALVULA DE VACIO HELIOLCOL BLANCA-GRIS	20.83	20.83	5
1.00	HC-121C VALVULAS DESFOGE DE AIRE HELIOLCOL NEGRA	20.83	20.83	6
1.00	HCGLCP-1P CONTROL AQUASTAR COMPLETO	516.39	516.39	7
100.00	HC-PKL LAGARTO ANCLAJE SUPERIOR HELIOLCOL	9.44	944.00	8
50.00	HC-PKLP LAGARTO DE ANCLAJE INFERIOR HELIOLCOL PEQUEÑO	9.44	472.00	9
1.00	MO MANO DE OBRA	2,500.00	2,500.00	10
1.00	MVI MATERIALES VARIOS DE INSTALACION	2,500.00	2,500.00	11
1.00	PEWP3HP BOMBA WISHPERFLO DE 3 HP	1,418.50	1,418.50	12
2.00	PENFA26 FILTRO DE 26"	461.34	922.68	13
1.00	HC-TBRPS TABLERO DE RECIRCULACION PANEL SOLAR	550.00	550.00	14
1.00	HC-GLCMOT MOTOR ACTUADOR AQUASTAR HELIOLCOL	150.00	150.00	15
1.00	MO MANO DE OBRA	750.00	750.00	16
1.00	MVI MATERIALES VARIOS DE INSTALACION	850.00	850.00	17

CONTRIBUYENTE ESPECIAL
 Resolucion. NACP-PCTRSGE12-00181
 del 04/04/2012


SUBTOTAL	25,134.03
DESCUENTO	1,827.58
IVA 12%	2,796.77
TOTAL	26,103.22

ANEXO 5 USUARIOS UTILIZANDO LA PISCINA



ANEXO 6 CARACTERISTICAS COLECTOR SOLAR BOSCH



Instalación con termosifón TSS150 / TSS200 / TSS300				
Certificados				
Otros datos		TSS 150	TSS 200	TSS 300
Peso aproximado de la instalación	kg	300	350	530
Distancia entre los soportes	mm	920	920	920 + 920
Medidas de la instalación montada ¹⁾ : L x A x H	mm	1150x2365x1705	1320x2365x1705	2320x2365x1705

Tab. 3 Datos técnicos de la instalación

1) Techo plano

Colectores FCB-TSS / FCC-TSS		
Longitud	mm	1965
Anchura	mm	1035
Altura	mm	67
Distancia entre los colectores	mm	25
Capacidad del absorbedor, tipo vertical	l	0,8
Superficie exterior (superficie bruta)	m ²	2,03
Superficie del absorbedor (superficie neta)	m ²	2,09
Peso neto, tipo vertical	kg	30
presión de funcionamiento permitida del colector	bar	6

Tab. 4 Datos técnicos de los colectores

Acumulador TSS150 / TSS200 / TSS300				
Versión		150 l	200 l	300 l
Peso (vacío)	kg	71	78	95
Volumen del circuito primario	l	13	13	20
Volumen del circuito secundario	l	150	195	280
Presión máx. de funcionamiento del circuito primario	bar	2,5		
Presión máx. de funcionamiento del circuito secundario	bar	10		
Diámetro	mm	580		
Anchura	mm	1120	1320	1850

CARACTERÍSTICAS COLECTOR SOLAR HELIOLCOL

Características Únicas del Heliocol

Tecnología de Inyección de Sobremoldeado

Proceso de inyección único que conecta los tubos verticales al colector para crear un panel que es literalmente una pieza única de plástico.

Forma Cilíndrica

Todas las partes son redondeadas, sin ángulos vivos, a fin de evitar la concentración de tensiones o el riesgo de reventón a altas presiones.

Aletas

Proporcionan fuerza añadida a la unidad evitando la expansión térmica diferencial y la distorsión del sistema

Diseño de los Tubos Individuales

Minimiza los efectos del viento sobre el panel y crea una extraordinaria estabilidad mecánica.

Barras Espaciadoras

Evitan la distorsión del panel con el tiempo y la abrasión de los tubos verticales debida a la expansión térmica del panel.

Estructura Modular

Permite una conexión rápida y firme entre paneles, para crear cualquier área de absorción deseada sobre cualquier tipo de techo

Partes y Accesorios

Fabricados enteramente en plástico, para una sencilla conexión entre los paneles y tuberías estándar.



Material Especialmente Formulado

Probado en laboratorios autorizados, de demostrada estabilidad frente a los efectos de una radiación UV continua, condiciones meteorológicas extremas y envejecimiento.

Pinzas Cocodrilo

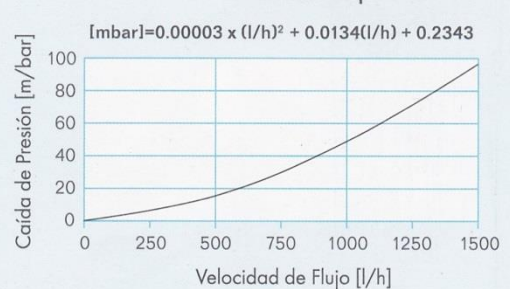
Montan firmemente el panel a cualquier tipo de techo con una mínima penetración.



Dimensiones y Parámetros de Diseño

Tipo de Colectores		HC-50 1.2x3.85m 4'x12.5'	HC-40 1.2x3.23m 4'x10.5'	HC-38 1.2x2.92m 4'x10'	HC-30 1.2x2.31m 4'x8'
No. Cat de MEE		127112	127111	127110	127108
Largo	m	3.85	3.23	2.92	2.31
Ancho	m	1.2	1.2	1.2	1.2
Superficie	m ²	4.65	3.85	3.52	2.77
Peso "Seco"	Kg.	10	8.5	8.2	6.8
Capacidad	Lit.	14.4	11.7	11.4	7.1
Peso "Húmedo"	Kg.	24	20.5	19.6	15.8
No. de Espaciadores	#	12	10	9	7
Peso de Área Llena	Kg. / m ²	5.16	5.3	5.3	5.7
Rec. Velocidad de Flujo	Lit. / hr	1200	900	900	720

Caída de Presión en el Panel vs. Velocidad de Flujo



Certificación de Contacto con Productos Alimenticios y Agua Potable

El polipropileno está certificado para ser usado con agua potable de acuerdo con el estándar estadounidense NSF-61, y el alemán DVGW-W270; y para contacto con productos alimenticios según la especificación del estándar suizo Ksv-817041 y el británico SI2000-3162.

Resistencia Química

El polipropileno es altamente resistente a: corrosión, sarro, cloro, bromo, iodo, ácido clorhídrico, sales, agua de mar y otros desinfectantes de piscinas.

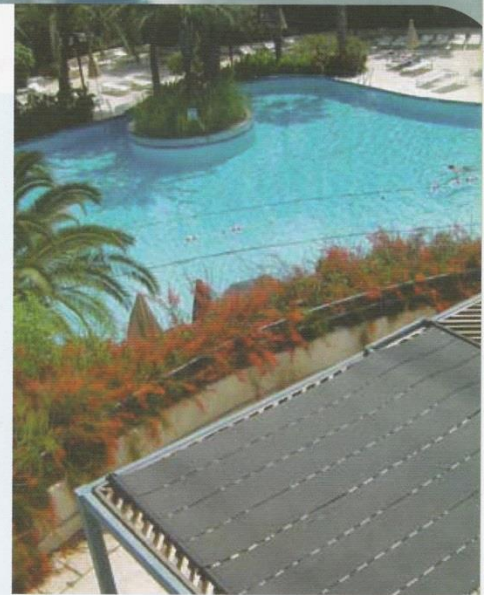
Índice de Rendimiento de F.S.E.C y Producción Diaria de Energía

Temperatura del Agua	Modelo/ Unidades	H.C - 50	H.C - 40	H.C - 38	H.C - 30
Fría 35°C (95°F)	kJ/día	48,600	41,000	37,000	29,400
	BTU/día	46,100	38,900	35,100	27,900
Media 50°C (122°F)	kJ/día	17,400	14,700	13,300	10,500
	BTU/día	16,500	14,000	12,600	10,000

Gráfico de Eficiencia y Ecuaciones del Colector

(Verificado por F.S.E.C. según la norma ASHRAE 96-1989)

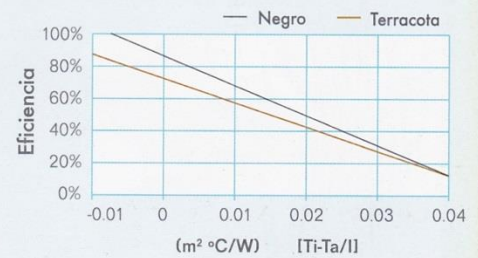
Negro		Terracota	
$\eta = 0.828 - 18.52 (T_i - T_a) / I$		$\eta = 0.727 - 15.59 (T_i - T_a) / I$	
Unidades de $(T_i - T_a) / I$ son $[m^2 C/Watt]$			
$\eta = 0.828 - 3.26 (T_i - T_a) / I$		$\eta = 0.727 - 2.75 (T_i - T_a) / I$	
Unidades de $(T_i - T_a) / I$ son $[h / ft^2 F/ BTU]$			



Estabilidad Mecánica

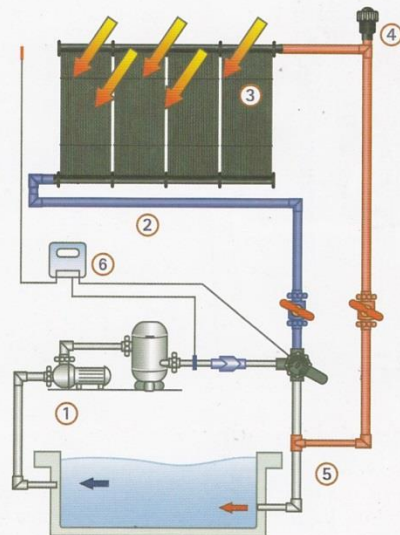
Temperatura del Agua	°C	20	40	60
	°F	68	104	140
Presión de Operación Máxima Recomendada	bar	8	6	4
	psi	120	90	60
Presión de Ruptura	bar	25	18	14
	psi	360	260	200

Gráfico de Eficiencia de Heliocol



¿Cómo Trabaja el Colector Solar?

1. A través de una válvula motorizada controlada, la bomba de la piscina, ya existente, lleva el agua al Sensor Solar. Mediante las bombas de las piscinas existentes, el agua es dirigida a los colectores solares a través de una válvula motorizada controlada.
2. El agua de la piscina ingresa a los colectores solares por la parte inferior y llega a la parte superior a través de los tubos individuales del colector.
3. La energía solar calienta el agua a medida que fluye a través de los colectores.
4. La Campana de liberación/evacuación de aire protege al sistema de la congelación.
5. Luego, el agua caliente regresa a la piscina, y el ciclo se repite hasta que ha sido calentada suficientemente por el sol.
6. El proceso de calentamiento solar es totalmente automático, utilizando un sensor de temperatura y un controlador diferencial.



CARACTERÍSTICAS COLECTOR SOLAR HIDROAGUA

Captador solar térmico MAXOL – TW

EDI 104

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

	2.1 TW	2.51 TW
DIMENSIONES		
Longitud (mm)	1.988	1.988
Anchura (mm)	1.041	1.218
Altura (mm)	91	91
Peso (kg)	37,2	44
SUPERFICIE		
Área total (m ²)	2,07	2,42
Área de apertura (m ²)	1,92	2,23
Área del absorbedor (m ²)	1,92	2,23
CUBIERTA		
Material	Vidrio templado bajo en hierro	
Transmisividad	0,91	
Espesor (mm)	4	
FUNCIONAMIENTO		
Conexiones	4 x ½" – M	
Montaje	Vertical	
Caudal recomendado (l/h x m ²)	50	
Conexión en línea	Máximo 7 captadores (recomendado 5)	



ABSORBEDOR

	2.1 TW	2.51 TW
PLACA ABSORBEDORA		
Material placa absorbedora	Cobre "Full-Plate"	
Espesor (mm)	0,2	
Tratamiento selectivo	TINOX	
Coefficiente absorptividad (α)	0,95	
Coefficiente emisividad (ε)	0,03	
TUBOS DEL ABSORBEDOR		
Material	Cobre	
Configuración de los tubos	Arpa	
Número de los tubos	9	10
Diámetro externo de los tubos (mm)	8	
Diámetro interno de los tubos (mm)	7,1	
TUBOS DE LOS COLECTORES		
Material	Cobre	
Número	2	
Diámetro externo (mm)	18	
Diámetro interno (mm)	16,6	
Capacidad (lts.)	1,07	1,27
Fluido caloportador	Propilenglicol + agua	

Curva de rendimiento instantáneo en función de Tm
(Norma EN-12975)

