



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL USO
EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LAS PISCINAS DE LA ESPOCH”**

PALOMEQUE VACA GABRIELA FERNANDA

ILBAY YUPA JEANNETH ADRIANA

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTOS TÉCNICOS

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Riobamba – Ecuador

2018

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2017-01-09

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

JEANNETH ADRIANA ILBAY YUPA

Titulado:

**“ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL USO
EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LAS PISCINAS DE LA ESPOCH”**

Sea aceptado como total complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos José Santillán Mariño M.S.
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Dr. Juan Rafael Pérez Pupo
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Elvis Enrique Arguello
ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2017-01-09

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

GABRIELA FERNANDA PALOMEQUE VACA

Titulado:

**“ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL USO
EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LAS PISCINAS DE LA ESPOCH”**

Sea aceptado como total complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos José Santillán Mariño M.S.
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Dr. Juan Rafael Pérez Pupo
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Elvis Enrique Arguello
ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JEANNETH ADRIANA ILBAY YUPA

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LAS PISCINAS DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 05 de Febrero de 2018

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Dr. Juan Rafael Pérez Pupo DIRECTOR			
Ing. Elvis Enrique Arguello ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: GABRIELA FERNANDA PALOMEQUE VACA

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LAS PISCINAS DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 31 de Enero de 2018

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Dr. Juan Rafael Pérez Pupo DIRECTOR			
Ing. Elvis Enrique Arguello ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotras, PALOMEQUE VACA GABRIELA FERNANDA e ILBAY YUPA JEANNETH ADRIANA, egresadas de la Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, autores del proyecto de titulación denominado “ESTUDIO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LAS PISCINAS DE LA ESPOCH”, nos responsabilizamos en su totalidad del contenido en su parte intelectual y técnica, y me someto a cualquier disposición legal en caso de no cumplir con este precepto.

Gabriela Fernanda Palomeque Vaca

Cédula de Identidad: 210063609-7

Jeanneth Adriana Ilbay Yupa

Cédula de Identidad: 060582719-5

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotras, Palomeque Vaca Gabriela Fernanda e Ilbay Yupa Jeanneth Adriana, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Gabriela Fernanda Palomeque Vaca

Cédula de Identidad: 210063609-7

Jeanneth Adriana Ilbay Yupa

Cédula de Identidad: 060582719-5

DEDICATORIA

A mi hijo Sebastián Buenaño porque es un niño que causa amor, ternura e inspiración a luchar cada día más.

Y le dedico este logro a mi madre Teresa Yupa por ser mi amiga y compañera de vida.

Jeanneth Adriana Ilbay Yupa

A mi mamá Efigenia por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por su amor sincero, por inculcarme valores e inspirarme y motivarme a ser alguien mejor, fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfar.

A mi papá Luis por su trabajo constante y la confianza puesta, viendo lo mejor de mí a cada momento y ser un ejemplo de superación, para realizarme como profesional.

A mi hermano Carlos por brindarme su apoyo y por siempre contar con él, cuando más lo he necesitado.

Y a toda mi familia, que nunca me dejaron sola y me apoyaron en este trayecto de mi vida.

Gabriela Fernanda Palomeque Vaca

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiar mi camino y darme la fuerza necesaria para cumplir este logro anhelado.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por permitirme desarrollar este proyecto de titulación en la piscina de la institución y a su vez, al doctor William Viñan por ayudarnos con su conocimiento y experiencia profesional.

A la Escuela de Ingeniería Industrial por permitirme ser parte de esta familia.

Agradezco a mi hermano Luis Ilbay por su ayuda incondicional durante el trabajo de titulación, y al mismo tiempo a toda mi familia por apoyarme de manera constante en el transcurso de mi carrera.

Jeanneth Adriana Ilbay Yupa

A Dios por permitirme realizar mis metas, por regalarme la vida, por concederme la salud y estar ahí cuando más lo he necesitado.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Industrial, al Ing. Marco Almendáriz, al Dr. Rafael Pérez Pupo y al Ing. Elvis Arguello, por haber apoyado de manera incondicional en el desarrollo de este trabajo de titulación y en general, por darme las pautas para poder ejercer mi profesión y llegar a ser útil en la sociedad.

A mi familia, amigos y personas que fueron parte de este proceso, que de una u otra manera me ayudaron a culminar con éxito esta etapa profesional.

Gabriela Fernanda Palomeque Vaca

TABLA DE CONTENIDOS

Pág.

RESUMEN

ABSTRACT

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	2
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo General	3
1.3.2	Objetivos Específicos	3

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Piscina	4
2.1.1	Concepto	4
2.1.2	Características técnicas	5
2.1.3	Condiciones generales	5
2.1.4	Descripción de la instalación	5
2.1.5	Formas de recirculación del agua del vaso	6
2.1.6	Equipos de recirculación del agua	7
2.2	Sauna	14
2.2.1	Concepto	14
2.2.2	Características técnicas	15
2.2.3	Condiciones generales	15
2.2.4	Instalaciones típicas	16
2.3	Turco	16
2.3.1	Concepto	16
2.3.2	Definición del número de usuarios	17
2.3.3	Condiciones requeridas	17
2.3.4	Características técnicas	17
2.3.5	Condiciones generales	17
2.3.6	Instalaciones típicas	18

2.4	Transferencia de calor.....	18
2.4.1	Transferencia de calor por conducción.....	18
2.4.2	Transferencia de calor por convección.....	19
2.4.3	Transferencia de calor por radiación.....	20
2.5	Pérdidas de calor en el vaso de la piscina.....	20
2.5.1	Pérdidas por evaporación.....	21
2.5.2	Pérdidas por radiación.....	23
2.5.3	Pérdidas por convección.....	24
2.5.4	Pérdidas por renovación.....	24
2.5.5	Pérdidas por conducción o transmisión.....	25
2.6	Análisis de la Matriz energética del Ecuador.....	26
2.6.1	La radiación solar en el Ecuador.....	28
2.6.2	Energías renovables.....	29
2.7	Energía solar fotovoltaica.....	29
2.7.1	Componentes del sistema solar fotovoltaico.....	31
2.7.2	Panel solar o generador solar.....	32
2.7.3	Material de fabricación del panel solar fotovoltaico.....	33
2.7.4	Vida útil del sistema solar fotovoltaico.....	35
2.7.5	Mantenimiento del sistema solar fotovoltaico.....	36
2.7.6	Ventajas de la energía solar fotovoltaica.....	36
2.7.7	Instrumentos de medición solar.....	36
2.7.8	Factores para la colocación de los paneles fotovoltaicos.....	37

CAPITULO III

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1	Flujograma del Análisis de la Situación de Consumo Energético de la Piscina de la ESPOCH.....	40
3.2	Reconocimiento de instalaciones y comprensión del funcionamiento del complejo Piscinas ESPOCH.....	41
3.2.1	Análisis funcional.....	41
3.3.1	Equipos Mecánicos.....	44
3.3.2	Toma de Datos y Recolección de Registros.....	44
3.3.3	Cálculo del calor de pérdidas en el vaso de la piscina (QP).....	48
3.3.4	Porcentaje de pérdidas de calor en el vaso de la piscina.....	57
3.3.5	Cálculo del calor necesario para calentar el agua de suministro.....	58

3.3.6	Cálculo del calor de requerimiento en la piscina (QS).....	60
3.3.7	Cálculo del calor suministrado por el calentador al agua de la piscina.	60
3.3.8.	Cálculo del combustible requerido en el calentador.	69
3.3.9	Cálculo del consumo de energía fósil.....	70
3.3.10	Equipos Eléctricos.	70
3.3.11	Consumo energético total en el complejo Piscina ESPOCH.	79

CAPITULO IV

PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE PANELES FOTOVOLTAICOS Y EQUIPOS

4.1	Investigación y selección de los equipos	82
4.1.1	Panel solar fotovoltaico	82
4.1.2	Caldera eléctrica	92
4.2	Definición y funcionamiento del sistema híbrido fotovoltaico	98
4.3	Determinación del patrón de radiación solar en Riobamba	99
4.4	Ingeniería de detalle y cálculo del número de paneles solares fotovoltaicos	101
4.4.1	Consumo eléctrico diario	102
4.4.2	Consumo energético real	102
4.4.3	Cálculo del número de paneles fotovoltaicos	104
4.5	Eficiencia propuesta para el nuevo sistema	105
4.5.1	Fuente 1: Generadores Fotovoltaicos	106
4.5.2	Fuente 2: La Red Eléctrica.....	108
4.5.3	Consumo energético de la situación Propuesta.....	108
4.6	Análisis económico del sistema propuesto para calentar el agua de la piscina. ...	110
4.6.1	Inversión del proyecto	110
4.7	Ahorro energético y económico.....	112
4.7.1	Sistema Actual	112
4.7.2	Sistema propuesto	112
4.7.3	Comparación del sistema actual versus el sistema propuesto.....	113
4.8	Beneficio costo del proyecto.....	114

CAPITULO V

CONCLUSIONES	115
RECOMENDACIONES.....	116

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-2. Ángulos de inclinación en función de la latitud del lugar	39
Tabla 2-3. Valores promedios de las variables de medidas directas e indirectas de la Piscinas ESPOCH.....	46
Tabla 3-3. Valores de pérdidas de calor en el vaso de la piscina ordenadas en forma descendente.....	57
Tabla 4-3. Valores de los calores que suministra el calentador GLP.	68
Tabla 5-3. Consumo energético ordenado en forma descendente de los equipos eléctricos.	77
Tabla 6-3. Consumo energético de la Piscina ESPOCH.....	79
Tabla 7-4. Características de los paneles monocristalinos de celdas de silicio	83
Tabla 8-4. Características de los paneles policristalinos de silicio	84
Tabla 9-4. Características de los paneles fotovoltaicos de capa fina	85
Tabla 10-4. Características del Panel Solar World de 350W	87
Tabla 11-4. Características del Panel JA Solar de 350W	88
Tabla 12-4. Características del Panel Solartec Policristalino de 315W	89
Tabla 13-4. Características del Panel ReneSolar Policristalino de 320W	90
Tabla 14-4. Referencias de calificación de criterios	91
Tabla 15-4. Matriz de la mejor opción.....	92
Tabla 16-4. Ficha técnica de la Caldera eléctrica GPI 172/4.....	94
Tabla 17-4. Ficha técnica de la Caldera eléctrica JIT E-50	95
Tabla 18-4. Ficha técnica de la Caldera eléctrica Flowing Series 120 y 210	96
Tabla 19-4. Matriz de selección.....	97
Tabla 20-4. Heliofania de la ciudad de Riobamba (horas de sol/día).....	100
Tabla 21-4. Equipo Mecánico.....	102
Tabla 22-4. Requerimiento de generador fotovoltaico	106
Tabla 23-4. Consumo energético propuesto	108
Tabla 24-4. Costos fijos	110
Tabla 25-4. Costos variables.....	111

Tabla 26-4. Costo de la inversión	111
Tabla 27-4. Costo del consumo GLP	112
Tabla 28-4. Consumo energético	112
Tabla 29-4. Consumo energético propuesto	112
Tabla 30-4. Comparación del sistema actual versus el sistema propuesto	113

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-2. Piscina semi-olímpica	4
Figura 2-2. Sistema de recirculación mixta	7
Figura 3-2. Skimmer.....	8
Figura 4-2. Esquema de funcionamiento de una bomba con prefiltro.....	8
Figura 5-2. Bomba	9
Figura 6-2. Esquema del Filtro de arena.....	10
Figura 7-2. Sauna seco.....	15
Figura 8-2. Turco.....	17
Figura 9-2. Esquema de pérdidas de calor del vaso de agua	21
Figura 10-2. Producción de energía primaria 2015	27
Figura 11-2. Demanda de energía por sector 2015.....	28
Figura 12-2. Energía solar fotovoltaica	30
Figura 13-2. Representación del sistema solar fotovoltaico	32
Figura 14-2. Célula fotovoltaica	34
Figura 15-2. Paneles con distintos tipos de células fotovoltaicas.....	35
Figura 16-2. Ángulo de orientación.....	38
Figura 17-2. Ángulo de inclinación	39
Figura 18-3. Flujograma del cálculo de la situación actual en el consumo energético de la Piscina ESPOCH.....	40
Figura 19-3. Función del complejo Piscina ESPOCH.....	42
Figura 20-3. Diagrama de funciones secundarias del MODULO 1, 2 y 4.	43
Figura 21-3. Diagrama de funciones secundarias del MODULO 3 Sauna.....	43
Figura 22-3. Calentador de agua de piscina.....	44
Figura 23-3. Esquema de la cámara del calentador.	61
Figura 24-4. Estructura del Sistema Propuesto.....	81
Figura 25-4. Panel solar fotovoltaico monocristalino.....	82
Figura 26-4. Panel solar fotovoltaico policristalino.....	84
Figura 27-4. Panel solar fotovoltaico de capa fina	85

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1-3. Porcentaje de pérdidas de calor en el vaso de la piscina.	57
Gráfico 2-3. Porcentaje del consumo de energía en el calentador	68
Gráfico 3-3. Consumo de energía ordenado en forma descendente de los equipos eléctricos	78
Gráfico 4-3. Porcentaje comparativo del consumo energético de equipos mecánicos vs eléctricos	80
Gráfico 5-4. Promedios mensuales de radiación solar	100
Gráfico 6-4. Fuentes de alimentación del Sistema Fotovoltaico Híbrido	105
Gráfico 7-4. Consumo energético anual	109
Gráfico 8-4. Comparación consumo energético	113
Gráfico 9-4. Comparación costos	114

TABLA DE SIMBOLOGÍA

m/s: metros por segundo

m²: metro cuadrado

m³: metro cúbico

μ: micra

kg/m³: kilogramo por metro cúbico

°K: grado Kelvin

q: rapidez de transferencia de calor

k: conductividad térmica

T/n: gradiente de temperatura

h: coeficiente convectivo

T_w: temperatura del medio sólido

T_α: temperatura promedio del fluido

Q_E: pérdidas por evaporación

Q_R: pérdidas por radiación

Q_C: pérdidas por convección

Q_T: pérdidas por conducción

Q_{RE}: pérdidas por renovación

M_{ET}: flujo másico de evaporación total

C_V: calor latente de evaporación del agua

W_e: humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua

W_{as}: humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del ambiente interior

G_α: grado de saturación

n: número de bañistas

N: número total de ocupantes

ϵ : emisividad de la superficie

T_c : temperatura superficial

V_p : volumen piscina

D: densidad del agua

C_e : calor específico del agua

C_T : coeficiente de transmisión

T_x : temperatura agua de red

T_{ex} : temperatura exterior

CO₂: dióxido de carbono

CH₄: metano

v: voltio

TERMINOLOGÍA

Skimmer: aparato que asegura la limpieza automática y permanente de la superficie del agua.

Prefiltro: protege mecánicamente de residuos que se encuentran en el agua de la piscina, a partir de un cesto colador.

Válvula: aparato mecánico que detiene o regula el paso de líquidos o gases, mediante una pieza movable.

Panel solar: dispositivo que capta la energía de la radiación solar y la transforma en energía eléctrica de corriente continua.

Caldera eléctrica: aparato destinado a la producción de calor a través de la electricidad.

Sistema híbrido: combinación de la energía solar y la red eléctrica.

Módulo fotovoltaico: produce la conversión de la energía del sol en energía eléctrica.

Batería: almacena la electricidad generada por los paneles solares.

Regulador de carga: capaz de controlar el proceso de carga y descarga de las baterías.

Inversores: transforman la corriente continua en corriente alterna.

Heliofanía: representa la cantidad del brillo del sol y está ligada al instrumento utilizado para su medición, heliógrafo, que registra el tiempo en que recibe la radiación solar directa.

LISTA DE ANEXOS

- A** Temperatura promedio agua de las piscinas de la ESPOCH
- B** Temperatura de las paredes del vaso de las piscinas de la ESPOCH
- C** Temperatura y humedad ambiente de las piscinas de la ESPOCH
- D** Número de estudiantes que ingresan a las piscinas de la ESPOCH
- E** Densidades del agua
- F** Humedad absoluta del aire saturado
- G** Calor específico del agua
- H** Caudal del sistema
- I** Poder calorífico del combustible GLP

RESUMEN

Mejorar la eficiencia energética y promover el ahorro de energía es un reto para la humanidad para reducir los impactos ambientales asociados con los cambios climáticos y la dependencia de los combustibles fósiles. Una de las formas es la tecnología de generación de energía fotovoltaica, países como Alemania y otros países europeos han desarrollado mecanismos reguladores específicos para fomentar su uso ya sea por programas gubernamentales o por incentivos financieros y / o fiscales. En Ecuador, a pesar del gran potencial solar existente por su localización en la Zona Tórrida, esta tecnología apenas se inicia a manifestarse. El presente trabajo denominado “Estudio técnico para la implementación del uso eficiente de la energía en las piscinas de la ESPOCH” tiene como objetivo realizar un análisis técnico de la situación actual y proponer la implementación de un sistema combinado de energía convencional y fotovoltaica, optimizando el uso eficiente de la energía en el complejo Piscinas ESPOCH. Para el estudio técnico de campo, se dividió por módulos a las instalaciones del complejo cuantificando variables de dimensionamiento, temperatura, presión, humedad, Ph, químicos y características de placas de los equipos eléctricos y mecánicos, datos que hicieron factible al cálculo de pérdidas en el vaso de la piscina, calor requerido en el sistema de calentamiento, consumo de GLP y energía eléctrica. Los resultados obtenidos conllevan a sugerir reemplazar los dos calentadores por una caldera eléctrica, el diseño de la propuesta de implementación del sistema híbrido utiliza energía convencional un 70% y 30% por energía solar, de la demanda total de energía del complejo. El costo de inversión para la implementación de la propuesta es \$ 122.236,41.

PALABRAS CLAVES: <EFICIENCIA ENERGETICA>, <ENERGIA CONVENCIONAL>, <SISTEMA HIBRIDO>, <ENERGIA FOTOVOLTAICA>, <CALDERA ELECTRICA>.

ABSTRAC

Improving energy efficiency and promoting the saving of energy is a challenge for humanity to reduce the environmental impacts associated with climate changes and dependence on fossil fuels. One of the forms is the technology of photovoltaic energy generation. Germany and European countries have developed specific regulatory mechanisms to encourage their use whether by government programs or by financial or tax incentives. This technology barely begins to manifest, despite great solar existing potential by its localization in the Torrid Zone from Ecuador. The present work called "Technical study for the implementation of the efficient energy use in the swimming pools of the ESPOCH" purposes to perform a technical analysis of the current situation and to propose the implementation of a conventional energy combined system and photovoltaic, optimizing the energy efficient use of the pool complex of the ESPOCH. For the technical field study the facilities of the complex divided by modules to quantify of dimensioning variables, temperature, pressure, humidity, hydrogen potential (Ph), chemicals and plate characteristics of the electrical and mechanical equipment. Data that made feasible the calculation of losses in the pool tumbler, the heat required in the heating system, consumption of liquefied petroleum gas (LPG) and electric power. The results obtained suggest replacing the two heaters by an electric boiler. The design of the implementation proposal of the hybrid system utilizes the conventional energy in 70% and 30% by solar energy, of total energy demand of the complex. The investment cost for the implementation of the proposal is \$ 122.236,41.

KEYWORDS: <ENERGY EFFICIENCY>, <CONVENTIONAL ENERGY>, <HYBRID SYSTEM>, <PHOTOVOLTAIC ENERGY>, <ELECTRIC BOILER>.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la actualidad, la Escuela de Ingeniería Industrial posee el potencial de contribuir al cambio desarrollando propuestas de innovación para el beneficio de la comunidad politécnica y el medio ambiente.

El gobierno ecuatoriano ha venido impulsando el desarrollo de un programa de eficiencia energética para el sector público, dentro de los cuales están involucrados establecimientos universitarios, planteando un sistema de medidas que contribuyan a mejorar la eficiencia energética, reduciendo las emisiones y desechos.

La búsqueda de la eficiencia energética de equipos y el consumo responsable se establecen como las bases de un nuevo punto de vista, cuyo objetivo es el desarrollo energético sostenible, que no es más que el equilibrio entre la seguridad energética, la equidad social, y la mitigación del impacto ambiental. Conociendo de que las materias primas son un bien escaso y limitado, y que en algún punto, deberán cambiar su modelo de consumo cuando las fuentes tradicionales se vuelvan limitadas o bien cuando el impacto ambiental demande un cambio en el modelo de consumo.

En la ESPOCH no existen antecedentes documentados de investigación acerca de generación eléctrica con aprovechamiento de radiación solar. A través de la ejecución de este proyecto, se pretende realizar un estudio para la implementación eficiente de una forma de generación de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para aprovechar el recurso solar privilegiado de nuestro país. El uso eficiente de energía aún no se desarrolla en nuestro medio, por la falta de políticas que permitan su uso competitivo y garanticen su financiamiento.

Las piscinas de la ESPOCH ofrecen sus instalaciones a toda la colectividad estudiantil, en la cadena de producción, transformación, transmisión, distribución y uso final de la energía, se beneficiaría no solo el usuario de las instalaciones, sino también la sociedad en conjunto, y el medio ambiente.

1.2 Justificación

En la actualidad a medida que aumenta el poder del hombre sobre la naturaleza aparecen nuevas necesidades como consecuencia de un mejor estilo de vida en la sociedad, por lo cual este estudio se basa en el reto de conseguir esas condiciones de confort en el complejo deportivo de las Piscinas de la ESPOCH que hoy por el pasar de los años los equipos no las pueden brindar y ofrecer al estudiante politécnico un servicio de calidad e innovación.

La relevancia de este estudio de propuestas es de gran calibre ya que el sector energético es uno de los más importantes para la economía de actividades industriales y domésticas. Pero a su vez los problemas asociados a los combustibles fósiles como: medioambientales e incremento del costo, incentivan la inversión e investigación en soluciones alternativas cada vez más eficientes, sostenibles y respetuosas con el planeta. En la actualidad las fuentes fósiles aún son predominantes y generan diversos contaminantes, incluyendo los principales gases de efecto invernadero (GEIS), y dichas fuentes son no renovables. La dependencia energética mundial sobre energías fósiles fue en 2011 de 81.7%, es contundente que la economía mundial debe dar un cambio y depender más frecuentemente de los renovables. En este contexto y con el fin de estudiar la sostenibilidad y proponer un sistema fotovoltaico híbrido novedoso, con fuentes de energía renovables, surge el tema de tesis que será una alternativa con retos asociados al enverdecimiento y reducción de la economía politécnica.

Además el estudio pone en práctica la socialización, que intenta recoger la riqueza de los conocimientos adquiridos por los estudiantes y ejecutar proyectos de tesis que estén orientados a la solidaridad y responsabilidad social, dando mayor prioridad si se trata de

servir a la comunidad politécnica en el caso del complejo deportivo de las Piscinas de la ESPOCH.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Realizar un estudio técnico para la implementación del uso eficiente de la energía en las piscinas de la ESPOCH.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar el funcionamiento actual de las piscinas y cuantificar el consumo de energético.
- Identificar los puntos estratégicos donde sea posible remplazar la energía convencional por energía alternativa.
- Determinar la inversión del proyecto y el ahorro con respecto a la situación actual.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Piscina

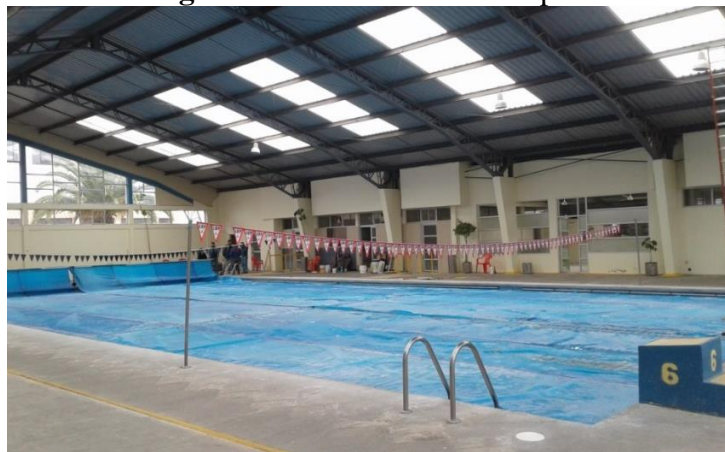
2.1.1 Concepto.- Instalación formada por un vaso o un conjunto de vasos destinados al baño, al uso recreativo, entrenamiento deportivo o terapéutico, así como las construcciones complementarias y servicios necesarios para garantizar su funcionamiento.

Piscina privada de uso colectivo.- Piscina cuya administración es realizada por clubes, asociaciones, colegios u otras instituciones similares, en la cual se restringe el acceso de los usuarios.

Dentro de la instalación se puede diferenciar 2 tipos de piscinas:

- Piscina de 25 metros, o piscina corta semi-olímpica.

Figura 1-2. Piscina semi-olímpica



Fuente: Autores

- Piscina de niños.

2.1.2 Características técnicas.-

Criterio de dimensionamiento.- Determina la capacidad de agua y por ende, el aforo del vaso de la piscina. Para el dimensionamiento de toda piscina se considerará, según el número máximo de usuarios, los siguientes criterios: (Decreto Supremo N° 007, 2003)

1. Tres personas por cada dos metros cuadrados de lámina de agua del estanque de las piscinas al aire libre y,
2. Una persona por metro cuadrado de lámina de agua del estanque de las piscinas cubiertas.

Terminación o acabado interior.- El fondo y paredes del vaso se revestirán de materiales lisos, antideslizantes, impermeables y resistentes a agentes químicos. Colores claros y fácil limpieza y desinfección. Se evitarán materiales antihigiénicos o potencialmente peligrosos. (Cuesa, 1999)

2.1.3 Condiciones generales.-

Climatización.- La temperatura del agua del estanque oscilará entre los 24 y 28 grados centígrados según su uso y, la temperatura ambiente será superior a la del agua en 2 o 4 grados centígrados, como máximo. La humedad relativa del aire no excederá del 70 por ciento. (Decreto Supremo N° 007, 2003)

2.1.4 Descripción de la instalación.-

La instalación de tratamiento del agua debe constar de un sistema de extracción y de retorno a la piscina, es indispensable realizar una recirculación del agua. Es necesario aportar diariamente agua nueva para compensar la pérdida de agua y para reducir la concentración en el agua de compuestos orgánicos y amoniacales o minerales.

El tratamiento del agua comprende un conjunto de operaciones, a realizar de forma continua y simultánea, que se agrupan en cuatro bloques.

- Circulación – Renovación del agua
- Filtración
- Desinfección
- Regulación

El agua de la piscina deberá de ser renovada por recirculación, previa filtración y desinfección de ésta, durante las 24 horas del día, para que en todo momento el agua se encuentre en las condiciones sanitarias apropiadas. (Cuesa, 1999)

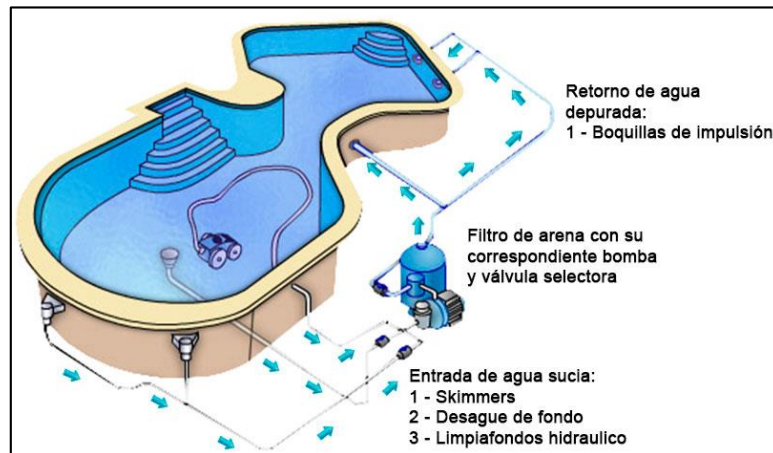
2.1.5 Formas de recirculación del agua del vaso.-

Sistema de recirculación de agua.- La recirculación del agua consiste en hacer pasar ésta por un circuito cerrado en el que se efectúa su tratamiento (filtración y desinfección). Este proceso se efectúa de forma rápida y continua, con el fin de eliminar adecuadamente la contaminación aportada por los bañistas. (Consejería de Sanidad y Política Social, 2014)

Inversa.- El agua es impulsada al vaso a través de los difusores del fondo, que lo impulsan en forma de abanico hacia los rebosaderos que bordean el vaso, arrastrando las partículas sobrantes. Las tomas de los sumideros únicamente se utilizan para el vaciado de la piscina. (Cuesa, 1999)

Mixta.- El agua de retorno al vaso se efectúa a través de impulsores situados en las paredes del mismo y en el fondo del vaso, y la recogida se realiza por los skimers y por los desagües de fondo. Este tipo de recirculación del agua es la más apropiada para las piscinas de uso público.

Figura 2-2. Sistema de recirculación mixta



Fuente: <https://www.outlet-piscinas.com/media/DESCRIPCION/Filtracion/filtro-arena-piscinas-esquema-instalacion.jpg>

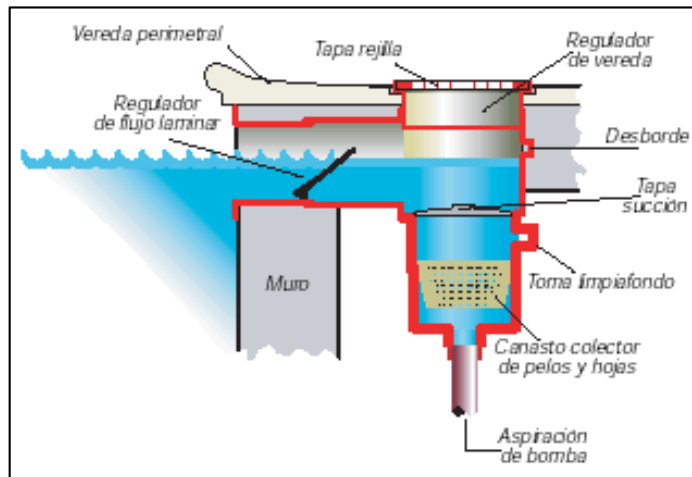
La recogida de agua del fondo se realizará mediante sumidero, la velocidad de aspiración en las ranuras de la rejilla de los sumideros estará comprendida entre los 0,3 y 0,5 m/s.

Tradicional.- El retorno del agua tratada se efectúa en la pared menos profunda, y la recogida se realiza solamente por el desague de fondo, en fuerte depresión. Este sistema es el menos aconsejable, ya que no permite la recirculación del agua superficial, donde se acumula la mayor parte de la contaminación. (Consejería de Sanidad y Política Social, 2014)

2.1.6 Equipos de recirculación del agua

Skimmer.- Se trata de un aparato que asegura la limpieza automática y permanente de la superficie del agua, consta de un cuerpo cilíndrico y de otro rectangular, que es el que debe empotrarse en la pared de la piscina, y en cuyo frente de éste último hay una abertura para la toma de agua en superficie, que debe ponerse en contacto con el nivel de la piscina.

Figura 3-2. Skimmer

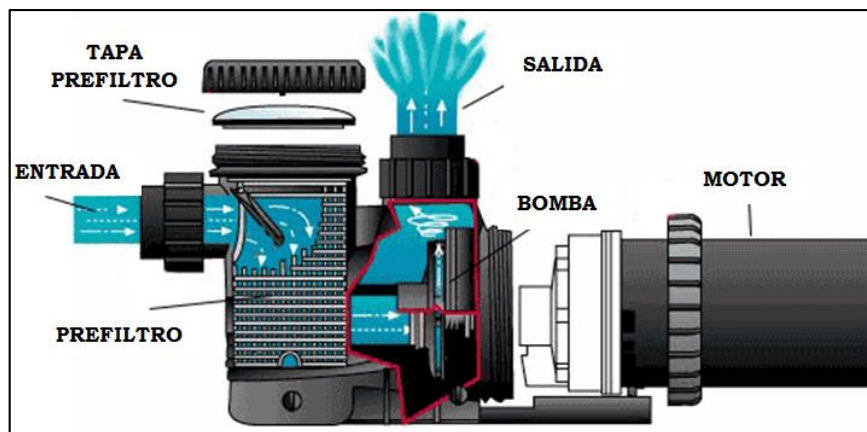


Fuente: http://www.solvi.com.ar/img/skimmer_vinil_grafico3.gif

Se instalará un skimmer por cada 25m² o fracción de lámina de agua y la proporción de agua recirculada será de un mínimo del 75% procedente de los skimmers y un máximo del 25% procedente del fondo.

Prefiltro.- Se instalará inmediatamente a la entrada de las bombas, para protegerlas mecánicamente de los diversos residuos que puedan ir en el agua de la piscina, y que pueden perjudicar el rendimiento de la instalación.

Figura 4-2. Esquema de funcionamiento de una bomba con prefiltro



Fuente: <https://blob.todoexpertos.com/uploads/md/43f063f2328276967b8f3defd3655603.gif>

Bombas.- La finalidad de la bomba es proporcionar al filtro el caudal necesario de agua. Dentro de la gran variedad de tipos de bombas que existen en el mercado, las bombas centrífugas son las que se utilizan en la recirculación del agua de las piscinas.

Figura 5-2. Bomba



Fuente: Autores

Para realizar una buena elección de la bomba hay que considerar que la variación del caudal a lo largo de la carrera del filtro no debe exceder del 10 al 20% del nominal. También, la presión de la bomba con la válvula cerrada no debe superar el 175% de la presión de servicio y su rendimiento nunca debe estar por debajo del 65%. Generalmente se utilizan bombas de alta presión y poco caudal, dependiendo del volumen del agua, equipo de filtración, etc.

Filtración.- La filtración es un proceso físico que hace que un elemento sea dividido en partes de acuerdo a su grosor o tamaño, y esta filtración se realiza mediante un circuito cerrado. En este la bomba de filtración recoge el agua mediante skimmers, boquillas de aspiración y sumideros para introducirla en los filtros, el agua continuará su ciclo para acabarlo en las boquillas de impulsión donde será devuelta a la piscina.

La filtración se realiza en 2 etapas:

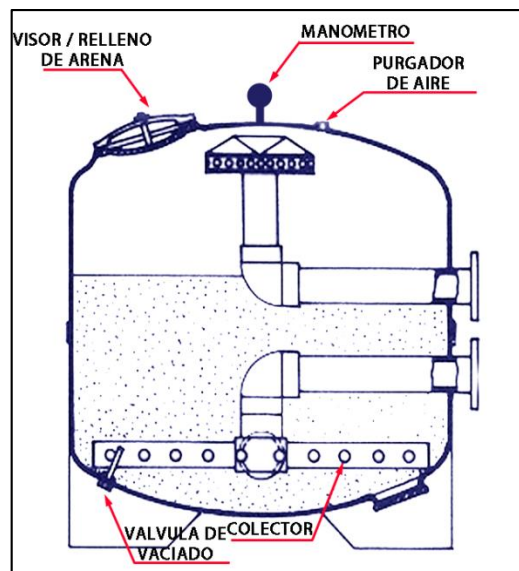
Prefiltración.- Consiste simplemente en un tamizado que se realiza mediante un cesto colador o prefiltro que generalmente precede a la electrobomba.

Su objetivo es retener las impurezas más gruesas y duras (cabellos, insectos, piedras,) a fin de proteger el grupo electrobomba. La malla del tramo no debe ser inferior a 3 mm. a fin de no crear excesivas pérdidas de carga.

Filtración.- Propiamente dicha, consiste en el paso de agua a través de una masa porosa. El tamaño de los poros determina la capacidad de retención del filtro. El agua llega al filtro por la parte superior, atraviesa lentamente el lecho de arenas, y una vez limpia de materias sólidas, saldrá por la parte inferior, para ser enviada a la piscina, previa desinfección que completa la acción. (Cuesa, 1999)

Filtros de arena.- Los más usuales consisten en cilindros cerrados de poliéster o acero que llevan en su interior una columna de arena de sílice (lecho filtrante). Estos filtros trabajan a presión y el agua entra por la parte superior, pasa a través del lecho filtrante donde quedan retenidas las partículas, y es evacuada por la parte inferior.


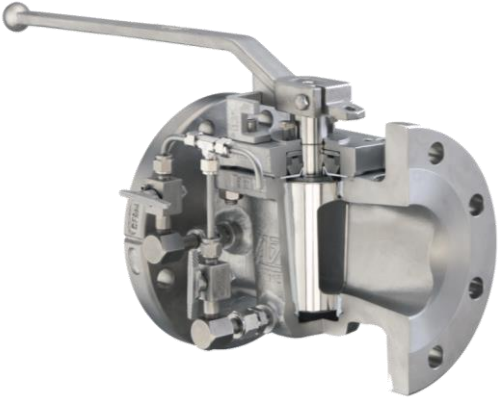
Figura 6-2. Esquema del Filtro de arena



Fuente: <http://www.piscinasfibra.com/imagesdb/Filtro.png>

Válvulas.- se pueden definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. (Pachano, y otros, 2009)

Los distintos tipos de válvulas se describen a continuación:

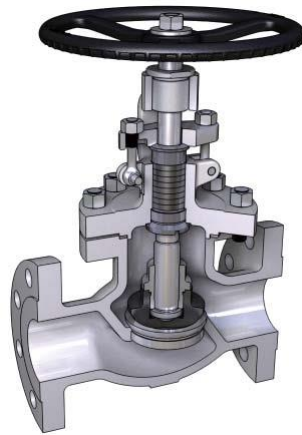
Para servicio de bloqueo o cierre son:	
Válvulas de compuerta: Resistencia mínima al fluido de la tubería. Se utiliza totalmente abierta o cerrada. Accionamiento poco frecuente.	
Válvulas de macho.- La válvula de macho es de ¼ de vuelta, que controla la circulación por medio de un macho cilíndrico o cónico que tiene un agujero en el centro, que se puede mover de la posición abierta a la cerrada mediante un giro de 90°.	

Válvula de bola.- La apertura y cierre es rápida, necesitando sólo un cuarto de vuelta para pasar de una posición a otra. No suelen agarrotarse y su cierre es estanco, además de que su pérdida de carga es despreciable dado su abertura suave y de paso total.



Para servicio de estrangulación:

Válvulas de globo o asiento.- Estas válvulas permiten regular el paso del fluido, el cual al pasar por la válvula cambia de dirección debido a su diseño por lo que ofrece una gran resistencia a su circulación.

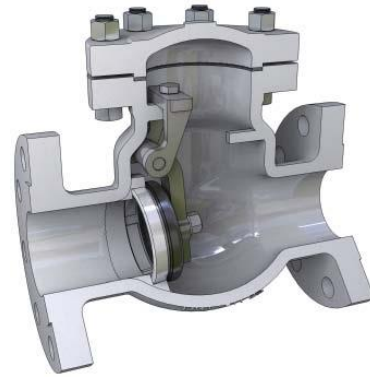


Válvulas en Y: Son válvulas de globo que permiten el paso rectilíneo y sin obstrucción igual que las válvulas de compuerta.

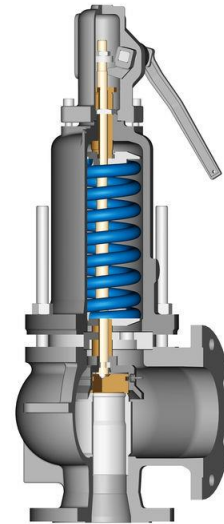


Para impedir el flujo inverso (de retención):

Válvulas de retención.- Estas válvulas son de no retorno, impidiendo el retroceso del fluido a través de ellas, mediante un mecanismo accionado por el mismo fluido, abriéndose en el sentido normal del flujo y cerrándose al sentido inverso de este. Se suelen emplear para controlar el sentido del flujo en las tuberías.



Válvulas de seguridad.- Estas válvulas se colocan en las líneas o equipos para evitar un aumento excesivo de la presión o temperatura del fluido en ellos contenido.



Intercambiador de calor.- Un proceso de intercambio de calor entre dos fluidos que están a diferente temperatura y separado por una pared sólida, ocurre en muchas aplicaciones de ingeniería. (Incropera, y otros, 1999)

Los intercambiadores de calor son tan importantes y tan ampliamente utilizados en la industria, que su diseño ha experimentado un gran desarrollo, existiendo en la actualidad normas ideadas y aceptadas por Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA) que especifican con detalle los materiales, métodos de construcción, técnicas de diseño y sus dimensiones.

Desinfección.- Toda piscina dispondrá de un dispositivo automático para la desinfección del agua, a fin de proteger y mantener adecuadamente su calidad. (Decreto Supremo N° 007, 2003)

El proceso de desinfección, tal y como indica el Real Decreto 742/2013, debe realizarse en continuo, mediante sistemas o equipos adecuados. Solamente previo cierre del vaso, y en ausencia de bañistas, se podrán realizar tratamientos del agua manualmente, garantizando un plazo de seguridad antes de su puesta en funcionamiento. (Consejería de Sanidad y Política Social, 2014)

2.2 Sauna

2.2.1 Concepto.- La sauna es un baño de vapor o sudoración que se realiza en un espacio a muy alta temperatura. Dependiendo de la humedad relativa dentro del espacio la sauna puede ser húmeda o seca. La sauna seca, con temperaturas entre los 80°C y 90°C y una humedad mínima, nunca superior al 20%, se la conoce como "sauna finlandesa" o simplemente "sauna".

La sauna tiene efectos beneficiosos sobre el organismo, libera mediante sudoración toxinas, al mismo tiempo que activa la circulación sanguínea, siempre va acompañada con contrastes de temperatura enfriamiento, que amplía los efectos de la sudoración. (Lexicoon, 2012)

Figura 7-2. Sauna seco



Fuente: Autores

2.2.2 Características técnicas.- Las características de construcción son obligatorias, una de ellas es el gabinete, éste se confecciona en madera machimbrada especialmente diseñada para soportar temperaturas altas; esta madera tiene una alta capacidad de absorción de humedad y soporta temperaturas de hasta 230°C.

Para la construcción de las paredes y el techo se utilizan paneles previamente prensados, machimbrados y prolijamente ensamblados entre sí; el aislamiento es parte fundamental en la construcción de saunas, éste debe ser apropiado para evitar que la humedad pueda filtrarse en otros cuartos.

Los bancos y tarimas, se diseñan también en madera y se debe tener un especial cuidado en la altura; la distancia apropiada entre el techo y los bancos debe ser de 110 cm, no más. De lo contrario el consumo de energía de la sauna aumentará perceptiblemente porque desperdiciará una capa de aire más caliente. (Maquinariapro, 2013)

2.2.3 Condiciones generales.- Los baños de calor seco (sauna) se utilizan a temperaturas entre 80°C - 100°C a la altura de la cara del bañista, y de 30°C a nivel del suelo, con un

nivel bajo de humedad, generalmente del 10 al 20%, que se incrementa periódicamente al echar agua sobre la estufa.

2.2.4 Instalaciones típicas.-

Recinto.- Generalmente se usan instalaciones de madera especialmente preparadas para la práctica de estos baños. El tamaño de la sauna debe ser de al menos 3m² para favorecer un correcto equilibrio entre el calor, la humedad y la ventilación, no siendo esta última menos importante, aunque no siempre se instale, aconsejándose que se renueve el aire entre 3 y 8 veces por hora, con material aislante en su interior y recubierto por un revestimiento de machambrado.

Los módulos deben ser contruidos en pino, por sus propiedades y características físicas al ser un excelente material aislante, resistente, duradero, flexible, adaptativo y tener buena repartición del calor sin fugas de temperatura; con una aislación térmica realizada en lana de vidrio de 2 pulgadas de espesor con barrera de vapor. (Ruíz , y otros, 2014)

2.3 Turco

2.3.1 Concepto.- El baño de vapor es un habitáculo cerrado y estanco, construido con la combinación de diversos materiales cuya característica común es la resistencia a la oxidación y a la temperatura. Este habitáculo incorpora un equipo eléctrico cuya función principal es la generación e inyección de vapor en el interior de la cabina, controlar y regular la cantidad de vapor y temperatura automáticamente.

La sauna húmeda, donde la temperatura no supera los 70 °C y la humedad relativa es muy alta, esta favorece la circulación sanguínea linfática, diluye las toxinas durante el desarrollo del baño de vapor, conocido con distintas terminologías que se asocian con: Baño de vapor, Hammam, Baño turco, Baño romano, Steam bath. (Inbeca, 2011)

Figura 8-2. Turco



Fuente: Autores

2.3.2 Definición del número de usuarios.- Definir el número de usuarios es un factor muy importante debido a que en base al número de usuarios se define el volumen de la habitación y tiene una gran influencia en lo que respecta al cálculo de la carga térmica.

2.3.3 Condiciones requeridas.- Tanto las dimensiones como las temperaturas a las que deben ser diseñadas este tipo de habitaciones están estandarizadas según el confort que se debe brindar para los usuarios.

2.3.4 Características técnicas.- Al diseñar un baño turco se debe tener siempre presente que lo más importante es el confort para el usuario. Este debe sentirse cómodo, tranquilo y relajado, un baño turco es un ambiente húmedo, no se utiliza en el diseño materiales que presenten corrosión o deterioro con el agua.

2.3.5 Condiciones generales.- Las condiciones que se requiere en el interior de un turco son:

- La temperatura debe estar en el rango de los 43 – 46 °C.
- La humedad relativa debe ser del 100% ya que se trabaja con vapor saturado.

2.3.6 Instalaciones típicas.-

Recinto.- Las paredes deben ser de materiales cerámicos y en algunos casos también se coloca aislante, por lo general solamente se coloca la baldosa cerámica después de la pared y después del enlucido de la pared.

Equipo generador de vapor.- El baño turco requiere de un equipo generador de vapor, que deben cumplir ciertas recomendaciones. (Ruíz , y otros, 2014)

2.4 Transferencia de calor

La transferencia de calor es aquella ciencia que busca predecir la transferencia de energía que puede ocurrir entre cuerpos materiales, como resultado de una diferencia de temperatura. La ciencia de la transferencia de calor no sólo trata de explicar cómo puede ser transferida la energía calorífica, sino también trata de predecir la rapidez a la que se realizará este intercambio bajo ciertas condiciones especificadas.

Existen tres modos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación.

2.4.1 Transferencia de calor por conducción

La transmisión de calor por conducción ocurre entre dos cuerpos o entre diferentes partes de un cuerpo que están en contacto. Al existir un gradiente de temperatura en un cuerpo, hay una transferencia de energía de la región de alta temperatura a la de baja temperatura. Para expresar la transferencia de calor por conducción, utilizamos la ley de Fourier que permite determinar la rapidez de transferencia de calor que fluye por unidad de tiempo de una superficie isotérmica.

$$q = \frac{k.A}{x} \Delta T \quad (1)$$

Donde:

q = Rapidez de transferencia de calor, en W.

k = Conductividad térmica del material, en W/m.°C.

A = Superficie isotérmica, perpendicular a la dirección de flujo de calor, en m²

x = Espesor del material, en m.

ΔT = Gradiente de temperatura en la dirección de flujo de calor, en°C.

2.4.2 Transferencia de calor por convección

Es un modo de transferencia de calor cuya energía térmica se transmite de una región de alta temperatura a una de baja temperatura, entre un medio sólido con un fluido en contacto físico directo. Existen dos tipos de convección; convección natural o libre provocada por fuerzas naturales, convección forzada provocada por fuerzas externas ya sea de calentamiento o enfriamiento.

Para expresar el efecto de convección de calor, utilizamos la ley de Newton, donde la rapidez de transferencia de calor está relacionada con la diferencia de temperaturas entre la pared y el fluido y el área de la superficie.

$$q = h \cdot A \cdot (T_w - T_\infty) \quad (2)$$

Donde:

q = Rapidez de transferencia de calor, en W.

h = Coeficiente convectivo, en W/m²°K.

A = Superficie del medio sólido en contacto con el fluido, en m².

T_w = Temperatura del medio sólido, en °K.

T_∞ = Temperatura promedio del fluido, en °K.

2.4.3 Transferencia de calor por radiación

El calor se transfiere a regiones donde existe el vacío perfecto. Este mecanismo es la radiación electromagnética que es propagada como resultado de una diferencia de temperaturas.

Para expresar el efecto de radiación de calor, utilizamos la ley de radiación térmica de Stefan-Boltzmann, donde la rapidez de transferencia de calor está relacionada con la diferencia de temperaturas a la cuarta potencia. (Holman, 1986)

$$q = \sigma \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad (3)$$

Donde:

Q = Rapidez de transferencia de calor, en W.

σ = Constante de Stefan – Boltzmann = $5,669 \cdot 10^{-8}$, en $\frac{W}{m^2 \cdot K^4}$

A = Superficie que se tiende a calentar, en m^2 .

T_1 = Temperatura de la superficie 1, en °K.

T_2 = Temperatura de la superficie 2, en °K.

2.5 Pérdidas de calor en el vaso de la piscina

Las pérdidas de calor se pueden originar por diferentes factores tales como:

Q_E = Pérdidas por evaporación

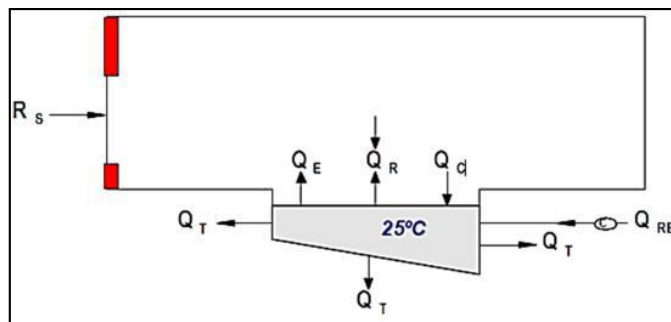
Q_R = Pérdidas por radiación

Q_C = Pérdidas por convección

Q_T = Pérdidas por conducción o transmisión

Q_{RE} = Pérdidas por renovación del vaso de agua

Figura 9-2. Esquema de pérdidas de calor del vaso de agua



Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/memoriaaclimatizacionpisma-121025223742-phpapp01/95/memoria-aclimatizacion-pisma-28-638.jpg?cb=1351204833>

2.5.1 Pérdidas 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. Por lo 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 del vaso de la piscina.

Para calcular las pérdidas por evaporación utilizaremos la siguiente ecuación:

$$Q_E = M_{eTotal}(C_v) \quad (4)$$

Donde:

Q_E = Pérdida de calor por la evaporación de agua, en W.

M_{eTOTAL} = Flujo másico de evaporación total por unidad de superficie, en $\frac{kg}{hm^2}$.

C_v = Calor latente de evaporación del agua, a la Temperatura del agua en $\frac{wh}{kg}$.

Existe diversas formas de determinar el flujo másico de evaporación de agua, donde la más utilizada es la ecuación de Bernier que contempla tres parámetros importantes.

- Piscina sin agitación (coeficiente 16).
- Piscina con ocupación (coeficiente 133n).
- Con respecto a los espectadores.

Ecuación de Bernier:

$$M_e = S[(16 + 133n)(W_e - (G_a(W_{as}))) + (0,1N)] \quad (5)$$

Donde:

M_e = Flujo másico de agua evaporada, en $\frac{kg}{h}$.

S = Superficie de la lámina de agua de la piscina, en m^2 .

W_e = Humedad abs. del aire saturado a la temperatura del agua de la piscina, en $\frac{kgagua}{kgaire}$.

W_{as} = Humedad abs. del aire saturado a la temperatura del ambiente interior, en $\frac{kgagua}{kgaire}$.

G_a = Grado de saturación (humedad relativa).

n = Número de bañistas.

N = Número total de ocupantes(espectadores).

16 = Coeficiente de evaporación asociada a la piscina sin agitación.

133n = Coeficiente de evaporación asociada a la agitación de los ocupantes.

2.5.2 Pérdidas por radiación

Las pérdidas por radiación están en función de la diferencia, entre la temperatura media de los cerramientos y la del agua, elevada ambas a la cuarta potencia y expresadas en grados Kelvin. Como se ve en la siguiente fórmula de Stefan Boltzmann:

$$Q_R = \sigma \varepsilon (T_{\text{agua}}^4 - T_c^4) \quad (6)$$

Donde:

Q_R = Pérdidas de radiación por unidad de superficie, en $\frac{W}{m^2}$.

σ = Constante de Stefan - Boltzmann = $5,67 \cdot 10^{-8}$, en $\frac{W}{m^2 \cdot K^4}$

ε = Emisividad de la superficie = 0,95 (agua).

T_c = Temperatura superficial de los cerramientos, en °K.

Las pérdidas por radiación en piscinas cubiertas se consideran generalmente despreciables.

2.5.3 Pérdidas por convección

Las pérdidas por convección en piscinas cubiertas son generalmente despreciables porque al aplicar la fórmula nos permite calcular estas pérdidas obteniendo como resultado un valor pequeño, debido a que la diferencia de temperatura con las que trabajamos en las piscinas climatizadas es muy pequeña. Para calcular las pérdidas por convección utilizamos la siguiente fórmula:

$$Q_C = 0,6246(T_{\text{agua}} - T_{\text{aire}})^{4/3} \quad (7)$$

Donde:

Q_C = Pérdidas de convección por unidad de superficie $\frac{W}{m^2}$.

T_{agua} = Temperatura del agua.

T_{aire} = Temperatura del aire.

2.5.4 Pérdidas por renovación

En piscinas cubiertas, existen pérdidas continuas de agua, desde la evaporada, a la que los propios bañistas sacan del vaso de las piscinas, o la gastada en la limpieza de fondos y filtros. Sin embargo, estas cantidades son muy inferiores al 5% del volumen total del vaso, esta cantidad de agua debe reponerse diariamente por razones higiénicas.

Se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$Q_{RE} = V_r(D)(C_e)(T_{\text{agua}} - T_x) \quad (8)$$

Donde:

V_r = 5% (Volumen piscina).

D = Densidad del agua, en $\frac{kg}{m^3}$.

C_e = Calor específico del agua, en $\frac{wh}{kg^\circ C}$.

T_x = Temperatura agua de red – piscina en $^\circ C$.

T_{agua} = Temperatura del agua de la piscina en $^\circ C$.

2.5.5 Pérdidas por conducción o transmisión

En piscinas cubiertas, las pérdidas de transmisión dependerán de las características constructivas del vaso y del coeficiente de transmisión térmica del material empleado. En el caso más frecuente el vaso de piscina está construido en hormigón dentro del propio sótano del recinto, las pérdidas por transmisión (Q_T , en W), se calculan según (Maillo, 2005) con la fórmula:

$$Q_T = C_T(S)(T_{\text{agua}} - T_{\text{ex}}) \quad (9)$$

Donde:

C_T = Coeficiente de transmisión de muros y solería = $1,50 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ }^\circ C$.

S = Área de conducción de la piscina, en m^2 .

T_{agua} = Temperatura agua piscina, en $^\circ C$.

T_{ex} = Temperatura exterior, en $^\circ C$.

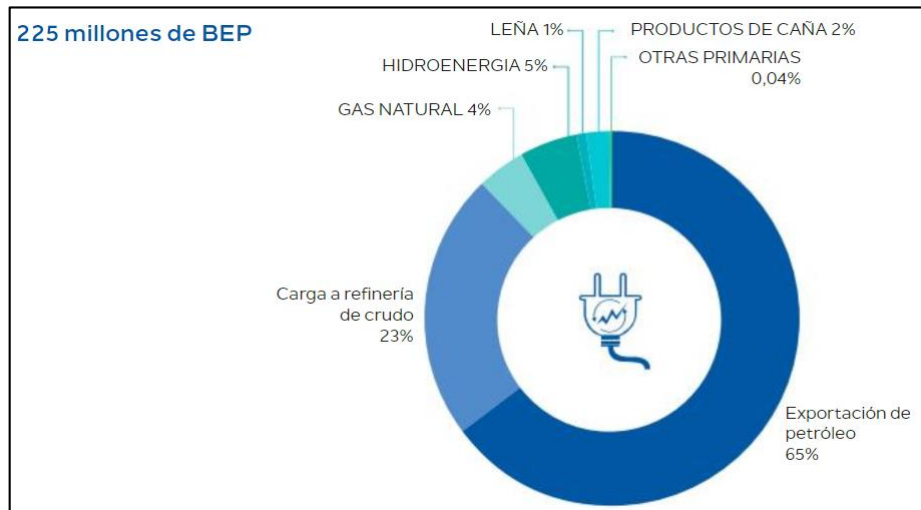
2.6 Análisis de la Matriz energética del Ecuador

En la actualidad, la población de los países industrializados ha experimentado profundos cambios en su estilo de vida, a medida que pasan de una economía de subsistencia a una economía basada en la industria o en los servicios. (Ingeniera Química y analista Técnica del INER, 2017)

El sistema energético está fundamentado principalmente en las interacciones entre la oferta y demanda, siendo los recursos y procesos de conversión existentes (refinerías, hidroeléctricas, etc.) los que determinan los flujos y disponibilidad de la energía. Los resultados de estas interacciones se evidencian en los balances energéticos anuales de cada país y reflejan las tendencias en producción, importación, exportación y consumo por fuentes y sectores, cuyo análisis es fundamental para una planificación integral que garantice la producción, seguridad y uso adecuado de energía.

Según datos del Balance Energético Nacional 2016 (año base 2015), en la Matriz Energética de Ecuador al igual que de la mayoría de países en el mundo, predomina el uso de combustibles fósiles. Actualmente el petróleo constituye el 88% de la producción total de energía primaria y el restante corresponde a producción hidráulica y renovables (solar y eólica), alcanzando una oferta de energía primaria de 225 millones de barriles equivalentes de petróleo (BEP).

Figura 10-2. Producción de energía primaria 2015



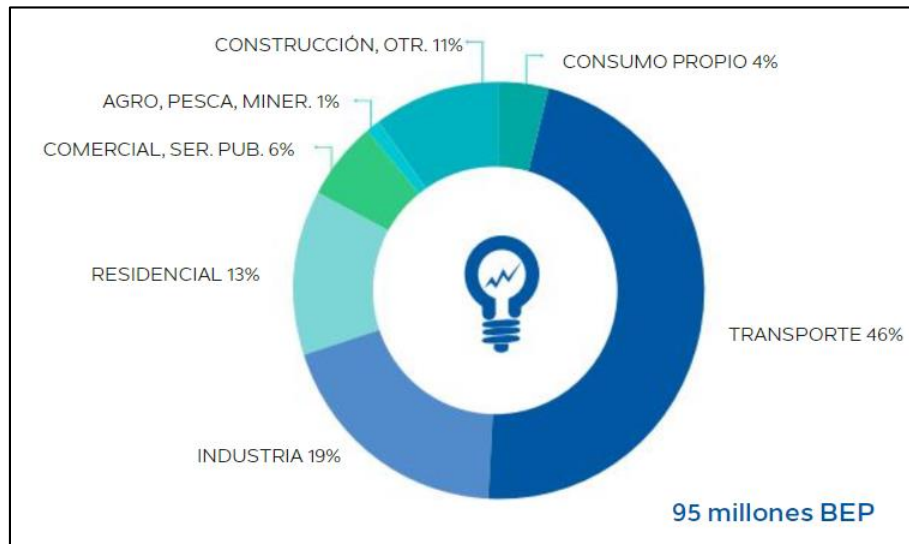
Fuente: Ministerio coordinador de sectores estratégicos

La producción de energía secundaria obtenida de los centros de transformación alcanzó cerca de 65 millones de BEP en 2015, donde el 24,8% pertenece a energía eléctrica y 75,2% a productos derivados de petróleo, siendo el más producido el fuel oil, seguido de diésel y gasolina.

La demanda en energía alcanzó 95 millones de BEP en 2015, los sectores de mayor demanda son: transporte con 46%, industria 19%, residencial 13%.

El 72% de la demanda total de energía es abastecida por combustibles líquidos, sobre todo para transporte e industria; en este último, 12% de su demanda es cubierta por biomasa en forma de residuos de caña y leña. En el caso de la demanda doméstica, el 52% es abastecido por gas licuado de petróleo (GLP), el 35% por electricidad y el resto por leña.

Figura 11-2. Demanda de energía por sector 2015



Fuente: Ministerio coordinador de sectores estratégicos

Para 2017, con la operación de nuevas centrales hidroeléctricas, se prevé un cambio en la oferta energética y en la estructura de consumo, debido a la inclusión de cocción eficiente a través de tecnologías por inducción lo que se traduce en una menor dependencia de fuentes de origen fósil en el país.

2.6.1 La radiación solar en el Ecuador

El aprovechamiento de la energía solar está vinculado directamente con la intensidad de radiación solar incidente sobre un área determinada, por lo que es necesario contar con registros de radiación confiables que puedan emplearse en el diseño de equipos que aprovechen la energía solar. (Bejarano, 2011)

El Ecuador es un país muy privilegiado con características topográficas muy variadas, con una gran diversidad climática y condiciones únicas que le brinda un elevado potencial de energías renovables y limpias, las condiciones de contaminación y demanda que se presenta en la actualidad en nuestro país, hacen énfasis en aprovechar la radiación solar como

recurso renovable de generación eléctrica, ya que en el Ecuador se tiene la más alta radiación a nivel mundial, desde el punto de vista de producción de energía eléctrica es muy favorable si se aprovechara todos los recursos de energía renovable.

Dentro del Ecuador, existen lugares muy convenientes para la localización de paneles fotovoltaicos, especialmente en el sur de la provincia de Loja, el noreste de la provincia del Azuay, las zonas de altiplano al sur de Riobamba y las circundantes al nevado Chimborazo, el callejón interandino central y norte desde Ambato hasta el valle del Chota, la zona costera de la provincia de Esmeraldas, gran parte del Oriente ecuatoriano, en especial la zona ubicada entre Lago Agrio y la Joya de los Sachas, entre otros. (Chávez , 2012)

La magnitud de radiación solar que llega a la Tierra puede ser medida y su unidad es el W/m^2 (vatio por metro cuadrado).

2.6.2 Energías renovables

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de la naturaleza, se las considera inagotables, de gran cantidad de energía almacenada, y capaces de regenerarse por medios naturales. También se le llama energías alternativas debido a que pueden suplir a las energías o fuentes energéticas tradicionales, con un apreciable menor efecto contaminante.

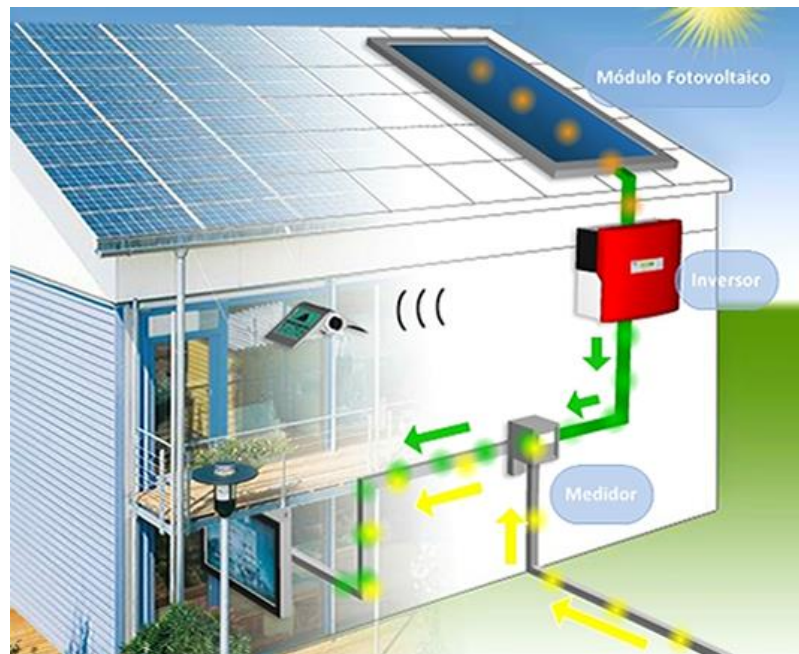
Las energías renovables dentro de las cuales se incluyen: la energía solar fotovoltaica, eólica, geotérmica, mareomotriz, etc. podrían solucionar muchos de los problemas ambientales, como el cambio climático, los residuos radiactivos, las lluvias ácidas y la contaminación atmosférica.

2.7 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella que se caracteriza por funcionar a base de paneles fotovoltaicos que captan las radiaciones luminosas del sol y las transforman en una

corriente eléctrica. En ésta existe una conversión directa de la luz solar en electricidad, mediante un dispositivo electrónico denominado “célula fotovoltaica”.

Figura 12-2. Energía solar fotovoltaica



Fuente: http://www.mansur-solar.com/web/nuestra-empresa/img/masdemanda_b.png

La conversión de la energía de la luz solar en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como “efecto fotovoltaico o fotoeléctrico”.

Presenta características peculiares entre las que se destacan:

- Elevada calidad energética.
- Pequeño o nulo impacto ecológico.
- Inagotable a escala humana.

La cantidad de energía solar aprovechable depende de muchos factores, algunos de ellos pueden ser controlados en el diseño e instalación del sistema (orientación, inclinación,

ubicación de paneles, etc.) y otros se escapan de control ya que están en función de la localización geográfica y meteorología de la instalación.

La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras. En el caso particular de Ecuador, los sistemas fotovoltaicos son una alternativa muy interesante, desde las perspectivas técnica y económica, pues la región dispone durante todo el año de abundante radiación solar.

2.7.1 Componentes del sistema solar fotovoltaico

El sistema consta de los siguientes elementos:

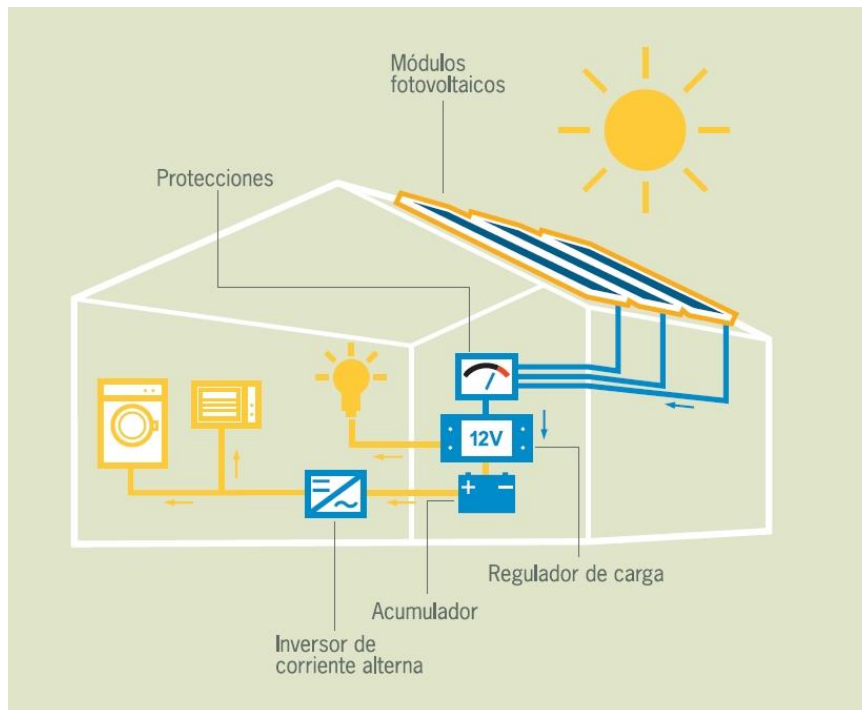
Módulos o paneles fotovoltaicos.- Están formados por la unión de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos (electricidad solar). El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas.

Regulador de carga.- Es el encargado de ajustar y regular la carga que sale directamente del módulo fotovoltaico, ya que está en función de la insolación solar y puede sobrepasar la capacidad de los acumuladores (baterías). La función principal del regulador de carga es proteger las baterías de las sobrecargas y sobre descargas en condiciones extremas de operación.

Acumuladores o baterías.- Son los que almacenan la energía producida por el generador y permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados. Estos acumuladores son especiales ya que son sometidos a continuos ciclos de carga y descarga.

Inversor o convertidor.- Transforma la corriente continua de 12 ó 24 V recibida de los paneles almacenada en el acumulador, en corriente alterna de 120 o 230 V. Hay que tener en cuenta que la mayoría de los aparatos funcionan con corriente alterna. Estos inversores deben llevar protección contra descarga del sistema, exceso de temperatura, batería baja e inversión de polaridad.

Figura 13-2. Representación del sistema solar fotovoltaico



2.7.2 Panel solar o generador solar

Un panel fotovoltaico está formado por un conjunto de celdas solares conectadas eléctricamente entre sí, en serie y paralelo hasta conseguir el voltaje adecuado para su utilización.

Este conjunto de celdas está envuelto por unos elementos que le confieren protección frente a los agentes externos y rigidez para acoplarse a las estructuras que los soportan.

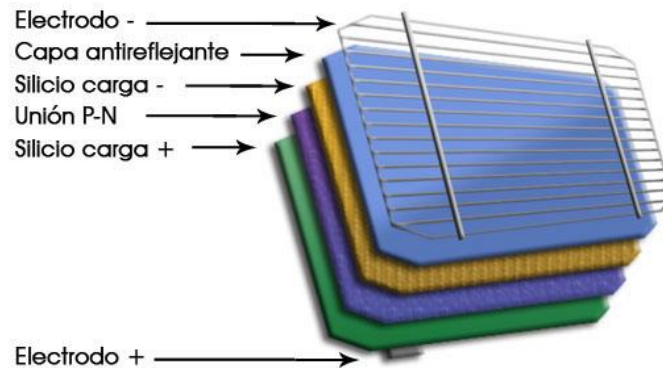
Estos elementos son:

- Encapsulante: Constituido por un material que debe presentar una transmisión a la radiación muy elevado y una degradabilidad baja a la acción de los rayos solares.
- Cubierta exterior de vidrio templado: Que además de facilitar al máximo la transmisión luminosa, debe resistir las condiciones climatológicas más adversas y soportar cambios bruscos de temperatura.
- Cubierta posterior: Constituida normalmente por varias capas opacas que reflejan la luz que ha pasado entre los intersticios de las células, haciendo que vuelvan a incidir otra vez sobre éstas.
- Marco de metal: Normalmente de aluminio, que asegura rigidez y estanqueidad al conjunto, y que lleva los elementos necesarios (generalmente taladros) para el montaje del panel sobre la estructura soporte.
- Caja de terminales: Incorpora los bornes para la conexión del módulo.
- Diodo de protección: Impiden daños por sombras parciales en la superficie del panel.

2.7.3 Material de fabricación del panel solar fotovoltaico

El material más utilizado en la actualidad para la fabricación de células fotovoltaicas es el silicio, que es el material más abundante en la Tierra después del oxígeno; la combinación de ambos forma el 60% de la corteza terrestre.

Figura 14-2. Célula fotovoltaica



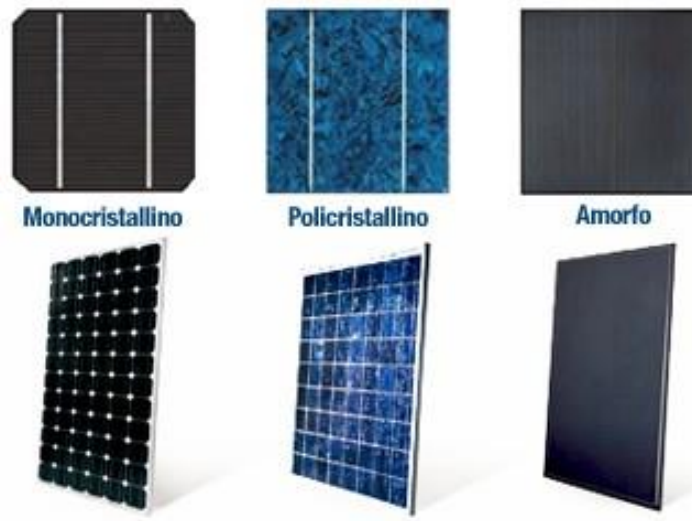
Fuente: [http://3.bp.blogspot.com/-](http://3.bp.blogspot.com/-yi59OPqbgzE/VS433mlQ5zI/AAAAAAAAAArc/dxcmnD06yj8/s1600/celula_fotovoltaica.jpg)

[yi59OPqbgzE/VS433mlQ5zI/AAAAAAAAAArc/dxcmnD06yj8/s1600/celula_fotovoltaica.jpg](http://3.bp.blogspot.com/-yi59OPqbgzE/VS433mlQ5zI/AAAAAAAAAArc/dxcmnD06yj8/s1600/celula_fotovoltaica.jpg)

Tipos de células fotovoltaicas:

- Silicio monocristalino: caracterizado por una disposición ordenada y periódica, de forma que solo tiene una orientación cristalina, donde todos los átomos están dispuestos simétricamente. Presenta un color azulado oscuro y con un cierto brillo metálico. Son los más eficientes, alcanzan rendimientos de hasta el 17%.
- Silicio policristalino: se fabrica a partir de restos de piezas de silicio monocristalino. Su rendimiento es algo inferior pero su menor coste ha contribuido enormemente a aumentar su uso. Alcanzan rendimientos de hasta el 12%.
- Silicio amorfo: se obtiene por deposición de capas delgadas sobre vidrio. El rendimiento es bastante menor que los anteriores, por lo que su uso se limita a aplicaciones de pequeña potencia como calculadoras, relojes, etc. Presentan un color marrón y gris oscuro. Esta tecnología permite disponer de células de muy delgado espesor y fabricación más simple y barata, aunque con eficiencia del 6-8%.

Figura 15-2. Paneles con distintos tipos de células fotovoltaicas



Fuente: [https://3.bp.blogspot.com/-](https://3.bp.blogspot.com/-rGWfd3JhYsg/WJTSscumOLI/AAAAAAAAABV4/Xd5HE8ERTPMS9x58BENIWS_YDRiSWBbvgCLcB/s1600/Celulas%2Bfotovoltaicas.jpg)

[rGWfd3JhYsg/WJTSscumOLI/AAAAAAAAABV4/Xd5HE8ERTPMS9x58BENIWS_YDRiSWBbvgCLcB/s1600/Celulas%2Bfotovoltaicas.jpg](https://3.bp.blogspot.com/-rGWfd3JhYsg/WJTSscumOLI/AAAAAAAAABV4/Xd5HE8ERTPMS9x58BENIWS_YDRiSWBbvgCLcB/s1600/Celulas%2Bfotovoltaicas.jpg)

2.7.4 Vida útil del sistema solar fotovoltaico

El módulo fotovoltaico se estima que tiene una vida útil superior a 30 años, constituyendo la parte más fiable de la instalación. La experiencia indica que los paneles nunca dejan de producir electricidad, aunque su rendimiento pueda disminuir ligeramente con el tiempo.

De hecho, a menudo se encuentran en el mercado módulos con garantías de 20 años. En general se trata de equipos fabricados para resistir todas las inclemencias del tiempo, además las células están hechas de silicio, que es un material muy resistente.

2.7.5 Mantenimiento del sistema solar fotovoltaico

El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red es mínimo y de carácter preventivo: no tiene partes móviles sometidas a desgaste, ni requiere cambio de piezas ni lubricación. Con todo, se considera recomendable realizar revisiones periódicas de las instalaciones para asegurar que todos los componentes funcionan correctamente.

Dos aspectos a tener en cuenta son, por un lado, asegurar que ningún obstáculo le haga sombra a los módulos y, por el otro, mantener limpios los módulos fotovoltaicos.

2.7.6 Ventajas de la energía solar fotovoltaica

- La energía que procede del sol es limpia y renovable, no cuesta dinero.
- No contamina: produce emisiones de CO₂ insignificantes y no emite otros gases contaminantes a la atmósfera.
- No consume combustibles ni se produce ninguna combustión.
- No genera residuos ni ruidos.
- Su instalación es relativamente simple.
- Requiere poco mantenimiento.
- Tienen una vida útil larga.
- Resiste condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad.
- Instalación en zonas rurales.

2.7.7 Instrumentos de medición solar

Los equipos instalados inicialmente con el fin de evaluar de alguna manera la radiación solar global fueron los heliógrafos de Campbell-Stokes (destinados a medir las horas diarias de insolación o de brillo de sol, también conocida como heliofanía efectiva), otros

en cambio fueron los piranógrafos tipo Robitzsch o piranómetros esféricos de Bellani (también llamados lucímetros a destilación) a fin de registrar la radiación global incidente a diario (o semanalmente) sobre un plano horizontal. (Chuquín Vasco, y otros, 2011)

2.7.8 Factores para la colocación de los paneles fotovoltaicos

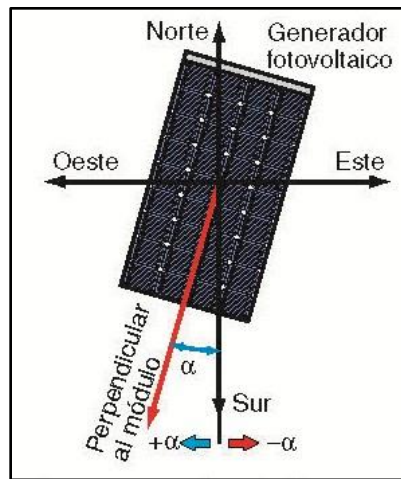
2.7.8.1 Orientación

Un panel solar genera electricidad incluso en ausencia de luz solar directa, es decir aun en días nublados este generará energía, sin embargo las condiciones óptimas de operación implican la presencia de luz solar plena y un panel orientado lo mejor posible hacia el sol, con la única finalidad de aprovechar al máximo la luz solar directa.

En el hemisferio norte es decir por encima de la línea Ecuatorial, el panel deberá orientarse hacia el sur, y en lado del hemisferio sur el panel será orientado hacia el norte, al tener lugar el proyecto en la ciudad de Riobamba y al encontrarse en el Hemisferio Sur, la orientación del panel deberá ser hacia el norte.

Ángulo de azimut (α).- Ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la superficie del generador y la dirección sur. Vale 0 grados si coincide con la orientación sur, es positivo hacia el oeste y negativo hacia el este. Si coincide con el este su valor es -90 y si coincide con el oeste su valor es $+90$ grados.

Figura 16-2. Ángulo de orientación



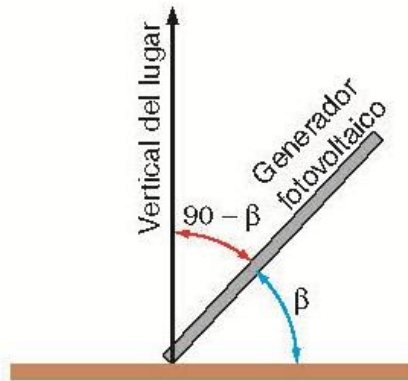
Fuente: <http://4.bp.blogspot.com/-3kRGdWYga3s/UL3lo0B-rkI/AAAAAAAAAPg/D2rYuIvp3E4/s1600/fig1.11.jpg>

Para lugares que se encuentran en la línea Ecuatorial este ángulo es despreciable, la ciudad de Riobamba se encuentra a $1^{\circ}39'40''$ de latitud geográfica, la desviación es mínima.

2.7.8.2 Inclinación

Ángulo de inclinación (β).- ángulo que forma la superficie del generador con el plano horizontal. Su valor es 0 si el módulo se coloca horizontal y 90 grados si se coloca vertical. La captación de energía solar puede variar y será máxima cuando la posición de la placa sea perpendicular a la radiación.

Figura 17-2. Ángulo de inclinación



Fuente: [http://2.bp.blogspot.com/-](http://2.bp.blogspot.com/-NvP5ZZOBSdQ/UL3lgs1HygI/AAAAAAAAAPY/F9UnknvKb0o/s1600/fig2.jpg)

[NvP5ZZOBSdQ/UL3lgs1HygI/AAAAAAAAAPY/F9UnknvKb0o/s1600/fig2.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-NvP5ZZOBSdQ/UL3lgs1HygI/AAAAAAAAAPY/F9UnknvKb0o/s1600/fig2.jpg)

Para cada latitud existe un ángulo de inclinación óptimo, según la tabla adjunta muestra los valores dependiendo de la latitud geográfica.

Tabla 1-2. Ángulos de inclinación en función de la latitud del lugar

Latitud del Lugar	Ángulo en Invierno	Ángulo en Verano
0 al 5 grados	15 grados	15 grados
15 a 25 grados	Latitud	Latitud
25 a 30 grados	Latitud + 5 grados	Latitud - 5 grados
30 a 35 grados	Latitud + 10 grados	Latitud - 10 grados
35 a 40 grados	Latitud + 15 grados	Latitud - 15 grados
más de 40 grados	Latitud + 20 grados	Latitud - 20 grados

Fuente: Pareja M. Energía fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada.

Según esta tabla, la inclinación que se ajusta para la ciudad de Riobamba es de 15°, como recomendación durante todo el año.

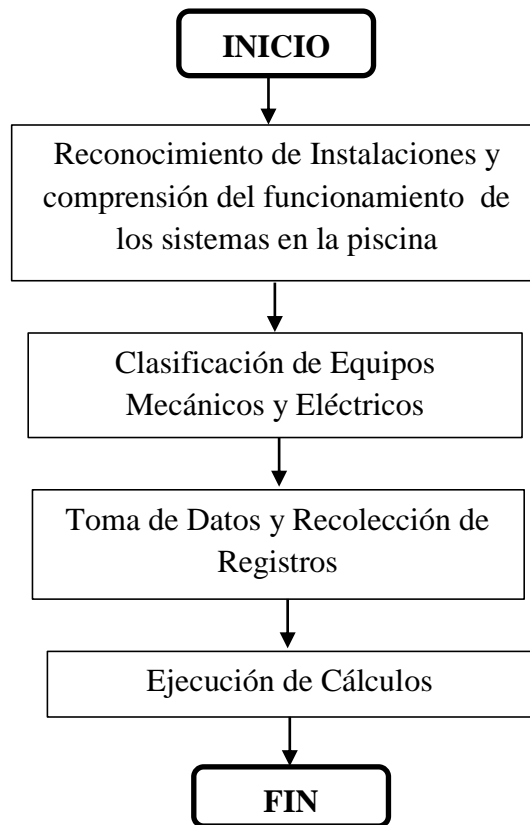
CAPITULO III

ANALISIS DE LA SITUACION DE CONSUMO ENERGETICO DE LAS PISCINAS DE LA ESPOCH.

3.1 Flujograma del Análisis de la Situación de Consumo Energético de la Piscina de la ESPOCH.

Las actividades para el desarrollo del cálculo de la situación actual en el consumo energético de la Piscina de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se efectuarán de acuerdo al siguiente flujograma de la Figura 18.

Figura 18-3. Flujograma del cálculo de la situación actual en el consumo energético de la Piscina ESPOCH.



Fuente: Autores

3.2 Reconocimiento de instalaciones y comprensión del funcionamiento del complejo Piscinas ESPOCH.

Mediante el trabajo de campo se realizó el reconocimiento de las instalaciones y la observación del funcionamiento de cada uno de los equipos, tanto mecánicos como eléctricos, que ponen en marcha el desempeño de la Piscina ESPOCH.

Para presentar los resultados en forma ordenada es de suma relevancia que los cálculos se muestren de la mejor manera, ya que los mismos justificarán el análisis energético y servirán para futuras comparaciones de resultados con la nueva propuesta. Por tanto se ha optado por dividir al complejo deportivo por MODULOS, de la siguiente forma:

- MODULO 1: Piscina Semi-olímpica y Piscina de niños.
- MODULO 2: Turco
- MODULO 3: Sauna
- MODULO 4: Hidromasajes

3.2.1 Análisis funcional

La función primaria del complejo Piscinas ESPOCH es brindar un servicio de calidad prestando al cien por ciento las condiciones de confort que debe poseer un centro deportivo orientado a la formación de estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, mientras que las funciones secundarias son aquellas realizadas por cada uno de los módulos establecidos, los cuales permiten que la primaria se realice adecuadamente.

Una vez comprendido el funcionamiento del complejo, con sus respectivas funciones, tanto primarias como secundarias, se desarrolla el diagrama de funciones asignando a los niveles 1 para función primaria y 2 para las funciones secundarias de cada MODULO.

Es conveniente desarrollar el diagrama funcional de nivel 2 ya que en este caso un despliegue mayor conduciría a establecer determinadas soluciones. En cada recuadro de los diagramas funcionales de este segundo nivel se tendrá tres tipos de entradas y salidas: control, material y energía. Estas entradas estarán presentes de acuerdo a la función que se requiera en el MODULO.

En el caso del complejo Piscina ESPOCH el diagrama funcional de nivel 1 es el que se muestra en la figura 19.

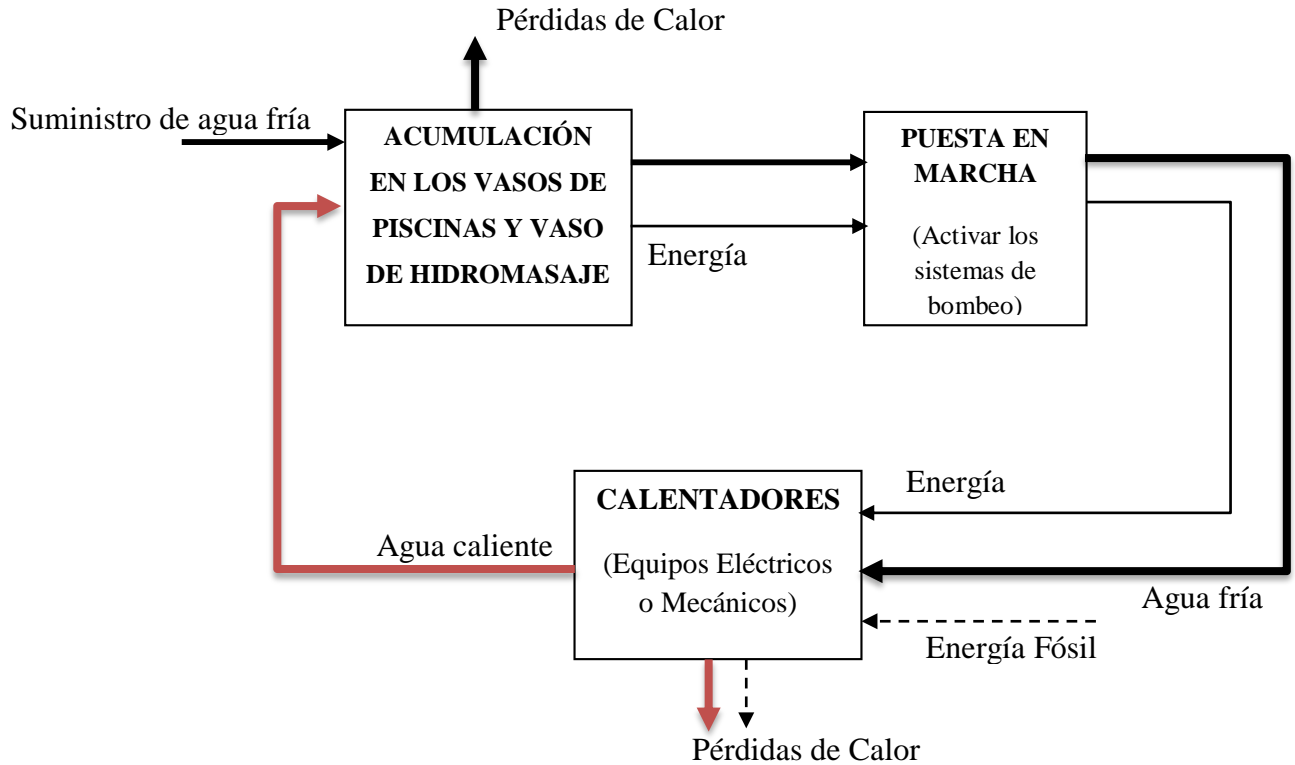
Figura 19-3. Función del complejo Piscina ESPOCH



Fuente: Autores.

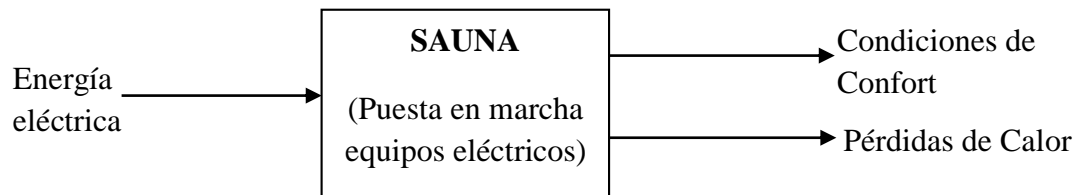
En el nivel 2 aparecen detalladas las funciones que se requieren para alcanzar el nivel 1 para el funcionamiento adecuado de la Piscina ESPOCH, correspondientes a los MODULOS.

Figura 20-3. Diagrama de funciones secundarias del MODULO 1, 2 y 4.



Fuente: Autores.

Figura 21-3. Diagrama de funciones secundarias del MODULO 3 Sauna.



Fuente: Autores.

Clasificación de Equipos Mecánicos y Eléctricos.

3.3.1 Equipos Mecánicos.

Dentro de equipos mecánicos que forman parte del MODULO 1: Piscina Semi-olímpica y Piscina de Niños, se encuentran dos calentadores de agua de piscina, de los cuales se encuentra en funcionamiento uno de ellos, el mismo que es un intercambiador de calor mediante baño maría, los mismos que utilizan consumo de energía fósil mediante el quemador el cual proporciona energía térmica al sistema.

Figura 22-3. Calentador de agua de piscina



Fuente: Autores

3.3.2 Toma de Datos y Recolección de Registros.

Las medidas de las distintas variables se tomaron con los instrumentos de la siguiente lista:

- Termómetro



- Termo higrómetro



- Termocupla



- Cinta Topográfica



- Cronometro



- Balanza



Mediante la utilización de estos instrumentos se procedió a realizar las medidas de las variables como temperaturas, tiempos, volúmenes y el dimensionamiento de cada uno de los módulos, los mismos que son indispensables para el análisis cuantitativo de la energía que requiere el complejo. Además el departamento de mantenimiento de la Piscina ESPOCH, lleva un registro de las variables requeridas para esta auditoria energética, lo cual sirvió de gran ayuda para tener una data de un mayor tiempo de funcionamiento. Los registros de los datos se encuentran detallados en la sección ANEXOS.

A continuación los datos de campo corresponden a valores promedios de cada una de las variables y el respectivo dimensionamiento del módulo, los mismos que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2-3. Valores promedios de las variables de medidas directas e indirectas de la Piscinas ESPOCH.

NOMBRE	SIMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD
Dimensionamiento de la piscina semi-olímpica			
Largo de la Piscina	L	25	M
Ancho de la Piscina	A	12,5	M
Profundidad mínima de la piscina	Pl	1,55	M
Profundidad máxima de la piscina	Pc	1,75	M
Dimensionamiento de la piscina de Niños			
Largo de la Piscina	l_ñ	7	M
Ancho de la Piscina	a_ñ	3,2	M
Profundidad mínima de la piscina	pl_ñ	0,70	M
Profundidad máxima de la piscina	pc_ñ	0,85	M
Valores promedio de las variables			

Tabla 2-3. (Continúa) Valores promedios de las variables de medidas directas e indirectas de la Piscinas ESPOCH.

Temperatura del agua de la Piscina. (ANEXO A)	T_{agua}	25,2	°C
Temperatura máxima del agua de la Piscina	T_{pc}	27	°C
Temperatura mínima del agua de la Piscina.	T_{pf}	24	°C
Temperatura del agua de suministro /Temperatura del agua de la cisterna.	T_x	16	°C
Temperatura de las paredes del vaso de la piscina. (ANEXO B)	T_{exp}	23,51	°C
Temperatura del ambiente en el complejo. (ANEXO C)	T_{amb}	23.4	°C
Grado de saturación o Humedad relativa. (ANEXO C)	Hr Ga	59,79 0,5979	
Tiempo de puesta en régimen para incrementar la variación de temperatura.	T	12	H
Ingresar Número de bañistas (ANEXO D)	N	20	
Número total de ocupantes (espectadores)	N	15	
Datos de Densidades en función de la temperatura (ANEXO E)			
Densidad del agua a 27 °C	D	996,59	$\frac{kg}{m^3}$
Densidad del agua a 25,2 °C		997,08	
Densidad del agua a 24 °C		997,38	
Densidad del agua a 16 °C		999,03	
Medidas Indirectas			
Perímetro de la Piscina	P	75	M
Área mojada	Amjd	433,79	M
Superficie de Lamina Libre de las piscinas	S	312,5	m^2
Volumen de piscinas	V	531,129	m^3

Fuente: Autores

3.3.3 Cálculo del calor de pérdidas en el vaso de la piscina (Q_P).

Para conocer la capacidad de funcionamiento de los calentadores de agua de piscina se procede a calcular las pérdidas de calor en el vaso de la piscina de la siguiente forma:

3.3.3.1 Evaporación de agua del vaso (Q_E)

Utilizando la ecuación (4) se procede a calcular las pérdidas por evaporación.

$$Q_E = M_{eTotal}(C_v)$$

La ecuación (4) de Bernier nos permitirá determinar la cantidad de agua evaporada.

$$M_e = [(S * 16 + 133 * n) * (W_e - G_a * W_{as})] + (0,1N)$$

La fórmula de Bernier para piscinas cubiertas contempla la suma de tres términos:

- Flujo másico de agua evaporada con la superficie en reposo.

$$M_{e_{reposo}} = S * 16 * (W_e - G_a * W_{as}) \quad (10)$$

$$T_{agua} = 25,2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \longrightarrow \quad W_e = 0,02026 \frac{kg_{agua}}{kg_{aire}} \quad (\text{Anexo F})$$

$$T_{amb} = 23,4 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \longrightarrow \quad W_{as} = 0,0181 \frac{kg_{agua}}{kg_{aire}} \quad (\text{Anexo F})$$

$$Me_{\text{reposo}} = 312,5 \text{ m}^2 * 16 * \left((0,02026 \frac{\text{kg}_{\text{agua}}}{\text{kg}_{\text{aire}}}) - 0,5979 * (0,0181 \frac{\text{kg}_{\text{agua}}}{\text{kg}_{\text{aire}}}) \right)$$

$$Me_{\text{reposo}} = 47,190 \frac{\text{kg}_{\text{agua}}}{\text{h}}$$

- Flujo másico de agua asociado a la agitación por los bañistas.

$$Me_{\text{bañistas}} = 133 * n * [W_e - G_a * W_{as}] \quad (11)$$

$$Me_{\text{bañistas}} = (133)(20) \left[0,02026 \frac{\text{kg}_{\text{agua}}}{\text{kg}_{\text{aire}}} - (0,5979) \left(0,0181 \frac{\text{kg}_{\text{agua}}}{\text{kg}_{\text{aire}}} \right) \right]$$

$$Me_{\text{bañistas}} = 25,105 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

- Flujo másico de agua evaporada asociada a los espectadores de la piscina.

$$Me_{\text{espectadores}} = 0,1N \quad (12)$$

$$Me_{\text{espectadores}} = 0,1(15)$$

$$Me_{\text{espectadores}} = 1,5 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

- Flujo de evaporación total de agua en $\frac{\text{kg}}{\text{h}}$

$$Me_{\text{total}} = Me_{\text{reposo}} + Me_{\text{bañistas}} + Me_{\text{espectadores}} \quad (13)$$

$$Me_{\text{total}} = (47,190 + 25,105 + 1,5) \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Me_{total} = 73,795 \frac{kg}{h}$$

- Flujo de evaporación total de agua por unidad de superficie.

$$Me_{total} = \frac{(73,795 \text{ kg/h})}{312,5 \text{ m}^2}$$

$$Me_{total} = 0,236 \text{ 144} \frac{kg}{hm^2}$$

Como el Calor latente de evaporización (ZABALA, 2008 pág. 2) es:

$$C_v = 2 \text{ 434 } 192,34 \frac{J}{kg}$$

Entonces,

$$Q_E = Me_{Total}(C_v)$$

$$Q_E = \left(0,236 \text{ 144} \frac{kg}{h \text{ m}^2}\right) \left(2 \text{ 434 } 192,34 \frac{J}{kg}\right) \left(\frac{1h}{3600s}\right)$$

$$Q_E = 159,672 \frac{W}{m^2}$$

Pérdidas por evaporación (W):

$$Q_E = 159,672 \frac{W}{m^2} \times 312,5 \text{ m}^2$$

$$Q_E = 49 \text{ 897, 634 } W$$

3.3.3.2 Radiación de calor por diferencias de temperatura (Q_R).

Debido a la influencia de la luz natural en la iluminación, por sus amplias ventanas y parte de la cubierta que es traslúcida en las instalaciones de las piscinas se toma en cuenta el calor por radiación para ver cuánto influye en las pérdidas.

Utilizando la ecuación (6) de Stefan Boltzmann para el análisis de las pérdidas por radiación.

$$Q_R = \sigma * (\varepsilon) * (T_{agua}^4 - T_{amb}^4)$$

Donde:

σ = Constante de Stefan-Boltzmann = $5,67 * 10^{-8}$ en $W/m^2 (^{\circ}K)^4$.

ε = Emisividad de la superficie = 0,95 (agua).

$T_{agua} = 25,2^{\circ}C = 298,2$ °K (ANEXO A)

$T_{amb} = 23,4$ °C = 296,4 °K (ANEXO C)

$$Q_R = \left[5,67 \times 10^{-8} \left(\frac{W}{m^2(^{\circ}K)^4} \right) \right] (0,95) [(298,2)^4 - (296,4)^4] (^{\circ}K)^4$$

$$Q_R = 10,191 \frac{W}{m^2}$$

Pérdidas por radiación en (W):

$$Q_R = 10,191 \frac{W}{m^2} \times 312,5 m^2$$

$$Q_R = 3\,184,769 W$$

3.3.3.3 Convección de calor entre agua y aire (Q_C).

La pérdida de calor por convección será mínima ya que las diferencias de temperatura entre agua y aire son de igual forma. Utilizando la ecuación (7) para el análisis de las pérdidas por convección.

$$Q_C = 0,6246 * (T_{agua} - T_{amb})^{4/3}$$

$$Q_C = 0,6246 * (25,2^\circ C - 23,4^\circ C)^{4/3}$$

$$Q_C = 1,368 \frac{W}{m^2}$$

Pérdidas por convección en (W):

$$Q_C = 1,368 \frac{W}{m^2} \times 312,5 m^2$$

$$Q_C = 427,381 W$$

3.3.3.4 Renovación del agua del vaso (Q_{Re}).

Mediante la ecuación (8) para el análisis de las pérdidas por renovación.

$$Q_{Re} = Vr * (D) * (Ce) * (T_{agua} - T_x)$$

Donde:

$Vr = 5\%$ del Volumen piscina. Por tanto $Vr = 0,05 * 515,625 = 25,781 m^3$

$D =$ Densidad del agua a $25,2\text{ }^\circ\text{C} = 997,08\text{ kg}/m^3$ (ANEXO E).

$Ce =$ Calor especifico del agua = $1,16\text{ Wh}/kg^\circ\text{C}$ (ZABALA, 2008).

$T_x =$ Temperatura agua de red – Piscina = 16°C (medición).

$$Q_{Re} = 25,781 m^3 * \left(997,08 \frac{kg}{m^3}\right) * \left(1,16 \frac{wh}{kg^\circ\text{C}}\right) (25,2 - 16)^\circ\text{C}$$

$$Q_{Re} = 274\ 331,43\ W - h$$

Pérdidas por renovación por unidad de superficie:

$$Q_{Re} = (274\ 331,43W - h)/312,5\ m^2$$

$$Q_{Re} = 877,86 \frac{w - h}{m^2}$$

Pérdida diaria:

$$Q_{Re} = 274\ 334,1 (w - h) \left(\frac{1dia}{24h}\right)$$

$$Q_{Re} = 11\ 430,47\ W$$

3.3.3.5 Pérdidas por Conducción (Q_D).

La Transmisión de calor del agua al vaso de la piscina, estas pérdidas por conducción se producen tanto en la pared lateral como en el fondo de la piscina. Utilizando la ecuación (9) para el análisis de las pérdidas por conducción:

$$Q_D = C_T * (S) * (T_{agua} - T_{ex})$$

Donde:

C_T = Coeficiente de transmisión de muros y solería ($1,50 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$) (Maillo, 2005).

$T_{agua} = 25,2 \text{ } ^\circ\text{C}$

$T_{exp} = 23,51 \text{ } ^\circ\text{C}$ (ANEXO B)

- Pérdidas de conducción por unidad de superficie lateral:

$$Q_{DS} = C_T * (T_{agua} - T_{exp})$$

$$Q_{DS} = 1,50 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}} * (25,2 - 23,51) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_{DS} = 2,535 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

- Pérdidas de conducción por la pared lateral

Datos

Perímetro: $P = 75 \text{ m}$

Profundidad mínima de la piscina: $pl = 1,55 \text{ m}$

Profundidad máxima de la piscina: $pc = 1,75 \text{ m}$

Área mojada de las paredes laterales de la piscina: S_1

$$S_1 = (P * pl) + \left(\frac{l * (pc - pl)}{2} \right) * 2$$

$$S_1 = (75 \text{ m} * 1,55 \text{ m}) + \left(\frac{25 \text{ m} * (1,75 \text{ m} - 1,55 \text{ m})}{2} \right) * 2$$

$$S_1 = (116,25 \text{ m}^2) + (2,5 \text{ m}^2) * 2$$

$$S_1 = 121,25 \text{ m}^2$$

$$Q_{DL} = Q_{DS} * (S_1)$$

$$Q_{DL} = 2,535 \frac{W}{m^2} * 121,25 \text{ m}^2$$

$$Q_{DL} = 307,369 \text{ W}$$

- Pérdidas de conducción en el fondo de la piscina.

Área mojada del piso de la piscina: S_2

$$S_2 = 2 * \left[a * \sqrt{\left(\frac{l}{2}\right)^2 + (pc - pl)^2} \right]$$

$$S_2 = 2 * \left[12,5 \text{ m} * \sqrt{\left(\frac{25 \text{ m}}{2}\right)^2 + (1,75 \text{ m} - 1,55 \text{ m})^2} \right]$$

$$S_2 = 312,540 \text{ m}^2$$

$$Q_{DF} = Q_{DS} * (S_2)$$

$$Q_{DF} = 2,535 \frac{W}{m^2} * 312,540 \text{ m}^2$$

$$Q_{DF} = 792,289 \text{ W}$$

Pérdidas en conducción total (W):

$$Q_D = Q_{DL} + Q_{DF}$$

Q_{DL} : Pérdidas de calor por superficie lateral

Q_{DF} : Pérdidas de calor por el fondo de la piscina.

$$Q_D = 307,369 \text{ W} + 792,289 \text{ W}$$

$$Q_D = 1\,099,658 \text{ W}$$

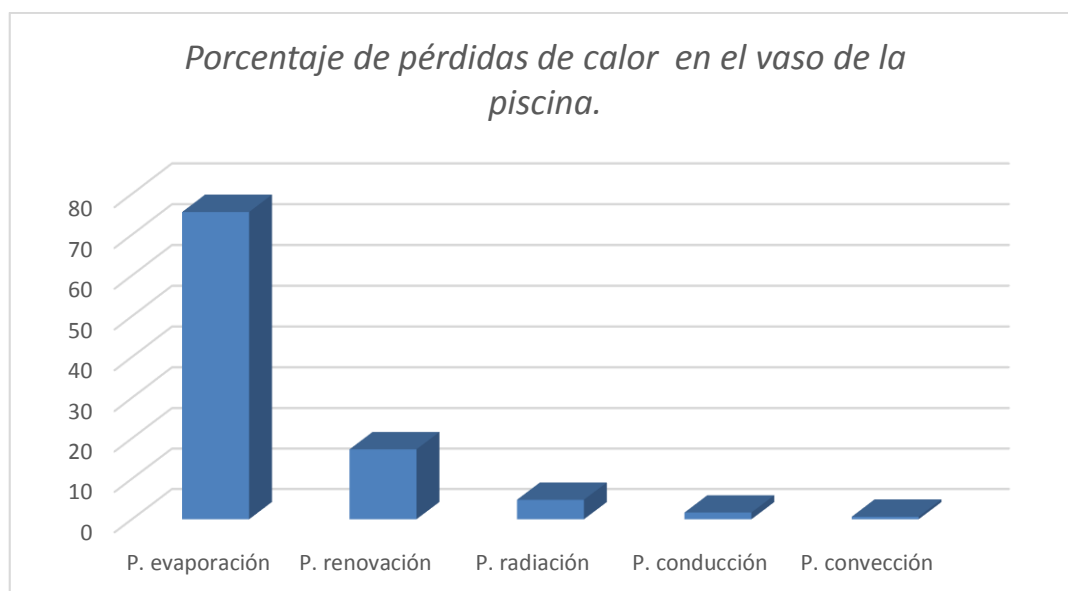
3.3.4 Porcentaje de pérdidas de calor en el vaso de la piscina.

Tabla 3-3. Valores de pérdidas de calor en el vaso de la piscina ordenadas en forma descendente.

Nº	PERDIDAS	Total [W]	%
1	P. evaporación	49897,634	75,56
2	P. renovación	11430,587	17,3
3	P. radiación	3184,769	4,82
4	P. conducción	1099,658	1,67
5	P. convección	427,381	0,65
Pérdida Total [W]		66040,029	100
Pérdida Total [KW]		66,040	100
Pérdida Total [Btu/h]		225337,9324	100

Fuente: Autores

Gráfico 1-3. Porcentaje de pérdidas de calor en el vaso de la piscina.



Fuente: Autores

3.3.5 Cálculo del calor necesario para calentar el agua de suministro

Para calcular el calor necesario que permita calentar el agua de la cisterna que se encuentra a 16°C, hasta las condiciones de confort que para el caso de la piscina ESPOCH que alcanza actualmente 25,2°C, se calcula de la siguiente manera (Maillo, 2005 pág. 8). Este calor es el necesario una vez por año ya que esa es la frecuencia con la cual se hace la renovación total del agua de piscina.

$$P_o = \frac{V * (D) * (C_{pp}) * (T_{agua} - T_x)}{t} [W] \quad (14)$$

Donde:

P_o : Calor necesario para calentar el agua de la piscina, en W.

Volumen de piscinas: $V = 531,129 m^3$

Densidad del agua a 25,2 °C: $D = 997,08 kg/m^3$.

C_{pp} : Calor específico del agua. (ANEXO G)

Temperatura de agua de la piscina: $T_{agua} = 25,2 °C$.

Temperatura del agua de suministro: $T_x = 16°C$.

Tiempo de puesta en régimen: t

$$C_{p_{agua}} = 4,1798 \frac{KJ}{°K Kg} \text{ (ANEXO G)} \quad \text{a la } T_{agua} = 25,2 °C$$

$$C_{p_{agua}} = 4,185 \frac{KJ}{°K Kg} \text{ (ANEXO G)} \text{ a la } T_{agua} = 16 °C$$

$$C_{PP} = \frac{4,1798 + 4,185}{2} = 4,1824 \frac{kJ}{kg°C}$$

$$C_{PP} = 4,182 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} * \frac{1 h}{3600 s} * \frac{1000 W}{1 kJ}$$

$$C_{PP} = 1,1618 \frac{W * h}{kg * ^{\circ}C}$$

Debido a que el cálculo se fundamenta en datos del funcionamiento actual es de gran ayuda el registro del tiempo de puesta en régimen, corresponde a 12 h para alcanzar un aumento de 1,5°C por ende:

$$\Delta T = \frac{1,5^{\circ}C}{12 h} = 0,125 \frac{^{\circ}C}{h}$$

$$\Delta T = T_{agua} - T_x$$

$$0,125 \frac{^{\circ}C}{h} = \frac{25,2^{\circ}C - 16^{\circ}C}{t}$$

$$\frac{0,125}{h} = \frac{9,2}{t}$$

$$t = 73,6 h$$

Entonces:

$$P_o = \frac{V * (D) * (C_{pp}) * (T_{agua} - T_x)}{t} [W]$$

$$P_o = \frac{(531,129 m^3) * (997,08 kg/m^3) * (1,1618 \frac{Wh}{kg^{\circ}C}) * (25,2^{\circ}C - 16^{\circ}C)}{73,6 h} [W]$$

$$P_o = 73\,907,980 W$$

3.3.6 Cálculo del calor de requerimiento en la piscina (Q_S).

Para este cálculo se debe considerar el calor necesario para calentar el agua de suministro a la piscina, así como también reponer el calor que se pierde en el vaso.

$$Q_S = P_O + Q_P \quad (15)$$

Donde:

Calor necesario para calentar el agua de la piscina $P_O = 73\,907,980\text{ W}$

Total pérdidas de calor generadas en el vaso de la piscina $Q_P = 66\,040,029\text{ W}$

$$Q_S = 73\,907,980\text{ W} + 66\,040,029\text{ W}$$

$$Q_S = 139\,948,009\text{ W}$$

3.3.7 Cálculo del calor suministrado por el calentador al agua de la piscina.

Para calcular el calor total del sistema se ha dividido en tres bloques los cuales requieren absorber energía calorífica entregada por el combustible, para mantener las condiciones de confort del agua en la piscina y son los siguientes:

- Calor en el agua de la cámara del calentador
- Calor en el agua circulante por el serpentín o más conocida como agua de piscina
- Calor en el agua perdida por evaporación en el vaso.

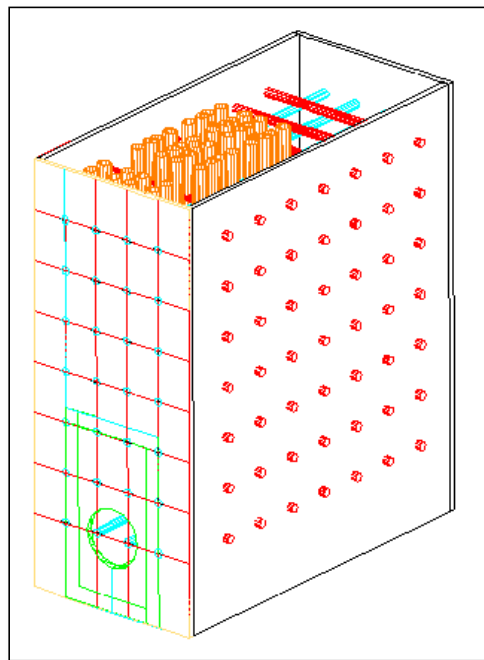
3.3.7.1 Cálculo del calor necesario en el agua de la cámara del calentador.

Como el calentamiento de agua de la piscina se basa en un baño maría, entonces el agua del calentador alcanza una temperatura de $T_{agua_cald} = 80^{\circ}\text{C}$, donde el calor adquirido por el líquido será igual al calor suministrado por el combustible en este caso GLP.

$$Q_{agua_Calentador} = m_{agua_Calentador} \times C_{pp} \times (T_{aga_Cald} - T_X) \quad (16)$$

- Masa de agua en de la cámara del calentador: $m_{agua_Calentador}$

Figura 23-3. Esquema de la cámara del calentador.



Fuente: Autores

$$m_{\text{agua_Calentador}} = D_{80^{\circ}\text{C}} * V_{\text{Camara_Calentador}} \quad (17)$$

Volumen del agua en la cámara del calentador: $V_{\text{Camara_Calentador}}$

Para hallar $V_{\text{Camara_Calentador}}$, se realizaron mediciones directas e indirectas del calentador donde se obtuvo un espacio volumétrico de aproximadamente 1m^3 , atravesado por 32 tubos de acero, sus dimensiones son las siguientes, 800 mm de longitud por 1,5” de diámetro, la temperatura a la que se exponen cada uno de ellos es de 238°C , que conducen el calor de los gases producidos por el quemador y transmiten este calor al agua de la cámara y a su vez entrega ese calor al agua de la piscina que atraviesa por unos serpentines de cobre, subdivididos en 6 tubos de ¼” de diámetro con una longitud de 1,9 m.

$$V_{\text{Camara_Calentador}} = 1\text{ m}^3 - V_{\text{tubos}} \quad (18)$$

$$V_{\text{tubos}} = V_{t_1} + V_{t_2} \quad (19)$$

Volumen de los tubos de acero: $V_{t_1} = n_{t_1} * (\pi * \frac{d_{t_1}^2}{4} * l_{t_1})$

Numero de tubos de acero: $n_{t_1} = 32$

Diámetro del tubo de acero: $d_{t_1} = 1\frac{1}{2}\text{ pulg} = 0,0381\text{ m}$

Longitud de los tubos de acero: $l_{t_1} = 0,8\text{ m}$

$$V_{t_1} = 32 * \left(\pi * \frac{0,0381^2}{4} * 0,8\text{ m} \right) = 0,029\ 186\text{ m}^3$$

Volumen del serpentín de tubos de cobre: $V_{t_2} = n_{t_2} * (\pi * \frac{d_{t_2}^2}{4} * l_{t_2})$

Numero de tubos de cobre: $n_{t_2} = 6$

Diámetro del tubo de cobre: $d_{t_2} = 0,0093 \text{ m}$

Longitud de los tubos de cobre: $l_{t_2} = 1,9 \text{ m}$

$$V_{t_2} = 6 * \left(\pi * \frac{0,0093^2 \text{ m}^2}{4} * 1,9 \text{ m} \right) = 0,000 725 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$V_{tubos} = V_{t_1} + V_{t_2} = 0,029 186 \text{ m}^3 + 0,000 725 \text{ m}^3 = 0,029 911 \text{ m}^3$$

$$V_{Camara_Calentador} = 1 \text{ m}^3 - 0,029 911 \text{ m}^3 = 0,97 \text{ m}^3$$

Densidad del agua a 80°C : $D_{80^\circ \text{C}} = 971,60 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

$$m_{agua_Calentador} = D_{80^\circ \text{C}} * V_{Camara_Calentador} = 971,60 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0,97 \text{ m}^3$$

$$m_{agua_Calentador} = 942,452 \text{ Kg}$$

- Promedio del poder calorífico del agua: Cp_{agua} (ANEXO G)

$$Cp_{80^\circ \text{C}} = 4,196 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{K}} \quad Cp_{16^\circ \text{C}} = 4,185 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{K}}$$

$$C_{pp} = \frac{4,196 + 4,185}{2} = 4,190 5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{K}}$$

- Temperaturas del agua de la cámara del calentador:

Temperatura máxima agua calentador: $T_{agua_Cald} = 80\text{ }^{\circ}\text{C} = 353\text{ }^{\circ}\text{K}$

Temperatura de cisterna: $T_X = 16\text{ }^{\circ}\text{C} = 289\text{ }^{\circ}\text{K}$

Por tanto se da el cálculo de calor en el agua de la cámara del calentador es:

$$Q_{agua_Calentador} = m_{agua_Calentador} \times C_{\rho agua} \times (T_{agua_Cald} - T_X)$$

$$Q_{agua_Calentador} = 942,452\text{ Kg} * 4,1905 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{K}} * (353 - 289)^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{agua_Calentador} = 252\,758,087\text{ KJ}$$

3.3.7.2 Cálculo del calor necesario en el agua que circula por el serpentín.

Se ocupa la misma ecuación (16), donde el calor adquirido por el líquido será igual al calor suministrado por el combustible en este caso GLP.

$$Q_{agua_piscina} = m_{agua_piscina} \times C_{\rho p} \times (T_{agua} - T_X)$$

- Masa de agua que circula por el serpentín: $m_{agua_piscina}$

Caudal del sistema: $\dot{V} = 39,512 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ (ANEXO H)

La densidad: $D_{27^{\circ}\text{C}} = 996,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{\dot{m}_{agua_piscina}}{\dot{V}}$ (ANEXO E)

Se despeja flujo másico que corresponde al agua de piscina que circula por el serpentín:

$$\dot{m}_{\text{agua_piscina}} =: D_{28^{\circ}\text{C}} * \dot{V} \quad (20)$$

$$\dot{m}_{\text{agua_piscina}} = 996,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 39,512 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\dot{m}_{\text{agua_piscina}} = 39\,377,26 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

- Promedio del poder calorífico del agua: $C_{p\text{agua}}$ (ANEXO H)

$$C_{p_{28^{\circ}\text{C}}} = 4,179 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{K}} \quad C_{p_{24^{\circ}\text{C}}} = 4,180 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{K}}$$

$$C_{pp} = \frac{4,179 + 4,180}{2} = 4,1795 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{K}}$$

- Temperaturas del agua de la piscina:

$$\text{Temperatura máxima piscina: } T_{pc} = 27^{\circ}\text{C} = 300^{\circ}\text{K}$$

$$\text{Temperatura mínima piscina: } T_{pf} = 24^{\circ}\text{C} = 297^{\circ}\text{K}$$

Por tanto el cálculo del flujo calorífico absorbido por el agua que circula por el serpentín es:

$$\dot{Q}_{\text{agua_piscina}} = \dot{m}_{\text{agua_piscina}} \times C_{pp} \times (T_{pc} - T_{pf})$$

$$\dot{Q}_{\text{agua_piscina}} = 39\,377,26 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 4,1795 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{K}} * (301 - 297)^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{\text{agua_piscina}} = 493731,77 \frac{\text{KJ}}{\text{h}}$$

Como el quemador está funcionando 12 horas en el día entonces el calor será:

$$Q_{\text{agua_piscina}} = 493731,77 \frac{KJ}{h} * 12 h$$

$$Q_{\text{agua_piscina}} = 5924781,24 KJ$$

3.3.7.3 Cálculo del calor necesario en el agua perdida por evaporación en el vaso.

Para este cálculo utilizamos la ecuación (16) de calor.

$$Q_{\text{agua_evaporada}} = Me_{\text{total}} * C_{pp} \times (T_{\text{agua}} - T_X)$$

- Masa total del agua evaporada del vaso de piscina, ya fue calculado en el ítem 3.3.3.1 correspondiente al cálculo de calor en pérdidas por evaporación.

$$Me_{\text{total}} = Me_{\text{reposo}} + Me_{\text{bañistas}} + Me_{\text{espectadores}}$$

$$Me_{\text{total}} = 73,795 \frac{kg}{h}$$

- Promedio del poder calorífico del agua: Cp_{agua} (ANEXO H)

$$Cp_{27^{\circ}C} = 4,179 \frac{kJ}{kg \cdot ^{\circ}K}$$

$$Cp_{16^{\circ}C} = 4,185 \frac{kJ}{kg \cdot ^{\circ}K}$$

$$C_{pp} = \frac{4,179 + 4,185}{2} = 4,182 \frac{kJ}{kg \cdot ^{\circ}K}$$

- Temperaturas del agua de la piscina:

Temperatura máxima: $T_{pc} = 27\text{ }^{\circ}\text{C} = 300\text{ }^{\circ}\text{K}$

Temperatura mínima: $T_{pf} = 16\text{ }^{\circ}\text{C} = 289\text{ }^{\circ}\text{K}$

Por tanto se da el cálculo absorbido por el agua de reposición por pérdida de evaporación en el vaso.

$$Q_{\text{agua_evaporada}} = M_{e_{total}} \times C_{pp} \times (T_{pc} - T_{pf})$$

$$Q_{\text{agua_evaporada}} = 73,795 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 4,182 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{K}} * (300 - 289)\text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{\text{agua_evaporada}} = 3\,394,71 \frac{\text{KJ}}{\text{h}}$$

Como la piscina está disponible para los estudiantes un lapso de 8 horas por tanto:

$$Q_{\text{agua_evaporada}} = 3\,394,71 \frac{\text{KJ}}{\text{h}} * 8\text{ h}$$

$$Q_{\text{agua_evaporada}} = 27\,157,68\text{ KJ}$$

Finalmente el calor absorbido por el MODULO 1 en condiciones establecidas y datos experimentales tomados es:

$$Q_T = Q_{\text{agua_Calentador}} + Q_{\text{agua_piscina}} + Q_{\text{agua_evaporada}}$$

$$Q_T = 252\,758,087\text{ KJ} + 5\,924\,781,24\text{ KJ} + 27\,157,68\text{ KJ}$$

$$Q_T = 6\,204\,697,01\text{ KJ}$$

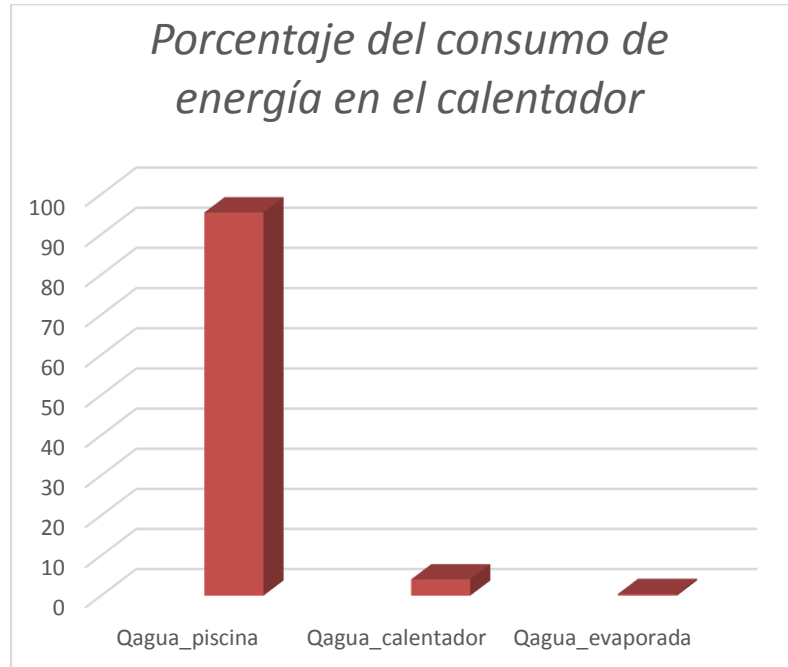
Tabla 4-3. Valores de los calores que suministra el calentador GLP.

	CALOR (K J)	m_comb(kg)	Consumo diario (KW)	Porcentaje
Qagua_piscina	5924781,24	127,21	1653,68	95,49
Qagua_calentador	252758,087	5,43	70,55	4,07
Qagua_evaporada	27157,68	0,58	7,58	0,44
TOTAL	6204697,01	133,21	1731,73	100

Fuente: Autores

En la tabla 4-3. se muestra el consumo energético diario de los equipos mecánicos (calentadores de agua), siendo de 1731,73 kW, este valor representa el calor que suministra el calentador, estando en funcionamiento 3 días a la semana.

Gráfico 2-3. Porcentaje del consumo de energía en el calentador



Fuente: Autores

3.3.8. Cálculo del combustible requerido en el calentador.

Como el calor absorbido por el módulo 1 es igual al calor que debe suministrar el combustible entonces:

$$Q_{\text{comb}} = m_{\text{comb}} \times \Delta h = Q_T \quad (21)$$

$$m_{\text{comb}} = \frac{Q_T}{\Delta h}$$

Donde :

Poder calorífico del combustible GLP (ANEXO I)

$$\Delta h = 11\,132 \frac{\text{K cal}}{\text{Kg}} * 4,18411, \frac{\text{KJ}}{\text{K cal}} = 46\,576,288 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$m_{\text{comb}} = \frac{6\,204\,697,01 \text{ KJ}}{46\,576,288 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}}$$

$$m_{\text{comb}} = 133,21 \text{ Kg}$$

Cálculo del número de tanques GLP por día

$$N_{\text{tanques}} = \frac{133,21 \text{ Kg}}{45 \text{ kg}}$$

$$N_{\text{tanques}} = 2,9$$

3.3.9 Cálculo del consumo de energía fósil

Todos los cálculos realizados se han efectuado para el funcionamiento de un día de la piscina, pero el calentador se pone en marcha tres veces por semana, aproximadamente 12 veces por mes, por tanto para hallar el consumo energético mensual se efectúa de la siguiente forma:

Dado que el poder calorífico del GLP:

$$\Delta h = 11\,132 \frac{Kcal}{Kg} = 46\,576,288 \frac{KJ}{Kg} = 13 \frac{KW \cdot h}{Kg} \text{ (ANEXO I)}$$

Y la masa de combustible requerida es: $m_{comb} = 133,21 \text{ Kg}$

Por tanto:

$$\Delta h * m_{comb} = 13 \frac{KW \cdot h}{Kg} * 133,21 \text{ Kg}$$

El consumo energético por día: 1 731,73 KW

Entonces $1731,73 \frac{KW}{dia} * 12 \frac{dia}{mes}$

El consumo energético al mes: 20 780,76 KW

3.3.10 Equipos Eléctricos.

Los equipos eléctricos, utilizados en todos los MODULOS se detallan a continuación, donde se describen características técnicas como marca, modelo, un breve comentario y en especial la potencia con la cual es posible hallar el consumo energético de la red eléctrica, los distintos equipos eléctricos hacen posible el funcionamiento total del complejo Piscinas ESPOCH.

3.3.10.1 Bomba Cisterna 1

Es una bomba centrífuga ubicada junto a la cisterna, se utiliza para el abastecimiento de agua caliente para las duchas. Succión: 1 1/2", descarga: 1 1/4".

Características Técnicas

Marca: GOULDS

Modelo: 3642

Potencia: 1,5 KW

Tensión de la placa: 220V

Intensidad de la placa: 6-5,8A

3.3.10.2 Bomba Cisterna 2

Bomba centrífuga, se utiliza para el abastecimiento de agua caliente para las duchas. Succión: 1 1/2", descarga: 1 1/4", imp. 5", funcionamiento continuo.

Características Técnicas

Marca: GOULDS

Modelo: 3642

Potencia: 1,5 kW (2 HP)

Tensión de la placa: 220V

Intensidad de la placa: 6-5,8A

3.3.10.3 Bomba Duchas

Bomba centrífuga, se utiliza para calentar agua para duchas de agua caliente.

Características Técnicas

Marca: PEDROLLO

Potencia: 0,37 kW (0,5 HP)

Tensión de la placa: 110V

Intensidad de la placa: 5,5A

3.3.10.4 Bomba filtración hidromasaje 15

Bomba centrífuga, filtra y calienta el agua de hidromasaje grande.

Características Técnicas

Marca: SIEMENS

Modelo: 1LA7083-2YA69

Potencia: 1,5 kW (2 HP)

Tensión de la placa: 220V

3.3.10.5 Bomba filtración hidromasaje 8

Bomba centrífuga con una capacidad de 60 GPM, rebobinada para que trabaje a 220 V y a 3 fases, se instaló en 2010-04-6.

Características Técnicas

Marca: HAYWARD

Modelo: SKC39QN2165AX

Potencia: 0,75 kW (1 HP)

Tensión de la placa: 220V

Intensidad de la placa: 1,5A

3.3.10.6 Bomba Jets hidromasaje 8

Bomba centrífuga, proporciona la presión en los hidrojets. Rodamientos: 6204 2RS (anterior), 6203 2RS (posterior) y sello 3/4" corto; impulsor: SP2615-C.

Características Técnicas

Marca: HAYWARD

Potencia: 1,49 kW (2 HP)

Tensión de la placa: 220V

Intensidad de la placa: 10,8A

3.3.10.7 Bomba Piscina 1

Es una bomba centrífuga, con un diámetro de succión: de 4 pulgadas, diámetro de descarga: 3 pulgadas, diámetro del impulsor: 5 1/2 pulgadas; Frame: 213 JM.

Características Técnicas

Marca: GOULDS

Modelo: 3656

Potencia: 7,457 kW (10 HP)

Tensión de la placa: 220V

Intensidad de la placa: 25-27 A

3.3.10.8 Bomba Piscina 2

Es una bomba centrífuga, diámetro succión: 4", diámetro descarga: 3"; diámetro impulsor: 6 3/8"(2K234; 59110; S); rodamientos: 6206 y 6309; sello: 1 1/4" corto.

Características Técnicas

Marca: GOULDS

Modelo: 3656

Potencia: 11,2 kW (15 HP)

Tensión de la placa: 220V

Intensidad de la placa: 38 A

3.3.10.9 Bomba Presión 1 (Izquierda) Hidromasaje 15

Bomba centrífuga, proporciona la presión para los jets del hidro grande.

Características Técnicas

Marca: SIEMENS

Modelo: 1LA7094-2YA69

Potencia: 2,7 kW (3,6 HP)

Tensión de la placa: 220V

3.3.10.10 Bomba Presión 2 (Derecha) Hidromasaje 15

Bomba centrífuga, proporciona la presión para los jets del hidromasaje grande.

Características Técnicas

Marca: SIEMENS

Modelo: 1LA7094-2YA69

Potencia: 2,7 kW (3,6 HP)

Tensión de la placa: 220V

Intensidad de la placa: 6,2 A

3.3.10.11 Equipo Sauna 1

Equipo eléctrico para cuarto de sauna pequeño, opera con 4 resistencias de 3 Kw de 220 V.

Características Técnicas

Potencia: 12 kW

Tensión de la placa: 220V

Intensidad de la placa: 32 A

3.3.10.12 Equipo Sauna 2

Equipo eléctrico para cuarto de sauna grande, opera con 5 resistencias de 3 kW y 220 V.

Características Técnicas

Potencia: 15 kW

Tensión de la placa: 220V

Intensidad de la placa: 40 A

3.3.10.13 Generador Vapor 1

Generador de vapor eléctrico, opera con 3 resistencias de 6 kW a 220 V.

Características Técnicas

Potencia: 18 kW

Tensión de la placa: 220V

Intensidad de la placa: 47 A

3.3.10.14 Generador Vapor 2

Generador de vapor eléctrico, opera con 4 resistencias de 6 kW de 220 V.

Características Técnicas

Potencia: 24 kW

Tensión de la placa: 220V

Intensidad de la placa: 60 A

3.3.10.15 Hidrolavadora

Hidrolavadora a energía eléctrica

Características Técnicas

Modelo: 3WZ-1522-3S4

Potencia: 3 Kw

Tensión de la placa: 220V

Intensidad de la placa: 19,2 A

3.3.10.16 Quemador calentador 1

Quemador de GLP

Características Técnicas

Marca: WAYNE

Modelo: HSG 400

Potencia: 0,11 kW

Tensión de la placa: 120V

Intensidad de la placa: < 1,2 A

3.3.10.17 Quemador calentador 2

Quemador de GLP

Características Técnicas

Marca: WAYNE

Modelo: HSG 400

Potencia: 0,11 kW

Tensión de la placa: 120V

Intensidad de la placa: < 1,2 A

En el siguiente cuadro se ordena de manera descendente el consumo energético de los equipos eléctricos utilizados y puestos en marcha para el funcionamiento del complejo Piscinas ESPOCH.

Tabla 5-3. Consumo energético ordenado en forma descendente de los equipos eléctricos.

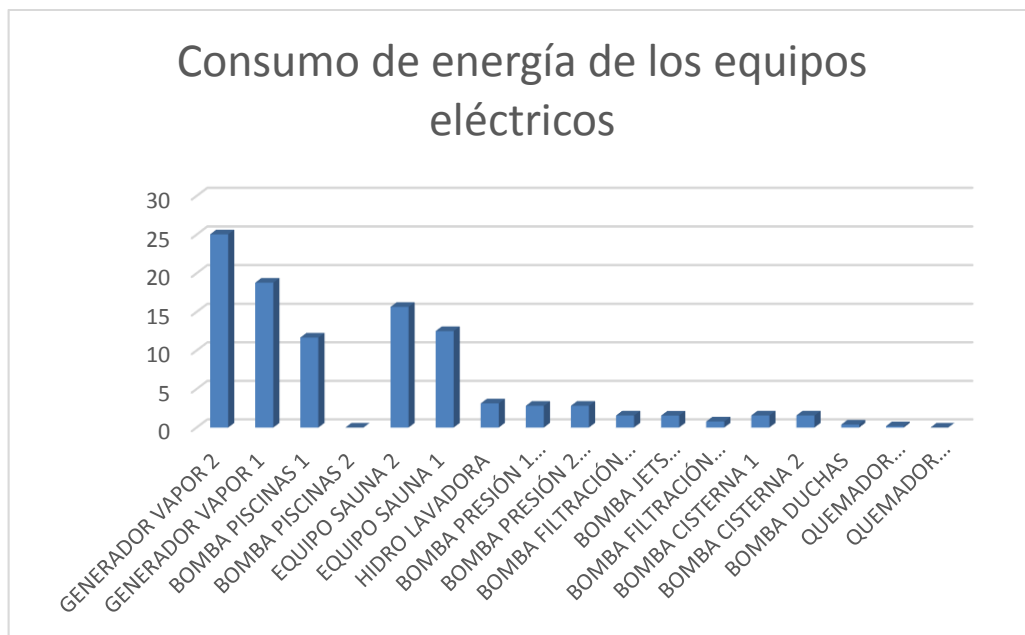
Nº	EQUIPOS	CONSUMO			
	NOMBRE	POTENCIA	HORAS	KW	%
1	GENERADOR VAPOR 2	24	8	192	25,036
2	GENERADOR VAPOR 1	18	8	144	18,777
3	BOMBA PISCINAS 1	7,457	12	89,484	11,669
4	BOMBA PISCINAS 2	11,2	0	0	0,000
5	EQUIPO SAUNA 2	15	8	120	15,648
6	EQUIPO SAUNA 1	12	8	96	12,518
7	HIDRO LAVADORA	3	8	24	3,130
8	BOMBA PRESIÓN 1 (IZQUIERDA)	2,7	8	21,6	2,817
	HIDROMASAJE 15				
9	BOMBA PRESIÓN 2 (DERECHA)	2,7	8	21,6	2,817
	HIDROMASAJE 15				

Tabla 5-3. (Continúa) Consumo energético ordenado en forma descendente de los equipos eléctricos.

10	BOMBA FILTRACIÓN HIDROMASAJE 15	1,5	8	12	1,565
11	BOMBA JETS HIDROMASAJE 8	1,49	8	11,92	1,554
12	BOMBA FILTRACIÓN HIDROMASAJE 8	0,75	8	6	0,782
13	BOMBA CISTERNA 1	1,5	8	12	1,565
14	BOMBA CISTERNA 2	1,5	8	12	1,565
15	BOMBA DUCHAS	0,37	8	2,96	0,386
16	QUEMADOR CALENTADOR 1	0,11	12	1,32	0,172
17	QUEMADOR CALENTADOR 2	0,11	0	0	0,000
Total de consumo de energía de los equipos eléctricos para poner en funcionamiento de un día el complejo piscina ESPOCH.				766,884	100

Fuente: Autores

Gráfico 3-3. Consumo de energía ordenado en forma descendente de los equipos eléctricos



Fuente: Autores

3.3.11 Consumo energético total en el complejo Piscina ESPOCH.

Una vez hallado el consumo energético por día y mensual del funcionamiento del complejo Piscina ESPOCH, tanto en los equipos mecánicos y eléctricos se procede a sumar para obtener el consumo energético total, a continuación se describe en la siguiente tabla.

Tabla 6-3. Consumo energético de la Piscina ESPOCH.

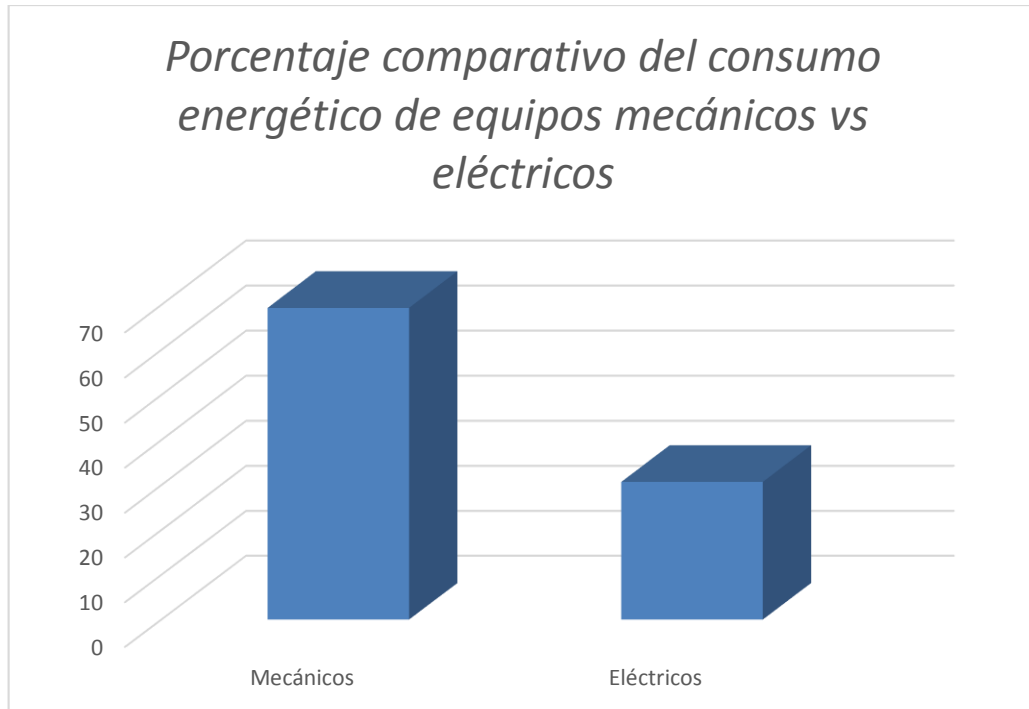
EQUIPOS	Consumo Diario		Consumo Mes	
	KW	%	KW	%
Mecánicos	1731,73	69,31	20780,8	69,31
Eléctricos	766,884	30,69	9202,608	30,69
TOTAL	2498,614	100	29983,408	100

Fuente: Autores

3.3.11.1 Identificación del punto estratégico donde se remplazará la energía convencional por energía solar fotovoltaica.

En el gráfico 4-3, se observa un porcentaje significativo del consumo energético de los equipos mecánicos en comparación a los eléctricos, por esta razón se identifica como punto estratégico al equipo mecánico (intercambiador de calor) con un 69,31% de consumo energético mensual equivalente 29983,408 Kw, con el objetivo de reducir el consumo de energía convencional y sustituir los combustibles fósiles.

Gráfico 4-3. Porcentaje comparativo del consumo energético de equipos mecánicos vs eléctricos



Fuente: Autores

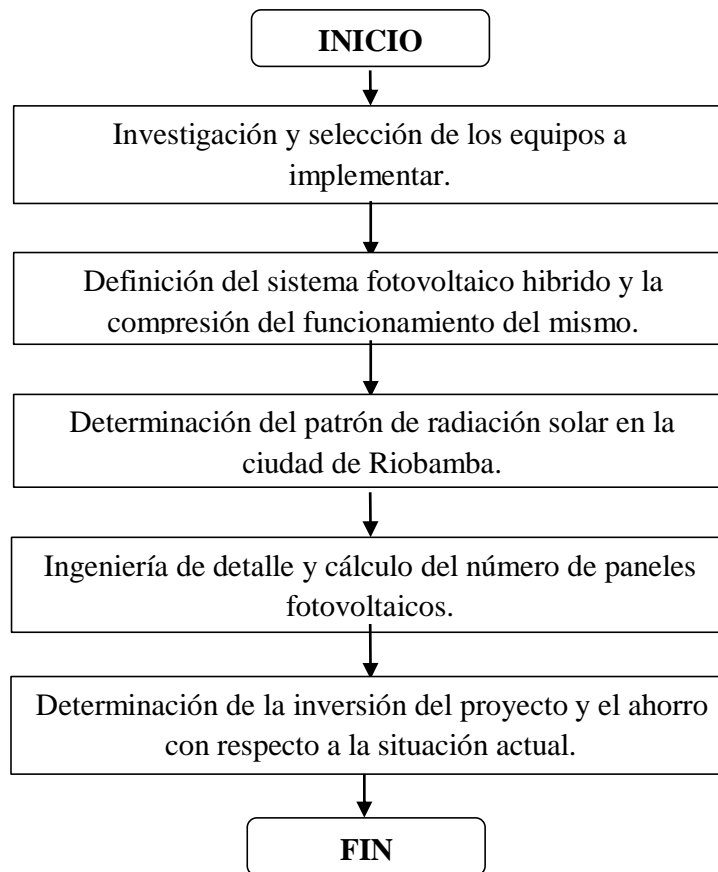
CAPITULO IV

PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE PANELES FOTOVOLTAICOS Y EQUIPOS.

En este capítulo se describe la propuesta, que a su vez consiste en la implementación de paneles solares fotovoltaicos, con el objetivo de plasmar un sistema fotovoltaico híbrido, el cual se adapte a las necesidades actuales de la piscina de la ESPOCH. La propuesta de implementación de paneles solares fotovoltaicos tiene un alcance de satisfacer un 30% de la demanda total de energía utilizada en el complejo, en consecuencia reducir el consumo de energía convencional y sustituir los combustibles fósiles.

Las actividades desarrolladas para el sistema propuesto en la Piscina de la ESPOCH, se efectuarán de acuerdo a la estructura presentada en la figura 24.

Figura 24-4. Estructura del Sistema Propuesto



4.1 Investigación y selección de los equipos

4.1.1 Panel solar fotovoltaico

Son dispositivos formados por un conjunto de células solares fotovoltaicas, que pueden ser células monocristalinas o policristalinas, las cuales tienen la capacidad de producir energía eléctrica de corriente continua al incidir la energía del sol en forma de luz sobre ellas.

4.1.1.1 Tipos de paneles solares fotovoltaicos

- **Paneles Monocristalinos de celdas de silicio:**

Las celdas solares de silicio monocristalino, son fáciles de identificar por su coloración y aspecto uniforme, que revela una alta pureza en silicio, como se observa en la figura:

Figura 25-4. Panel solar fotovoltaico monocristalino



Fuente: <http://energiasrenovablesinfo.perrosnordicos.es/wp-content/uploads/panelmonocristalino.jpg>

Las celdas monocristalinas se fabrican con bloques de silicio o ingots, que son de forma cilíndrica. Para optimizar el rendimiento y reducir los costes de cada celda solar monocristalina, se recortan los cuatro lados de los bloques cilíndricos para hacer láminas de silicio, y que les da esa apariencia característica.

Tabla 7-4. Características de los paneles monocristalinos de celdas de silicio

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mayores tasas de eficiencia puesto que se fabrican con silicio de alta pureza. La eficiencia en estos paneles está por encima del 15% y en algunas marcas supera el 21%. La vida útil de los paneles monocristalinos es más larga. De hecho, muchos fabricantes ofrecen garantías de hasta 25 años.	Son más caros, valorando el aspecto económico, para uso doméstico resulta más ventajoso usar paneles policristalinos o incluso de capa fina.
Funcionan mejor que paneles policristalinos de similares características en condiciones de poca luz.	Si el panel se cubre parcialmente por una sombra, suciedad o nieve, el circuito entero puede averiarse.
El rendimiento en todos los paneles se reduce con temperaturas altas, esto ocurre en menor medida en los policristalinos que en los monocristalinos.	El proceso Czochralski es el usado para la fabricación de silicio monocristalino. Como resultado, se obtienen bloques cilíndricos. Posteriormente, se recortan cuatro lados para hacer las láminas de silicio. Se derrocha una gran cantidad de silicio en el proceso.

Fuente: Autores

- **Paneles policristalinos de silicio**

Los primeros paneles solares policristalinos de silicio aparecieron en el mercado en 1981. A diferencia de los paneles monocristalinos, en su fabricación no se emplea el método Czochralski. El silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas como se observa en la figura.

Figura 26-4. Panel solar fotovoltaico policristalino



Fuente: <http://energiasrenovablesinfo.perrosnordicos.es/wp-content/uploads/panelpolicristalino.jpg>

Tabla 8-4. Características de los paneles policristalinos de silicio

VENTAJAS	DESVENTAJAS
El proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos policristalinos es más simple, lo que redundaría en menor precio.	Los paneles policristalinos suelen tener menor resistencia al calor que los monocristalinos. El calor además puede afectar a su vida útil, acortándola.
Se pierde mucho menos silicio en el proceso que en el monocristalino.	La eficiencia de un panel policristalino se sitúa típicamente entre el 13-16%, debido a que no tienen un silicio tan puro como los monocristalinos.
	Mayor necesidad de espacio. Se necesita cubrir una superficie mayor con paneles policristalinos que con monocristalinos.

Fuente: Autores

- **Paneles solares fotovoltaicos de capa fina**

El fundamento de estos paneles es depositar varias capas de material fotovoltaico en una base. Dependiendo de cuál sea el material empleado podemos encontrar paneles de capa

fina de silicio amorfo (a-Si), de telururo de cadmio (CdTe), de cobre, indio, galio y selenio (GIS/CIGS) o células fotovoltaicas orgánicas (OPC).

Dependiendo del tipo, un módulo de capa fina presenta una eficiencia del 7-13%. Debido a que tienen un gran potencial para uso doméstico, son cada vez más demandados.

Figura 27-4. Panel solar fotovoltaico de capa fina



Fuente: <http://energiasrenovablesinfo.perrosnordicos.es/wp-content/uploads/panel-capafina.jpg>

Tabla 9-4. Características de los paneles fotovoltaicos de capa fina

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Se pueden fabricar de forma muy sencilla y en grandes remesas. Esto hace que sean más baratos que los paneles cristalinos.	Por su menor eficiencia requieren mucho espacio. Un panel monocristalino puede producir cuatro veces más electricidad que uno de capa fina por cada metro cuadrado utilizado.
Tienen una apariencia muy homogénea.	Al necesitar más paneles, también hay que invertir más en estructura metálica, cableado, etc.

Tabla 9-4. (Continúa) Características de los paneles fotovoltaicos de capa fina

Pueden ser flexibles, lo que permite que se adapten a múltiples superficies.	Los paneles de capa fina tienden a degradarse más rápido que los paneles monocristalinos y policristalinos, por ello los fabricantes también ofrecen menor garantía.
El rendimiento no se ve afectado tanto por las sombras y altas temperaturas.	
Son una gran alternativa cuando el espacio no es problema.	

Fuente: Autores

4.1.1.2 Selección de paneles solares fotovoltaicos

Para la selección de este equipo se realizó una investigación de tipos de paneles fotovoltaico más utilizados y disponibles en el mercado, a nivel nacional como internacional. A continuación se detallan los paneles fotovoltaicos de marcas más especializadas y reconocidas a nivel mundial.

- **Panel Solar World de 350W**

Solar World es una empresa líder en la fabricación de módulos solares, con más de 40 años de experiencia. Su tecnología, innovación y optimización continua, crean la base para el desempeño de módulos de la más alta calidad. Todas las etapas de producción, a partir del silicio, hasta el modulo, se fabrican en sus centros de producción, asegurando la más alta calidad en todos sus productos.

Características:

- Probado para condiciones meteorológicas extremas como pruebas de granizo, heladas, polvo y arena.
- Eficientes para el mayor rendimiento energético en instalaciones a grandes.
- Diseño de esquina patentado con drenaje integrado para optimización de la autolimpieza
- Vidrio de alta transmisividad con revestimiento antirreflectante.
- Seguridad a largo plazo y alto rendimiento garantizado – 25 años de garantía en el rendimiento.
- 10 años de garantía del producto

Tabla 10-4. Características del Panel Solar World de 350W

MODELO SW 350 XL MONO	
Características Eléctricas	
Potencia máxima(Pmax)	350 W
Eficiencia del módulo(n)	17,54%
Voltaje del circuito abierto(Vo/V)	47,3 V
Máxima corriente(Imp/A)	9,29 ^a
Máximo voltaje (Vmp/V)	37,5V
Corriente de corto circuito(Isc/A)	9,82 ^a
Características Mecánicas	
Dimensión	1993mm*1001mm*33mm
Peso	21,6kg
Cantidad y tipo de celdas	72/Monocristalinos
Carga máxima	1000/1500V
Conector	Pv wire per UL4703 con H4 connectors

Fuente: Autores

- **Panel JA Solar de 350W**

JA Solar es una empresa líder a nivel mundial en la fabricación de sistemas fotovoltaicos de alto rendimiento, estos productos convierten la luz solar en electricidad residencial, comercial y de utilidad. La compañía fue fundada el 18 de mayo, 2005, y fue cotizada públicamente en NASDAQ el 7 de febrero de 2007. JA Solar es una de las mayores productores de células solares y módulos. Sus ofertas de productos estándar y de alta eficiencia están entre los más potentes y rentables en la industria.

Características:

- El módulo JA de diseño 4BB, reduce la resistencia y el estrés de las series de las células entre los interconectores, mejorando la fiabilidad y la eficiencia de conversión del módulo.
- Superficie anti-reflectante y anti-suciedad que reduce la pérdida de potencia por acumulación de polvo y otras partículas.
- Certificado para resistencia a la niebla salina y al amoniaco por TUV NORD.
- Excelente rendimiento en entornos de baja irradiación solar.
- Excelente resistencia a la carga mecánica, certificado para soportar altas cargas de viento de (2400Pa) y de nieve (5400Pa).

Tabla 11-4. Características del Panel JA Solar de 350W

MODELO JA – M672 – 350	
Características Eléctricas	
Potencia máxima(Pmax)	350 W
Eficiencia del módulo(n)	18,02%
Voltaje del circuito abierto(Vo/V)	47,24V
Máxima corriente(Imp/A)	9,07 ^a
Máximo voltaje (Vmp/V)	38,58V
Corriente de corto circuito(Isc/A)	9,61 ^a

Tabla 11-4. (Continúa) Características del Panel JA Solar de 350W

Características Mecánicas	
Dimensión	1960mm*991mm*40mm
Peso	23kg
Cantidad y tipo de celdas	72/Monocristalinos
Carga máxima	1000V
Conector	MC4

Fuente: Autores

- **Panel Solartec Policristalino de 315W**

Panel Solartec con celdas solares de última generación que ofrecen un desempeño excepcional en condiciones de baja iluminación, permitiendo a los módulos entregar mucho más energía.

Tabla 12-4. Características del Panel Solartec Policristalino de 315W

MODELO S72PC-315	
Características Eléctricas	
Potencia máxima(Pmax)	315W
Eficiencia del módulo(n)	16,23%
Voltaje del circuito abierto(Vo/V)	44,30V
Máxima corriente(Imp/A)	9,07 ^a
Máximo voltaje (Vmp/V)	38,58V
Corriente de corto circuito(Isc/A)	9,61 ^a
Características Mecánicas	
Dimensión	1960mm*991mm*40mm
Peso	23kg

Tabla 12-4. (Continúa) Características del Panel Solartec Policristalino de 315W

Cantidad y tipo de celdas	72/Monocristalinos
Carga máxima	1000V
Conector	MC4

Fuente: Autores

- **Panel ReneSolar Policristalino de 320W**

ReneSola (NYSE: SOL) fundada en 2005 es un fabricante internacional y proveedor líder de productos de energía verde. Aprovechando su presencia global con oficinas y almacenes en más de 16 países e instalaciones de producción expansivas y red de ventas, Renesola está bien posicionada para proporcionar la más alta calidad de productos y servicios de energía verde a tiempo para la EPC, instaladores y proyectos de energía verde en todo el mundo.

Aprovechando sus tecnologías patentadas, las economías de escala y experiencia técnica, ReneSola utiliza internamente polisilicio virgen y un modelo de negocio integrado verticalmente, proporciona a los clientes productos de alta calidad, a un costo competitivo. Módulos solares ReneSola han logrado las calificaciones más altas de kilovatio-hora anuales de salida, de acuerdo con la Comisión de Energía de California (CEC) PVUSA Test Condiciones (PTC).

Tabla 13-4. Características del Panel ReneSolar Policristalino de 320W

MODELO S72PC-320	
Características Eléctricas	
Potencia máxima(Pmax)	320W
Eficiencia del módulo(n)	16,5%
Voltaje del circuito abierto(Vo/V)	45,6V
Máxima corriente(Imp/A)	8,567 ^a

Tabla 13-4. (Continúa) Características del Panel ReneSolar Policristalino de 320W

Máximo voltaje (Vmp/V)	37,4V
Corriente de corto circuito(Isc/A)	9,00A
Características Mecánicas	
Dimensión	1956mm*992mm*40mm
Peso	27kg
Cantidad y tipo de celdas	72/Policristalino
Carga máxima	1000V
Conector	MC4

Fuente: Autores

4.1.1.3 Elección de la mejor opción

En la tabla 14-4. Se especifica la puntuación, según las referencias de calificación en orden jerárquico del 5 al 1 para criterios de excelente a malo asignando rangos.

Tabla 14-4. Referencias de calificación de criterios

Referencias	Valor	Rangos			
		Comercial (%)	Vida útil (años)	Eficiencia (%)	Precio (\$) (270W-370W)
Excelente	5	20-24	24-30	17-19	100,00-140,00
Muy Bueno	4	16-20	18-24	15-17	140,00-180,00
Bueno	3	12-16	12-18	13-15	180,00-220,00
Regular	2	8-12	6-12	11-13	220,00-260,00
Malo	1	4-8	0-6	9-11	260,00-300,00

Fuente: Autores

Tabla 15-4. Matriz de la mejor opción

PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS					
CRITERIOS	Comercial	Vida útil	Eficiencia	Precio (\$)	Total
MODELO	(%)	(años)	(%)	(315-350W)	
Panel solar World SW 350 XL MONO	21,3	25	17,54	225,63	17
	5	5	5	2	
Panel Solartec S72PC-315	16,5	25	16,23	183,74	16
	4	5	4	3	
Panel ReneSolar S72PC-320	15	25	15,5	167,93	16
	3	5	4	4	
Panel JA Solar JA – M672 - 350	14,8	25	18.02	283,56	14
	3	5	5	1	

Fuente: Autores

En base al análisis de criterios expuestos anteriormente, la mejor opción de paneles solares fotovoltaicos para el estudio de su aplicabilidad en la piscina ESPOCH, es **Panel solar World - SW 350 XL MONO** monocristalino.

4.1.2 Caldera eléctrica

En el capítulo III, en el ítem 3.2 con respecto al reconocimiento de instalaciones, mediante una inspección técnica de campo se apreció el funcionamiento de uno de los dos calentadores y uno de ellos a quedado fuera de funcionamiento al superar años de vida útil, donde el equipo que se encuentra en marcha, es debido a los mantenimientos preventivos y correctivos por parte del departamento encargado del complejo Piscinas ESPOCH.

Con el análisis cuantitativo del ciclo para temperar la piscina a condiciones de confort se obtuvo que los calentadores deben consumir 3 tanques industriales aproximadamente. Pero con el funcionamiento de un solo calentador, el tiempo para conseguir la temperatura adecuada del agua está fuera de los parámetros de diseño, dando un servicio de mala calidad a los estudiantes politécnicos y a su vez contamina el medio ambiente, al utilizar este equipo combustible fósil.

Mediante cálculos realizados de todo el complejo del consumo energético de equipos mecánicos y eléctricos revelaron que el calentador es el equipo de mayor consumo, por tanto es un punto estratégico el cual debe funcionar en las óptimas condiciones.

La propuesta de implementación de paneles solares fotovoltaicos, para plasmar un sistema híbrido, tiene como finalidad eliminar el consumo del combustible fósil y únicamente se consigue cambiando los calentadores por una caldera eléctrica. No se considerará el costo que conlleve la implementación de la caldera eléctrica dado las circunstancias de los equipos en condiciones actuales es necesario reemplazar por calentadores nuevos o la caldera mencionada, con o sin el proyecto de tesis presente. En el caso de adquirir nuevamente equipos con consumo de GLP, el estudio realizado para la implementación de paneles solares se encuentra diseñado para satisfacer un 30% de la demanda total de energía del complejo Piscinas ESPOCH.

A continuación se presenta la selección de la caldera.

4.1.2.1 Alternativas de los calderos eléctricos para la piscina

La selección de las calderas eléctricas, se realizó de acuerdo a las características y consumo energético analizado en la situación actual.

Analizaremos las marcas más conocidas en el mercado:

1. CALDERA ELÉCTRICA INOXIDABLE GPI 172/4
2. JIT CALDERA E-50
3. CALDERAS ELECTRICAS FLOWING Series 120 y 210

Antes de seleccionar la alternativa óptima se deben tener los datos técnicos de cada uno de los equipos y cada una de las siguientes consideraciones:

- Opción 1: Caldera eléctrica inoxidable **GPI 172/4**

Tabla 16-4. Ficha técnica de la Caldera eléctrica GPI 172/4

FICHA TECNICA DEL EQUIPO		
Rendimiento	100%	
Emisiones de CO2	Cero	
Peso	400 kg	
Caudal máximo	40 m ³ /h	
Dimensiones	Altura:1.846 Base: 1.143mm * 1.475mm	
Potencia	200kW -172000 kcal/h	
Escalones de potencia	4 escalones de potencia	
Voltaje	400 VIII	
Presión máxima de trabajo	6kg/cm ²	
Tomas	Tanque	
2 ½"	666 litros	30°C


Tabla 16-4. (Continúa) Ficha técnica de la Caldera eléctrica GPI 172/4

Caldera	Acabado exterior	Resistencias
Cuerpo: Acero inoxidable ASI 316L Aislado Térmicamente	Chasis tubular y carenado con chapa pintada con epoxi acabado al horno.	Efecto joule, aisladas con polvo de magnesio
Control de consumo	Sistemas de seguridad	Regulación de temperatura
Lleva incorporado un contador de KWh con salida de impulsos.	Seguridad por temperatura. Seguridad por presión: 6kg/cm ² . Seguridad por falta de agua.	La caldera lleva incorporados reguladores electrónicos individuales por cada escalón de potencia. La temperatura del agua saldrá de la caldera a la temperatura que se desee.

Fuente: Autores

- Opción 2: Caldera **JIT E-50**

Tabla 17-4. Ficha técnica de la Caldera eléctrica JIT E-50

FICHA TECNICA DEL EQUIPO		
Rendimiento	82%	
Emisiones de CO2	Cero	
Peso	200kg	
Contenido del agua	26,5 L	
Dimensiones	Altura: 840mm	
	Base: 456mm	
Capacidad kcal/h	50000	
Capacidad kW	60	
Caudal	3m ³ /h	
Resistencia	8 a 10,5 W/ cm ²	
Temperatura	Caldera	Tomas
20°C a 30° C	Hierro fundido	Tubo inoxidable de acero de 2" ASTM A312

Fuente: Autores

- Opción 3: Caldera eléctrica **FLOWING SERIES 120 y 210**

Tabla 18-4. Ficha técnica de la Caldera eléctrica Flowing Series 120 y 210

FICHA TECNICA DEL EQUIPO		
Rendimiento	85%	
Conexiones de alimentación y retorno bridas	2" o 3" ANSI 150	
Volumen	116 litros	
Elementos de resistencia	7,5 a 4,5 W/cm ²	
Dimensiones	Altura: 1787mm Base: 569mm	
Capacidad (kcal/h)	154800	
Capacidad (kW)	180.03	
Caudal máximo (m³/h)	35	
Peso(kg)	300	
Temperatura	Caldera	
15° C a 20° C	Cuerpo, Estructura y Accesorios en Inoxidable	Cero

Fuente: Autores

4.1.2.2 Selección de la mejor opción.

Una vez detalladas las características específicas de cada una de las alternativas propuestas de los diferentes equipos, se realizará la selección de la mejor alternativa en función de las condiciones óptimas como son:

Rendimiento, Capacidad calorífica, volumen, capacidad (kW), conexiones de alimentación, caudal, temperatura, y tipo de caldera.

Tabla 19-4. Matriz de selección

	CALDERAS ELÉCTRICAS			
Alternativas Características	Unidades	GPI 172/4 (INOXIDABLE)	JIT E-50	FLOWING SERIES 120 Y 210
Rendimiento	%	100	82	85
Capacidad calorífica	kcal/h	172000	50000	154800
Volumen	L	666	26,5	116
Capacidad en kW	Kw	200	58,15	180,03
Conexiones de Alimentación		2 ½ o 3” ANSI 150	Tubo inoxidable de acero de 2” ASTM A312	2” o 3” ANSI 150
Caudal	m ³ /h	40	30	35
Temperatura	°C	30	20 a 30	15 a 20
Peso	kg	400	200	300
Precio	\$	37.280	40.240	45.323
Total (Valoración)		8	6	7

Fuente: Autores

En la tabla 19-4. se toma como resultado final a elegir la alternativa correspondiente a la CALDERA ELÉCTRICA INOXIDABLE GPI 172/4, misma que posee las mejores características y se adapta al sistema actual.

4.2 Definición y funcionamiento del sistema híbrido fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico híbrido es una combinación de la tecnología de la energía solar y la Red Eléctrica, a fin de poder integrar de la mejor forma ambas fuentes de Energía. Si la energía producida a través de generadores fotovoltaicos es suficiente para el consumo de los hogares, el inversor utilizará la energía fotovoltaica y la carga de los excedentes a la batería. De la misma manera, si el consumo es superior a la energía solar fotovoltaica, el inversor tomará la energía que le falta de la red pública (Eléctrica). En ausencia de sol, el inversor, según el consumo de energía, usará la energía exclusivamente a partir de baterías o podrá tomar energía de la red pública.

Los sistemas híbridos fotovoltaicos presentan la ventaja de que no se necesita sobredimensionar notablemente el generador solar para los períodos de baja irradiación. Esto supone un ahorro de gastos considerable. En el sistema siempre se usa prioritariamente la energía producida por el módulo. Al combinarlo con una segunda fuente controlable se obtiene un suministro de energía fiable y disponible las 24 horas del día durante los 365 días del año.

Acorde al estudio del Sistema fotovoltaico Híbrido, se efectuaron los cálculos pertinentes, para obtener un balance energético entre la generación de energía eléctrica y el consumo del sistema propuesto, teniendo en cuenta el uso racional y óptimo de la energía. Para ello se definen a continuación los componentes del sistema.

Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos producen la conversión de la energía del sol en energía eléctrica. El campo fotovoltaico está compuesto por la interconexión en serie y paralelo de una cantidad de módulos fotovoltaicos dispuestos de manera que generen la suficiente tensión y corriente para alimentar la carga prevista.

Baterías

Las baterías almacenan la electricidad generada por los paneles para poder utilizarla, por ejemplo, en horas en que la energía consumida es superior a la generada por los módulos o bien de noche.

Reguladores de carga

Los reguladores de carga son capaces de controlar el proceso de carga y descarga de las baterías, evitando sobrecargas y descargas profundas y alargando así la vida útil de las baterías.

Inversores:

Los inversores transforman la corriente continua (CC) en alterna (CA), que es la que se utiliza de forma habitual en nuestros hogares. Si los consumos fuesen en CC, se podría prescindir del inversor. En algunos países en vías de desarrollo las instalaciones en CC tienen una gran importancia, llegando a miles de sistemas instalados.

4.3 Determinación del patrón de radiación solar en Riobamba

El patrón de radiación solar en la ciudad de Riobamba, fue determinado de acuerdo al promedio más bajo de radiación solar durante los últimos 10 años, estos datos fueron tomados del boletín mensual de la Estación Agrometeorológica ESPOCH.

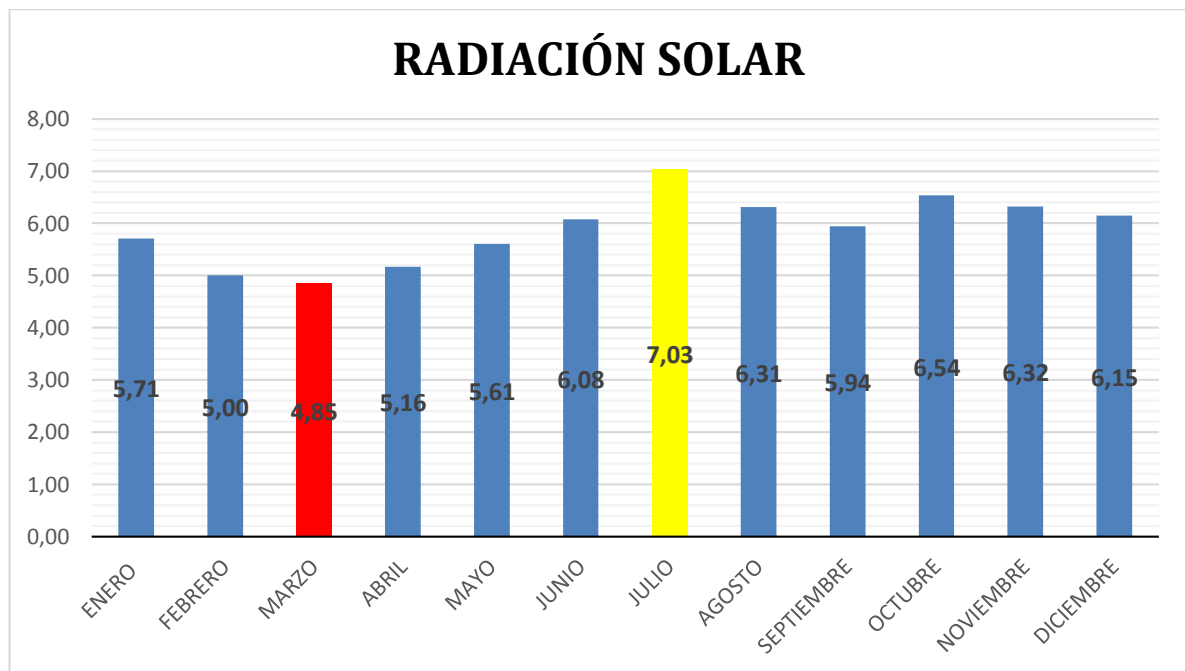
Tabla 20-4. HELIOFANIA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA (horas de sol/día)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2006	5,40	4,60	3,80	4,80	5,20	8,90	6,30	3,80	5,20	7,00	6,20	7,00
2007	3,22	6,40	3,80	3,60	5,30	3,70	7,00	5,80	4,60	5,30	5,40	4,50
2008	5,23	3,80	4,20	4,54	4,50	5,80	5,94	5,50	5,00	5,40	5,20	5,30
2009	3,90	3,40	5,40	4,80	6,20	5,10	5,90	3,90	6,70	5,70	6,60	6,40
2010	5,90	5,10	5,70	4,60	4,80	4,20	6,60	7,00	6,00	5,50	4,80	4,30
2011	6,10	4,00	6,10	4,50	5,40	5,70	6,50	7,10	4,00	7,30	6,30	5,10
2012	4,30	3,60	4,40	4,10	4,80	6,50	9,28	6,70	4,20	5,30	5,40	6,00
2013	5,50	3,80	4,20	5,40	4,70	6,10	6,00	5,80	6,20	6,40	5,80	5,80
2014	5,80	5,30	3,70	4,50	5,00	4,90	6,00	5,20	5,60	5,60	5,70	5,70
2015	4,90	5,80	3,40	5,20	4,50	5,90	5,60	6,30	6,50	5,60	4,70	6,10
2016	6,80	4,20	3,80	5,60	5,70	4,00	5,20	6,00	5,40	6,30	7,10	5,30
PROM	5,71	5,00	4,85	5,16	5,61	6,08	7,03	6,31	5,94	6,54	6,32	6,15

Fuente: Autores

De los datos presentados se derivaron los promedios mensuales de radiación solar presentados en el gráfico 5.

Gráfico 5-4. Promedios mensuales de radiación solar.



Fuente: Autores

La variación de la radiación solar, presenta valores que varían desde las 4,85 hasta 7,03 horas sol/día. El mes de mejor disponibilidad de recurso solar es Julio, con un promedio de **7,03 horas sol/día** en condiciones de máxima radiación. Los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo y Septiembre son los meses de menor radiación solar en Riobamba. Sin embargo para brindar mayor seguridad el sistema propuesto se planteó un patrón, en función al promedio mínimo de radiación solar equivalente a **4,85 horas sol/día** correspondiente al mes de Marzo.

4.4 Ingeniería de detalle y cálculo del número de paneles solares fotovoltaicos

El sistema Fotovoltaico Híbrido abastecerá la demanda de energía requerida por la caldera eléctrica inoxidable GPI172/4.

Análisis a partir de la capacidad calorífica de la caldera y al calor total requerido por el sistema actual que determinamos en el ítem 3.3.7.3 donde $Q_T = 6\ 204\ 697,01\ KJ$.

$$Q_T = 6\ 204\ 697,01\ KJ * \frac{0,239006Kcal}{1KJ} = 1\ 482\ 959,81Kcal$$

$$t = \frac{1482959,81Kcal}{172000Kcal/h} = 8,62h$$

La caldera eléctrica se pondrá en marcha 12 veces por mes igual que el calentador GLP, porque el tiempo calculado fue en base al calor requerido diariamente por el sistema actual.

4.4.1 Consumo eléctrico diario

Tabla 21-4. Equipo Mecánico

EQUIPOS	Potencia	Horas	Energía
Caldera Eléctrica	200KW	8,62	1724KW/día

Fuente: Autores

Es decir el sistema propuesto deberá abastecer una demanda de energía diaria de:

$$E_T = 1724KW.$$

4.4.2 Consumo energético real

Teniendo en cuenta que este no es el consumo real del sistema, dado que existen distintos factores tales como las pérdidas en el cableado, eficiencia de los equipos, se tiene en cuenta en la siguiente expresión, denominada rendimiento global del sistema :

$$E = \frac{E_T}{R} \quad (32)$$

Donde:

E = es el consumo energético real

E_T = es el consumo energético teórico

R = es el parámetro de rendimiento global de la instalación fotovoltaica, definido como:

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left(1 - \frac{K_a * N}{P_d}\right) \quad (33)$$

K_b: Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador:

0.05 en sistemas que no demanden descargas intensas.

0.1 en sistemas con descargas profundas.

K_c: Coeficiente de pérdidas en el inversor:

0.05 para inversores senoidales puros, trabajando en régimen óptimo.

0.1 en otras condiciones de trabajo, lejos del óptimo.

K_v: Coeficiente de pérdidas varias:

Agrupar otras pérdidas como (rendimiento de red, efecto Joule, etc.).

0.05 – 0.15 como valores de referencia.

K_a: Coeficiente de auto descarga diario:

0.002 para baterías de baja auto descarga Ni-Cd.

0.005 para baterías estacionarias de Pb-ácido (las más habituales).

0.012 para baterías de alta auto descarga (arranque de automóviles).

N: Número de días de autonomía de la instalación:

Son los días que la instalación deberá operar bajo una irradiación mínima (días nublados continuos). De 3-10 comúnmente.

P_d: Profundidad de descarga de la batería:

Esta profundidad no excederá el 80% (referida a la capacidad nominal del acumulador), ya que la eficiencia de este decrece en gran medida con ciclos de carga – descargas muy profundas.

Para el sistema fotovoltaico propuesto los valores que van a fijar son los siguientes:

$K_b = 0.05$ Porque en este caso el sistema no está sometido a descargas intensas.

$K_c = 0.05$ Se usa un inversor DC/AC senoidales.

$K_v = 0.05$ Debido a que el sistema es simple y no cuenta con otras pérdidas.

$K_a = 0.005$ Para baterías estacionarias Pb-ácido más usados comúnmente en SF.

$N = 1$ Por ser un sistema alto consumo.

$P_d = 0.5$ Para baterías de descarga profundas.

$$R = ((1 - 0.05 - 0.05 - 0.05)) * (1 - \frac{0.005 * 1}{0.5})$$

$$R = 0,9489$$

$$E = \frac{1724 \frac{kW}{día}}{0.9489}$$

$$E = 1816 \frac{kW}{día}$$

4.4.3 Cálculo del número de paneles fotovoltaicos

A partir del valor de consumo eléctrico real calculado, la cantidad de paneles solares necesarios para el funcionamiento del sistema se calcula considerando que el generador Fotovoltaico deberá ser capaz de abastecer la carga conectada durante el mes con la irradiación solar promedio más bajo.

El cálculo se efectuará para un consumo real de $1816 \frac{kW}{día}$, con patrón de radiación solar de 4.85 horas de sol/día y con una potencia máxima del panel equivalente a 0,35kw.

$$N_p = \frac{E}{0,9 * HPS * W_p}$$

Donde:

E = Consumo energético real

W_p = Potencia máxima o nominal del panel

HPS = Horas de sol pico (patrón de radiación solar)

$$N_p = \frac{1816kW}{0.9 * 4.85h * 0,35}$$

$$N_p = 1188,67$$

$$N_p = 1189$$

El precio del **Panel solar World - SW 350 XL MONO** monocristalino por unidad es \$225,63; la inversión será igual al costo de cada panel solar multiplicado por el número de paneles solares.

$$\text{Costo} = NP * \$ 225,63$$

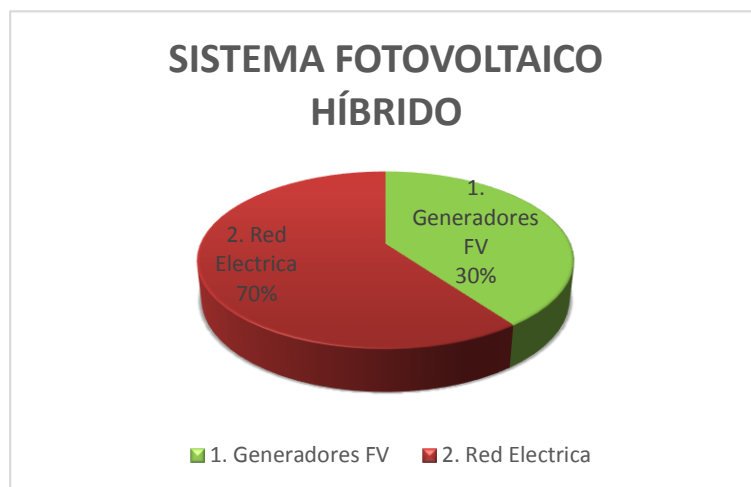
$$\text{Costo} = 1189 * \$ 225,63$$

$$\text{Costo} = \$ 268 274,04$$

4.5 Eficiencia propuesta para el nuevo sistema

El sistema propuesto tiene como finalidad abastecer el consumo energético de la caldera eléctrica, mediante dos fuentes de alimentación.

Gráfico 6-4. Fuentes de alimentación del Sistema Fotovoltaico Híbrido



Fuente: Autores

4.5.1 Fuente 1: Generadores Fotovoltaicos

Los generadores Fotovoltaicos realizaran un aporte de 30% del consumo energético.

KW	%
1816	100
E	30

$$E_{30\%} = \frac{1816kW * 30\%}{100\%}$$

$$E_{30\%} = 544,8 KW$$

Fuente 1	kw/día	kw/mes	kw/año
Generadores FV	544,8	6 537,6	78 451,2

Entonces, los generadores fotovoltaicos aportarán 78 451,2 Kw de energía en el transcurso del año; lo que representaría la gratuidad de los kilowatts mencionados.

4.5.1.1 Cálculo del número de paneles fotovoltaicos

Tabla 22-4. Requerimiento de generador fotovoltaico

Energía (30%)	544,8 KW
Potencia del panel	0,35 KW
Horas pico de sol (<i>HPS</i>)	4,85 horas sol/día

Fuente: Autores

$$N_p = \frac{544,8 kW}{0,9 * 0,35KW * 4.85h}$$

$$N_p = 356,6$$

$$N_p = 357$$

El precio de **Panel solar World - SW 350 XL MONO** monocristalino por unidad es \$225,63; la inversión será igual al costo de cada panel solar multiplicado por el número de paneles solares.

$$\text{Costo} = NP * \$225,63$$

$$\text{Costo} = 357 * \$225,63$$

$$\text{Costo} = \$ 80 549,91$$

4.5.1.2 Cálculo del incremento de carga en la cubierta del complejo de la Piscina de la ESPOCH debido a la instalación de paneles.

$$\text{Peso} = \text{N}^\circ \text{ de paneles} * \text{peso de cada panel}$$

$$\text{Peso} = 357 * 21,6\text{kg}$$

$$\text{Peso} = 7 711,2 \text{ kg}$$

$$\text{Area de la cubierta} = A * B$$

$$A = 40,26\text{m} * 27,06\text{m}$$

$$A = 7 711,2\text{m}^2$$

$$\text{Incremento de carga} = \frac{7 711,2 \text{ kg}}{1 089,43\text{m}^2}$$

$$\text{Incremento de carga} = 7,07 \text{ Kg/m}^2$$

Considerando el área total de la cubierta A*B, entonces el incremento de carga por paneles será de $7,07 \text{ Kg/m}^2 < 10 \text{ Kg/m}^2$. En vista que este valor es menor, el incremento de carga que admite la estructura de acuerdo al ANEXO J, para la implementación de paneles es admisible.

4.5.2 Fuente 2: La Red Eléctrica

La red eléctrica aportará un 70% de consumo energético.

Kw	%
1816	100
E	70

$$E_{70\%} = \frac{1816KW * 70\%}{100\%}$$

$$E_{70\%} = 1271,2 KW$$

Fuente 2	kw/día	kw/mes	kw/año
Red Eléctrica	1271,2	15 254,4	183 052,8

El consumo de la red Eléctrica anualmente es de 183 052,8 KW, es decir esta fuente representa un costo acorde a las tarifas de la empresa eléctrica que calcularemos más adelante.

4.5.3 Consumo energético de la situación Propuesta

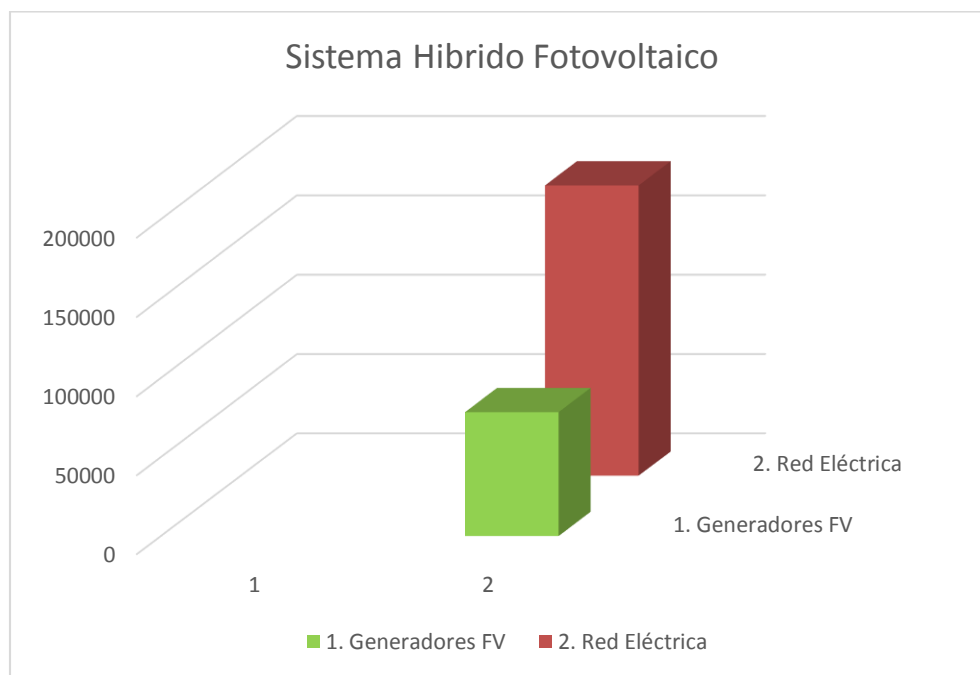
Tabla 23-4. Consumo energético propuesto

Sistema Fotovoltaico Híbrido				
Fuentes	kw/día	kw/mes	kw/año	%
1. Generadores FV	544,8	6 537,6	78 451,2	30
2. Red Eléctrica	1 271,2	15 254,4	183 052,8	70
Total	1 816	21 792	261 504	100

Fuente: Autores

El sistema propuesto abastecerá el consumo energético de la caldera eléctrica mediante dos fuentes de energía, es decir el generador fotovoltaico aporta con 30% del consumo energético que equivale a 544,8 KW/día, y el 70% será tomado de la red eléctrica lo que representa 1271,2 KW/día.

Gráfico 7-4. Consumo energético anual



Fuente: Autores

Para abastecer el consumo energético de la caldera eléctrica anualmente el sistema requiere de 261 504KW, este sistema además de contribuir con el medio ambiente nos proporciona 78 451,2 KW de energía gratuita; lo que representa un ahorro económico que más adelante detallaremos.

4.6 Análisis económico del sistema propuesto para calentar el agua de la piscina.

4.6.1 Inversión del proyecto

Se realiza un análisis económico del proyecto, con la finalidad de demostrar el ahorro energético propuesto con respecto al sistema actual.

El estudio de costos se realizará de acuerdo a los equipos que permitan disminuir el consumo de hidrocarburos y de electricidad, con la implementación de paneles fotovoltaicos y una caldera eléctrica.

A continuación detallaremos el costo de los elementos necesarios para la implementación de un sistema fotovoltaico Híbrido:

4.6.1.1 Costos fijos

Tabla 24-4. Costos fijos

COSTOS FIJOS				
N°	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Panel SolarWord 350W monocristalino	357	\$ 225,63	\$ 80.549,91
2	Regulador MPPT VITROC 450Ah	1	\$ 648,50	\$ 648,50
3	Bateria tipo - Powersafe TUBULAR PLATE 48V	136	\$ 129,00	\$ 35.088,00
4	Inversores Powersafe con salida trifásica	1	\$ 900,00	\$ 900,00
5	Accesorios		\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
			TOTAL	\$ 118.186,41

Fuente: Autores

4.6.1.2 Costos variables

Tabla 25-4. Costos variables

COSTOS VARIABLES		
N°	DESCRIPCION	PRECIO TOTAL
1	Materiales	\$ 850,00
2	Mano de obra	\$ 2.600,00
3	Transporte	\$ 600,00
	TOTAL	\$ 4.050,00

Fuente: Autores

4.6.1.3 Costo total de la inversión

Tabla 26-4. Costo de la inversión

COSTO TOTAL	
Costo Fijo	\$ 118.186,41
Costo Variable	\$ 4.050,00
TOTAL	\$ 122.236,41

Fuente: Autores

4.7 Ahorro energético y económico

4.7.1 Sistema Actual

Tabla 27-4. Costo del consumo GLP

Consumo Diario		Costo Unit.	Costo Mensual	Costo Anual
Kg	Cilindros	USD	USD	USD
133,21	2,9	55	\$1.914,00	\$ 22 968,00

Fuente: Autores

En el sistema actual calentamos la piscina utilizando el combustible GLP, en el que diariamente se consume 2,9 cilindros lo que representa un costo anual de 22 968 dólares.

Tabla 28-4. Consumo energético

Sistema Actual	Consumo/día	Consumo/año	Costo Anual
	KW	KW	USD
	1731,73	249.369,12	\$ 22 968,00

Fuente: Autores

El sistema actual requiere 1731,73 Kw por día es decir, que al año el consumo es de 249.369,12 Kw.

4.7.2 Sistema propuesto

Tabla 29-4. Consumo energético propuesto

Sistema Fotovoltaico Híbrido				
Fuentes	kw/día	kw/mes	kw/año	Costo Anual
1. Generadores FV	544,8	6537,6	78 451,2	\$ 4.961,66
2. Red Eléctrica	1271,2	15254,4	183 052,8	\$ 14.644,22
Total	1816	21792	261504	\$ 19.605,88

Fuente: Autores

4.7.3 Comparación del sistema actual versus el sistema propuesto.

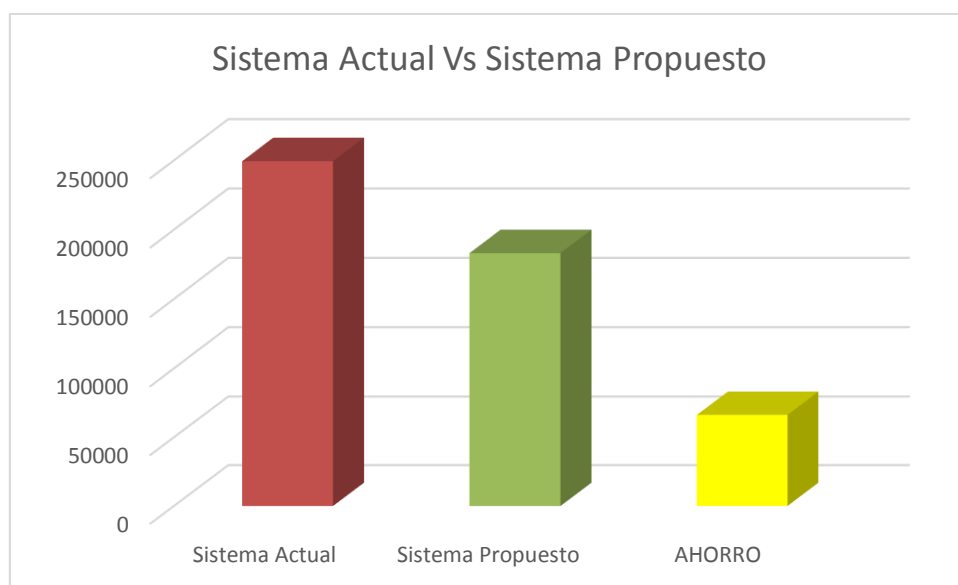
Al analizar el consumo energético de cada uno de los sistemas podemos observar una diferencia significativa a favor del sistema propuesto detallado a continuación.

Tabla 30-4. Comparación del sistema actual versus el sistema propuesto

VARIABLES	Consumo/día	Consumo/año	Costo Anual
	KW	KW	USD
Sistema Actual	1731,73	249369,12	\$ 22.968,00
Sistema Propuesto	1271,2	183052,8	\$ 19.605,88
AHORRO	460,53	66316,32	\$ 3.362,12

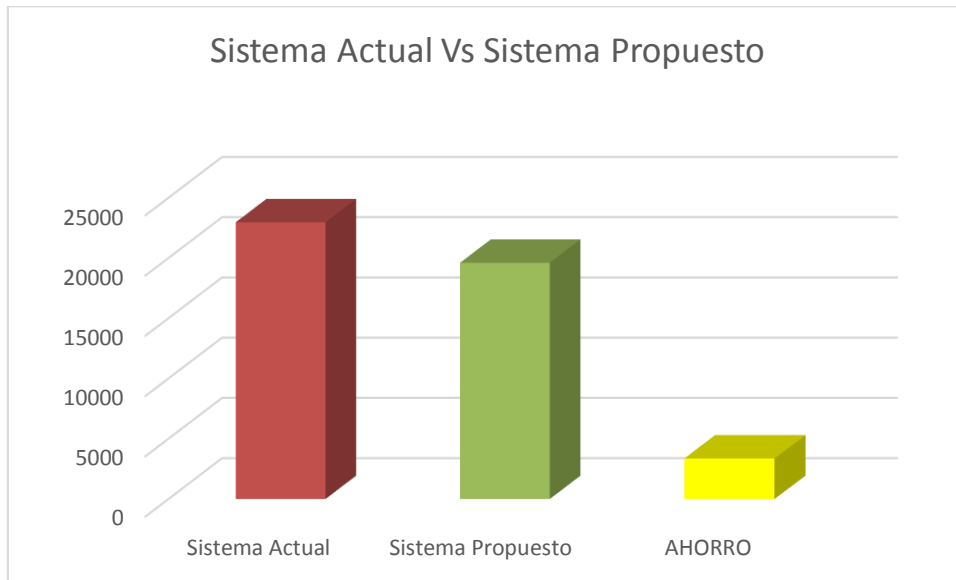
Fuente: Autores

Gráfico 8-4. Comparación consumo energético



Fuente: Autores

Gráfico 9-4. Comparación costos



Fuente: Autores

Podemos observar en el gráfico un ahorro significativo equivalente a \$ 3.362,12 anuales con respecto al sistema actual.

4.8 Beneficio costo del proyecto

Mediante el estudio realizado el costo de inversión para la implementación de la propuesta es de: \$ 122.236,41, el beneficio que se busca con este estudio es conseguir las condiciones de confort en el complejo deportivo de las Piscinas, brindando al estudiante politécnico un servicio de calidad e innovación.

Además se pretende reducir el impacto ambiental asociado con los combustibles fósiles (GLP), con la utilización de paneles solares, equipos limpios y silenciosos de mantenimiento sencillo. A su vez este equipo aportará 78 451,2 Kw de energía gratuita al año.

Por último, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, contará con tecnología de punta.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Se realizó el reconocimiento y funcionamiento de las instalaciones de la piscina ESPOCH, donde se pudo cuantificar el consumo energético:

- Equipos mecánicos: 1731,73kW/día
- Equipos eléctricos: 766,884kW/día.

Las circunstancias de los equipos en condiciones actuales hace necesario reemplazar los calentadores por una caldera eléctrica ETE GPI.

Mediante los cálculos realizados se identificó como punto estratégico el equipo mecánico intercambiador de calor, ya que es el equipo que consume (combustible fósil), 3 tanques aproximadamente de 45 kg de GLP por día para su funcionamiento, y el que más energía calorífica aporta a todo el complejo de la Piscina de la ESPOCH.

El proyecto “Estudio Técnico para la Implementación del Uso Eficiente de la Energía en la Piscina de la ESPOCH”, está diseñado con energía convencional un 70% y 30% por energía solar de la demanda total de energía del complejo de las Piscinas de la ESPOCH.

Se determinó la inversión del proyecto valorado en \$ 122.236,41 el mismo que ofrece un ahorro en el consumo energético de 66 316,32 Kw equivalente a \$3.362,12 anuales con respecto al sistema actual, este estudio incentiva a la inversión e investigación en energías alternativas cada vez más eficientes, sostenibles y respetuosas con el planeta, con la finalidad de alcanzar el enverdecimiento y reducción de la economía politécnica.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación del sistema híbrido fotovoltaico, para reducir el impacto ambiental, asociado con el cambio climático y la dependencia de los combustibles fósiles, además de concientizar en la comunidad politécnica el uso racional de la energía.

Es aconsejable reemplazar el intercambiador de calor a gas por un nuevo equipo o por una caldera eléctrica, para que la instalación esté funcionando en óptimas condiciones.

Por último, se recomienda a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo realizar la inversión de este proyecto como iniciativa a la investigación y avance tecnológico en cuanto a la utilización de los recursos disponibles.

BIBLIOGRAFÍA

BEJARANO, Néstor. *Diseño de un Sistema de Generación Eléctrica Solar para la Iluminación Externa del Modular de la Escuela de Ingeniería en Ecoturismo.* ESPOCH. [En línea] 2011. [Consulta el: 21 de Junio de 2017.]. [Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1884/1/15T00496.pdf>].

CHÁVEZ, Mónica. *Proyecto de factibilidad para uso de paneles solares en generación fotovoltaica de electricidad en el complejo habitacional "San Antonio" de Riobamba.* ESPOCH. [En línea] 2012. [Consulta el: 15 de Junio de 2017.]. [Disponible en: http://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Electricidad/73.pdf].

CHUQUÍN, Nelson & MÁRQUEZ, Fernando. “*Diseño, Construcción y Pruebas de un Sistema Publicitario Alimentado con Energía Solar, y Controlado con un Relé Inteligente (Zelio)*”. ESPOCH. [En línea] 2011. [Consulta el: 17 de 05 de 2017.]. [Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/888/1/15T00466.pdf>].

CONELEC. *Atlas solar del Ecuador.* Quito: 2008. pp.13.

CONSEJERÍA DE SANIDAD Y POLÍTICA SOCIAL. *Manual de Piscinas.* Murcia: 2014. pp. 56-73.

CUESA, Sport. *Manual de piscinas y normativas.* Pozuelo de Alarcón: 1999. pp. 95-102.

DECRETO SUPREMO N° 007. *Reglamento Sanitario de las Piscinas.* Lima: 2003. pp. 196-210.

FESTA. *Tratamiento de aguas para albercas y balnearios.* 2010.

HIDROMAINAKE. *Diseño y construcción de piscinas y fuentes.* [En línea] 2006. [Disponible en: <http://www.hidromainake.com/contacto/>].

HOLMAN. *Transferencia de Calor.* [McGraw - HiII]. México: Compañía Editorial Continental S.A. 1986. pp. 17.

INBECA. *Manual de usuario Baño de Vapor.* 2011. pp. 5-12.

INCROPERA, Frank & DEWITT, David. *Fundamentos de Transferencia de Calor.* 1999. pp. 61-88.

INGENIERA QUÍMICA Y ANALISTA TÉCNICA DEL INER. Diario El Telégrafo. [En línea] 19 de 04 de 2017. [Consulta el: 28 de diciembre de 2017.]. [Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/punto-de-vista/1/energia-oferta-y-demanda-en-ecuador>].

LARA, Belen. *Evaluación del bienestar térmico a través de la temperatura.* Murcia: 2011. pp. 32.

LEXICOON. *Terminología de Sauna.* [En línea] 2012. [Disponible en: <http://lexicon.org/es/sauna>].

MAQUINARIAPRO. *Construcción de saunas: modelos y particularidades.* [En línea] 2013. [Disponible en: <http://www.maquinariapro.com/obra/construccion-de-saunas.html>].

NORMATIVA TÉCNICA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL. *Reglamento de instalaciones térmicas en Edificios "RITE".* Madrid: 2013.

PACHANO, Lizandro & PÉREZ, Frank. *Válvulas de control.* Universidad Nacional Experimental. TACHIRA: 2009.

POOLARIA. *Piscina ideal.* [En línea] 2009. [Disponible en: <https://www.piscinaideal.com/>]

REAL DECRETO 742. *Criterios técnico - sanitarios de las piscinas.* España: 2013.

RUÍZ, Alex & PACHECO, Eddy. *“Proyecto de Factibilidad para el uso Eficiente de la Energía en las instalaciones del Complejo Turístico Vulcano Green del Cantón Penipe”.* ESPOCH. [En línea] 2014. [Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3519>].

SEFILTRA. *Filtros de arena y carbón activado.* [En línea] 2009. [Disponible en: <http://www.sefiltra.com/filtros-de-arena.php>].