

# **CAPÍTULO I**

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 ANTECEDENTES**

En la actualidad son indispensables los sistemas de calentamiento de agua para las piscinas, estas proveen según el caso, agua temperada o caliente para los usuarios, lo que permite mayor concurrencia a los centros que prestan estos servicios.

Para el funcionamiento de estos sistemas, es indispensable un calentador de agua que puede ser de calentamiento directo o por intercambio de calor entre fluidos, debiendo tener además equipos complementarios como un filtro, un sistema de bombeo, válvulas de control de flujo, equipos para tratamiento de aguas y demás accesorios.

El consumo de energía calorífica en estos sistemas es considerable, ya que para calentar el agua se requiere de un generador de calor, sea a gas, diesel o de acuerdo al combustible que se utilice. En el caso de la Piscina de la ESPOCH se tiene dos calentadores de agua cuyo funcionamiento es por intercambio de calor producido por los dos quemadores, empleando como fuente de energía gas (glp), diseñados para funcionar diariamente y satisfacer la demanda de este centro de servicios manteniendo temperada el agua de la piscina a una temperatura controlada en alrededor de 28 °C.

El equipo data de aproximadamente 20 años atrás, por lo que el director del centro (UPS Piscina) se ha visto en la necesidad de requerir un estudio de eficiencia en los equipos y plantear la posibilidad reemplazarlos por unos equipos de mayor eficiencia.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

### **1.2.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

El presente trabajo de investigación se justifica puesto que su desarrollo permitirá realizar un análisis técnico completo de los intercambiadores de calor, utilizados para mantener caliente el agua de la piscina de la ESPOCH. Conociendo por los antecedentes mencionados que el equipo data de hace 20 años, se presume que su eficiencia y rendimiento dentro del proceso ya no es del 100%, estudio que se lo realizará y se lo corroborará.

Los equipos además presentan deterioro físico, demandando como consecuencia mantenimiento correctivo y preventivo de manera muy frecuente, provocando en muchas ocasiones paros de los mismos o en el peor de los casos trabajos de reconstrucción de ciertas partes.

Por lo antepuesto, el presente trabajo se justifica, además nos permitirá si el estudio lo amerita, renovar los equipos para mejorar la eficiencia en el proceso de calentamiento.

### **1.2.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

La ineficiencia de los equipos además de traer problemas técnicos, lleva consigo gastos económicos para la empresa o institución puesto que al no calentar el agua en el tiempo requerido, produce gastos extras e innecesarios de combustible, otros gastos además en mantenimiento y repuestos, trayendo como consecuencia menores réditos en los ingresos económicos, situación que se podría evitar al contar como equipos de mejor eficiencia para el proceso de calentamiento.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar un estudio técnico – económico para la mejora de la eficiencia de los calentadores del agua (intercambiadores de calor) utilizados en la piscina de la ESPOCH de la ciudad de Riobamba.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la eficiencia actual de los calentadores de agua.
- Evaluar la situación actual y proponer alternativas de nuevos calentadores de agua.
- Realizar un análisis técnico - económico de la alternativa óptima requerida.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Balance Energético de los sistemas de calentamiento

Un cambio de energía en un sistema durante un proceso es igual a la diferencia entre la energía total que entra y la energía total que sale del sistema durante el proceso. Es decir:

$$E_{entrada} - E_{salida} = \Delta E_{sistema} \quad (1)$$

Esta relación es más conocida como balance de energía y es aplicable a cualquier tipo de sistema que experimenta cualquier clase de proceso. El uso de esta ecuación variará dependiendo del tipo de energía que se utilice y la forma en que se transfiera ésta.<sup>1</sup>

Para lograr esto se requiere evaluar la energía del sistema al principio y al final del proceso y hallar la diferencia.

Una forma de energía es la calorífica, donde se transfiere calor de un lugar a otro, el sistema que gana incrementa su energía de las moléculas, mientras la que aporta calor, pierde la misma.

#### 2.2 Transferencia de Calor

La transferencia de calor se le conoce como el estudio de las velocidades a las cuales el calor se intercambia entre fuentes de calor y receptores, tratados usualmente de manera independiente.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> YUNUS A. CENGEL. Transferencia de Calor. 5ta Edición 2004. Mc Graw – Hill/ Interamericana, págs. 71,72

<sup>2</sup> DONALD, Kern, Procesos de transferencia de calor. ed. CECSA 1965, pág. 16

Un problema típico de procesos de transferencia de calor involucra las cantidades de calor que deben transferirse, las razones a las cuales pueden transferirse debido a la naturaleza de los cuerpos, la diferencia de potencial, la extensión y arreglo de las superficies que separan la fuente y el receptor, y la cantidad de energía mecánica que debe disiparse para facilitar la transferencia de calor.<sup>3</sup>

Existen tres formas diferentes en las que el calor puede pasar de la fuente al receptor, estas son:

### 2.2.1 Conducción

La conducción es la transferencia de calor a través de un material fijo tal como la pared estacionaria mostrada en la Fig. 1. La dirección del flujo de calor será a ángulos rectos a la pared, si las superficies de las paredes son isotérmicas y el cuerpo es homogéneo e isotrópico.

La conductividad térmica de los sólidos tiene un amplio rango de valores numéricos dependiendo de si el sólido es relativamente un buen conductor del calor, tal como un metal o un mal conductor como el asbesto. Aún cuando la conducción.<sup>4</sup>

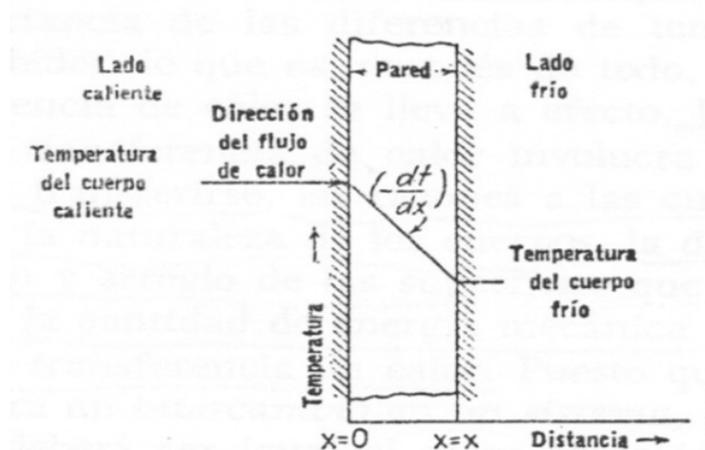


FIGURA 1. Flujo de calor a través de una pared (Fuente: DONALD.Q. Kern, pág. 14)

<sup>3</sup> DONALD, Kern, Procesos de transferencia de calor. ed. CECSA 1965, Pág 16

<sup>4</sup> DONALD, Kern, Procesos de transferencia de calor. ed. CECSA 1965, Pág 14

## 2.2.2 Convección

La convección en los procesos de transferencia de calor ocurre cuando una superficie está en contacto con un fluido que tiene una temperatura diferente a la de la temperatura en cuestión.

Con el transcurso del tiempo, el fluido en contacto inmediato con la pared se calienta por conducción, provocando que el fluido se haga menos denso.

Cuando el tipo de convección es provocado por fuerzas naturales, se le llama convección natural o libre, y si la convección es provocada por fuerzas externas ya sea de calentamiento o enfriamiento, se le llama convección forzada.

La siguiente expresión es usada frecuentemente para determinar razones de transferencia de calor por convección.<sup>5</sup>

$$Q = hA(T_s - T_\omega) \quad (2)$$

$Q$  = calor transferido de la superficie al fluido circulante, Btu/h o W.

$A$  = área de la superficie, pies<sup>2</sup> o m<sup>2</sup>

$T_s$  = temperatura en la superficie, °F o °C

$T_\omega$  = temperatura del fluido circundante, °F o °C

$h$  = coeficiente convectivo de transferencia de calor, Btu/h pie<sup>2</sup> °F o bien W/ m<sup>2</sup>.K

## 2.3 Intercambiadores de Calor

### 2.3.1 Generalidades

Previa la definición de un intercambiador de calor, se debe entender antes que es y cuando se da un intercambio de calor. Un proceso de intercambio de calor entre dos fluido que están a diferente temperatura y separado por una pared sólida, ocurre en muchas aplicaciones de ingeniería.

---

<sup>5</sup> KARLEKAR, Transferencia de Calor, Edición N. , Editorial Interamericana, Págs., 14,15

El dispositivo que se utiliza para llevar a cabo este intercambio se denomina intercambiador de calor, y las aplicaciones específicas se pueden encontrar en calefacción de locales y ambientes, acondicionamiento de aire, producción de potencia, recuperación de calor de desecho y algunos procesamientos químicos.

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 TEMA que especifican con detalle los materiales, métodos de construcción, técnicas de diseño y sus dimensiones.

El intercambiador de calor más sencillo se compone de un tubo dentro de otro tubo, como se muestra en la figura 2.<sup>6</sup>

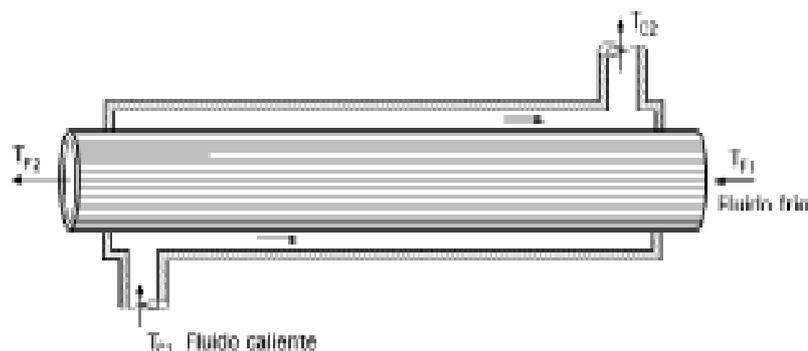


FIGURA 2. Intercambiador simple de tubos concéntricos (Fuente: Ingeniería térmica PDF, pág. 269)

Este montaje de corrientes paralelas funciona, tanto en contracorriente como en equicorriente, circulando el fluido caliente o el frío a través del espacio anular, mientras que el otro fluido circula por la tubería interior.

---

<sup>6</sup> <http://personales.ya.com/universal/TermoWeb/IngenieriaTermica/Teoria/PDFs/17.pdf>

### 2.3.2 Análisis térmico de un intercambiador

Para realizar un análisis térmico correcto en un proceso de intercambio de calor, se deben considerar algunas variables tales como: razón de flujo de masa, calores específicos, temperaturas de entrada y de salida de los fluidos calientes y fríos, área de superficie disponible para la transferencia de calor, conductividad térmica del material del tubo, grado de depósito o escamas en el interior de los tubos y los coeficientes convectivos de transferencia de calor en las superficies interior y exterior de los tubos. A las cuatro últimas variables mencionadas se las suele combinar en una sola cantidad, denominándola Coeficiente de transferencia de calor total,  $U$ .<sup>7</sup>

Al utilizar todas estas variables, también se puede determinar si un intercambiador de calor dado hará o no un trabajo requerido, así como su eficiencia.

Para calcular la cantidad de calor que se entrega o se recibe en un sistema térmico, ya sea por conducción o por convección, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{Q}{A} = U(T_h - T_c) \quad (3)$$

Donde:

- $Q$ : Calor entregado o absorbido según el caso
- $U$ : Coeficiente de transferencia de calor total
- $A$ : Área de transferencia total
- $T_h$ : Temperatura del lado caliente de la pared metálica
- $T_c$ : Temperatura del lado frío de la pared metálica

---

<sup>7</sup> KARLEKAR, Transferencia de Calor, Edición N. , Editorial Interamericana, Pág.690

Para analizar el calor ganado o entregado en un intercambiador de calor, en función de la razón del flujo de masa, se requiere hacer un balance de energía

*Energía perdida por el fluido caliente = energía ganada por el fluido frío*

Cuando estos valores son iguales, se dice que la transferencia de calor se da al 100%

Y se utiliza la siguiente ecuación: <sup>8</sup>

$$\dot{m}_h c_h (T_{h,i} - T_{h,o}) = Q = \dot{m}_c c_c (T_{c,o} - T_{c,i}) \quad (4)$$

Donde:

$\dot{m}_h$  = razón del flujo de masa del fluido caliente

$c_h$  = calor específico del fluido caliente, a presión constante

$T_{h,i}$  = temperatura de entrada del fluido caliente

$T_{h,o}$  = temperatura de salida del fluido caliente

$\dot{m}_c$  = razón de flujo de masa del fluido frío

$c_c$  = calor específico del fluido frío a presión constante

$T_{c,o}$  = temperatura de salida del fluido frío

$T_{c,i}$  = temperatura de entrada del fluido frío

## 2.4 Pérdidas de calor

Las pérdidas de calor se pueden producir por muchos factores tales como:

1. Evaporación de agua del vaso de la piscina (Qe).
2. Radiación de calor por diferencias de temperatura (Qr).
3. Convección de calor entre agua y aire (Qc).
4. Renovación del agua del vaso (Qre).
5. Transmisión de calor del agua del vaso (Qt).

---

<sup>8</sup> KARLEKAR, Transferencia de Calor, Edición N. , Editorial Interamericana, Pág.690

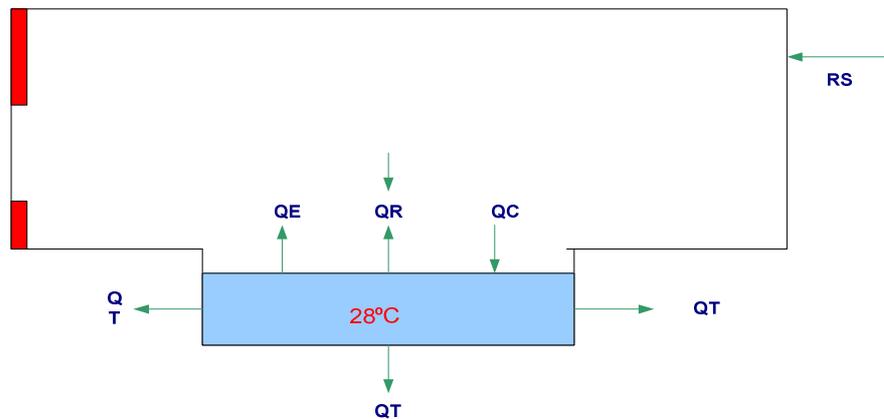


FIGURA 3. Esquema de pérdidas de calor de la piscina.(Fuente: CIATESA, Climatización de piscinas , pág. 5)

Y estas pérdidas dependen de los siguientes factores:

1. Temperatura del agua de la piscina
2. Temperatura del aire ambiente
3. Humedad del aire ambiente
4. Ocupación de la piscina
5. Características constructivas del vaso.

#### 2.4.1 Pérdidas por evaporación

Durante el proceso de evaporación del agua de la piscina se absorbe calor trayendo como consecuencia un enfriamiento del resto del agua que no se evapora, es decir, disminuye la temperatura del agua del vaso. Por tanto, cuanto más evaporación exista más se enfriará el agua de la piscina y por consiguiente serán mayores las necesidades que habrá que aportar para mantener la temperatura de la misma.

Para calcular estas pérdidas se utiliza la siguiente ecuación<sup>9</sup>

$$Q_e = M_e * C_v \quad (5)$$

<sup>9</sup> [www.ciatesa.es/data/documentos\\_tecnicos/public/2005-11-28\\_Climatizacion\\_piscinas\\_cubiertas.pdf](http://www.ciatesa.es/data/documentos_tecnicos/public/2005-11-28_Climatizacion_piscinas_cubiertas.pdf) .

Donde:

$Q_e$  = Pérdidas por evaporación

$M_e$  = Masa de agua evaporada

$C_v$  = Calor de vaporización del agua

#### 2.4.2 Pérdidas por radiación

Como se ve en la siguiente fórmula de *Stefan Boltzmann* las pérdidas por radiación están en función de la diferencia entre la temperatura media de los cerramientos y la del agua, elevadas ambas a la cuarta potencia y expresadas en grados Kelvin <sup>10</sup>

(°K = °C + 273)

$$Q_R = D * E * (T_{ag}^4 - T_c^4) \left[ \frac{W}{m^2} \right] \quad (6)$$

Donde:

D = constante de Stefan-Boltzmann =  $5,67 \times 10^{-8} \text{ w / m}^2 \text{ }^\circ\text{k}^4$ .

E = emisividad de la superficie = 0,95 (agua)

T<sub>ag</sub> = temperatura de agua (°k)

T<sub>c</sub> = temperatura superficial de los cerramientos (°k)

Las pérdidas por radiación en algunos casos y en especial cuando se trata de piscinas cubiertas, son despreciables.

---

<sup>10</sup> [www.ciatesa.es/data/documentos\\_tecnicos/public/2005-11-28\\_Climatizacion\\_piscinas\\_cubiertas.pdf](http://www.ciatesa.es/data/documentos_tecnicos/public/2005-11-28_Climatizacion_piscinas_cubiertas.pdf) ; págs. 5 y 6

### 2.4.3 Pérdidas por convección

Al igual que las pérdidas por radiación en el caso de piscinas cubiertas las pérdidas por convección ( $Q_c$ ) también se suelen despreciar, debido a que al aplicar la fórmula el valor resultante es pequeño así como su diferencia de temperatura.<sup>11</sup>

$$Q_c = 0,6246 * (T_{ag} - T_a )^{4/3} \left[ \frac{W}{m^2} \right] \quad (7)$$

Donde:

Tag: Temperatura del agua

Ta: Temperatura del aire

Cuando la temperatura del aire es mayor que la del agua, en lugar de tener pérdidas, se obtendrá una ganancia de calor.

### 2.4.4 Pérdidas por renovación

En una piscina cubierta, se dan varias pérdidas de agua, ya sea por evaporación, la que los bañistas sacan del vaso, 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 renovación conlleva que las pérdidas de calor ( $Q_r$ , en w) por este concepto sean importantes, y en todo caso, dependerán de la temperatura de agua de la red y de la temperatura del agua de la piscina que se pretenda alcanzar. Estas pérdidas se calculan con la siguiente ecuación.<sup>12</sup>

$$Q_r = V_r * D * C_e * (T_{ag} - T_x) \quad (8)$$

---

<sup>11</sup> [www.ciatesa.es/data/documentos\\_tecnicos/public/2005-11-28\\_Climatizacion\\_piscinas\\_cubiertas.pdf](http://www.ciatesa.es/data/documentos_tecnicos/public/2005-11-28_Climatizacion_piscinas_cubiertas.pdf) ; pág.6

<sup>12</sup> [www.ciatesa.es/data/documentos\\_tecnicos/public/2005-11-28\\_Climatizacion\\_piscinas\\_cubiertas.pdf](http://www.ciatesa.es/data/documentos_tecnicos/public/2005-11-28_Climatizacion_piscinas_cubiertas.pdf) ; pág 6

Donde:

$V_r$  = volumen de agua de renovación (m<sup>3</sup>) (5% volumen vaso)

$D$  = densidad del agua (1000 kg/m<sup>3</sup>)

$C_e$  = calor específico del agua = 1,16 (wh / kg°C)

$T_{ag}$  = temperatura agua piscina (°C)

$T_x$  = temperatura agua red (°C)

#### 2.4.5 Pérdidas por transmisión

Estas pérdidas dependerán de las características constructivas del vaso y del coeficiente de transmisión térmica del material empleado. En el caso más habitual de vaso de hormigón construido dentro del propio sótano del recinto las pérdidas por transmisión ( $Q_t$ , en  $w$ ), se calculan con la fórmula.<sup>13</sup>

$$Q_t = C_T * S * (T_{ag} - T_{ex}) \quad (9)$$

Donde:

$C_T$  = coeficiente de transmisión de muros y solería (1,50 W / m<sup>2</sup> x °C)

$S$  = superficie de cerramiento del vaso

$T_{ag}$  = temperatura agua piscina

$T_{ex}$  = temperatura exterior al cerramiento (sótano)

#### 2.5 Distribución de flujos en tubería

El flujo es la facilidad que tiene un cuerpo para que sus moléculas cambien de posición relativa. Al efectuar un análisis de un flujo de un fluido, se requiere saber si se trata de un flujo laminar o un flujo turbulento.

---

<sup>13</sup>. [www.ciatesa.es/data/documentos\\_tecnicos/public/2005-11-28\\_Climatizacion\\_piscinas\\_cubiertas.pdf](http://www.ciatesa.es/data/documentos_tecnicos/public/2005-11-28_Climatizacion_piscinas_cubiertas.pdf) ; pág 7

### 2.5.1 Flujo laminar

Las partículas fluidas se mueven a lo largo de trayectorias suaves en láminas, o capas, con una capa deslizándose suavemente sobre otra adyacente. El flujo laminar no es estable en situaciones que involucran combinaciones de baja viscosidad, alta velocidad o grandes caudales, y se rompe en flujo turbulento.

### 2.5.2 Flujo transicional

El flujo laminar se transforma en turbulento en un proceso conocido como transición; a medida que asciende el flujo laminar se convierte en inestable por mecanismos que no se comprenden totalmente. Estas inestabilidades crecen y el flujo se hace turbulento.

### 2.5.3 Flujo turbulento

Las partículas de fluido se mueven en trayectorias arremolinadas muy irregulares, causando intercambios de momentum desde una porción de fluido a otra.

En una situación en la cual el flujo pudiera ser turbulento o laminar, la turbulencia produce unos esfuerzos cortantes mayores a través del fluido y causa mayores pérdidas.

La turbulencia puede originarse por la presencia de paredes en contacto con el fluido o por la existencia de capas que se muevan a diferentes velocidades. Además, un flujo turbulento puede desarrollarse bien sea en un conducto liso o en un conducto rugoso.

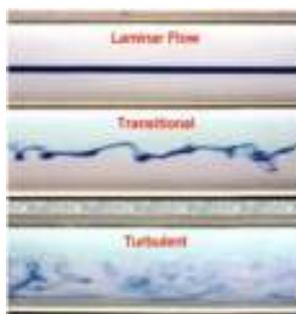


FIGURA 4. Diferentes tipos de flujos

## **2.6 Propiedades físicas y químicas del agua**

El agua es uno de los recursos naturales más valiosos en nuestro planeta, la mayor cantidad actividades que intente realizar el hombre requiere de agua, para fines domésticos, agrícolas, actividades pesqueras, pecuarias o recreativas, uso industrial y de servicios.

### **2.6.1 Propiedades físicas**

El agua pura es una sustancia: Insípida, incolora e inodora.

El agua es la única sustancia natural que se encuentra en sus tres estados líquidos, sólidos (hielo) y gaseosa (vapor) a las temperaturas encontradas normalmente en la Tierra.

El agua se congela a 0° grados Celsius (C) y hierve a 100° C (al nivel del mar). El agua en su forma sólida (hielo), es menos densa que en su forma líquida, por eso el hielo flota.

El agua tiene un alto índice específico de calor. Esto significa que el agua puede absorber mucho calor antes de empezar a calentarse.

El agua tiene una tensión superficial muy alta. Esto significa que el agua es pegajosa y elástica y tiende a unirse en gotas en lugar de separarse en una capa delgada y fina.

### **2.6.2 Propiedades químicas**

Como se conoce la descripción química del agua es H<sub>2</sub>O. Un átomo de oxígeno liga a dos átomos de hidrógeno. Los átomos de hidrógeno se "unen" a un lado del átomo de oxígeno, resultando en una molécula de agua.

Al agua se le llama el "solvente universal" porque disuelve más sustancias que cualquier otro líquido. Esto significa que a donde vaya el agua, ya sea a través de la tierra o a través de nuestros cuerpos, lleva consigo valiosos químicos, minerales y nutrientes.

## 2.7 Válvulas

Se trata de dispositivos mecánicos empleados para controlar el flujo de un gas o un líquido, o en el caso de una válvula de retención para hacer que el flujo sólo se produzca en un solo sentido.

Generalmente cuando se trata de estudiar las válvulas, éstas se clasifican en cuatro grupos de la siguiente manera:

### Servicio de corte y paso

- Válvulas de compuerta
- Válvula de macho
- Válvula de esfera

### Servicio de estrangulación

- Válvula de globo
- Válvula de mariposa
- Válvulas de diafragma
- Válvulas de compresión

### Prevención de flujo inverso

- Válvulas de retención (check)

### Diversos tipos

- Válvulas de control
- Válvulas solenoides. Etc.



FIGURA 5. Ejemplo de válvula de compuerta

## 2.8 Bombas

Se conoce a una bomba como un transformador de energía, mecánica que puede proceder de un motor eléctrico, térmico, etc. Recibe energía mecánica y la convierte en energía que un fluido adquiere en forma de presión, de posición o de velocidad.

Las actividades en las que puede emplearse una bomba es prácticamente ilimitada: se usa en los pozos de petróleo y de gas natural y para las correspondientes tuberías de suministro; el agua de enfriamiento usada en las estructuras industriales se hace circular mediante bombas, siendo también imprescindible este aparato en los sistemas de riego y de drenaje.

Para realizar la clasificación de las bombas se debe tomar en cuenta muchos parámetros tales como el sistema en donde funcionará, el fluido con el que va a trabajar, si este es viscoso, volátil, caliente o pastas, ya que se debe tomar en cuenta la densidad para que la bomba pueda impulsar.

Además se toma en cuenta si el fluido es impulsado a presión por el movimiento de un pistón o por el movimiento circular de álabes. Se pueden considerar por lo tanto dos grandes grupos: Dinámicas (Centrífugas, Especiales) y de Desplazamiento Positivo (Recíprocas y Rotatorias).

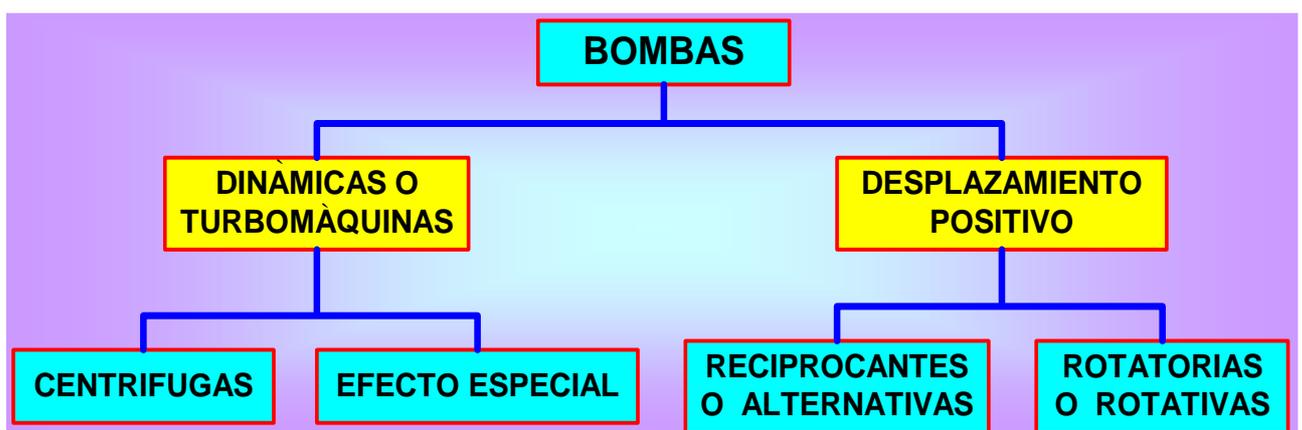


FIGURA 6. Clasificación de bombas



FIGURA 7. Ejemplo de bomba centrífuga

## 2.9 Filtros

Los filtros intervienen, con independencia del tipo de piscina con la que se cuente, en el cuidado del agua, una tarea que no puede descuidarse cuando se trata tanto de salud como de lo estético. Al aspecto higiénico, el más importante desde luego, se le suma la presentación visual: ¿quién querría bañarse en una piscina cuyas aguas se ven sucias y llenas de desperdicios?

Son fundamentales, ya que son los encargados de retener en un su interior todos los componentes en suspensión que se encuentran en el agua de la piscina. Es decir que utilizados con frecuencia, el mantenimiento de las aguas perderá la mayor parte de su complejidad.

Por lo tanto en la actualidad para controlar la limpieza existen:

### a) Los filtros de arena

Estos filtros de arena son considerados por muchos como los más efectivos, se los utiliza sobre todo en grandes piscinas o en piscinas deportivas, a causa de su enorme capacidad para filtrar aguas. El funcionamiento de los filtros de arena es muy sencillo: el agua sucia entra, todos los desperdicios y la suciedad quedan atrapados en la capa superior del filtro (compuesta principalmente de arena) y, por último, el agua, que había entrado sucia, sale limpia. Su desventaja es que son los más costosos del mercado y requieren de un mantenimiento mayor que los demás, ya que es preciso chequear su funcionamiento, por lo menos, dos veces por semana.

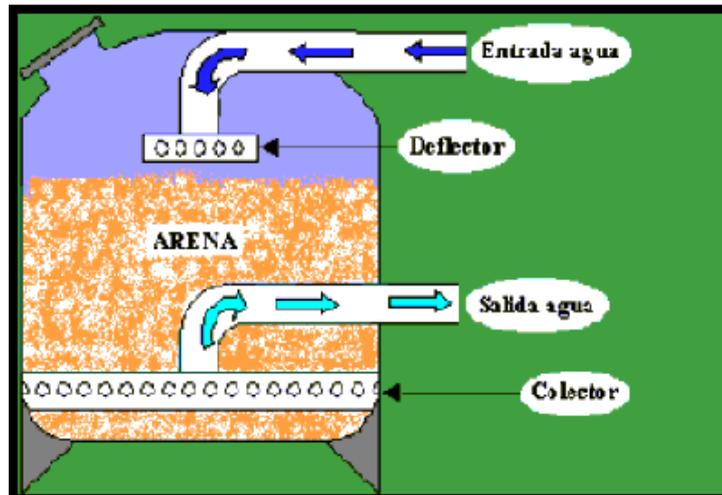


FIGURA 8. Esquema interno de un filtro de arena (Fuente: [www.jaenclima.com/articulos/images/07.gif](http://www.jaenclima.com/articulos/images/07.gif))

#### b) Filtros de cartucho

Los filtros de cartucho son los más utilizados por los usuarios de piscinas que constituyen la opción más económica de todas, probablemente su mayor desventaja es que sólo funcionan en piscinas no muy grandes, ya que su capacidad es considerablemente menor que los de arena. De todas formas, estos filtros de agua son muy efectivos y cuentan con la ventaja de requerir de un mantenimiento mínimo, que se limitará a una rápida limpieza mensual. La filtración de flujo cruzado, por último, consiste en la filtración de agua más minuciosa, ya que quita, mediante el uso de membranas permeables, desde sales hasta iones de metal.



FIGURA 9. Ejemplo de filtro de cartucho

## 2.10 Termostatos

Se refiere a un elemento con el que podemos controlar y por ende, manejar los grados de temperatura requeridos para determinada tarea, o bien para un determinado ambiente o sistema. El termostato permite entonces la correcta y requerida regulación de un nivel de temperatura.

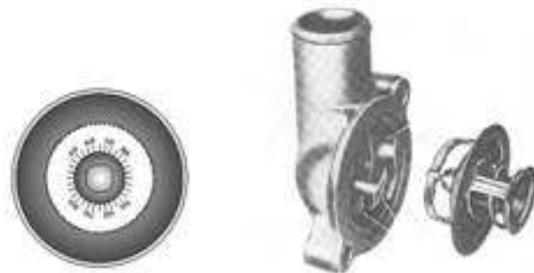


FIGURA 10. Ejemplo de termostato

A más de esto se puede también con un termostato proceder a la apertura o cierre de un circuito eléctrico según el nivel de temperatura en que se gradúe o se requiera.

Particularmente los termostatos se pueden usar como protección térmica. Gracias a que poseen contactos de plata, estos son detectores térmicos de tipo bimetálicos, están cerrados en lo general, y se abren cuando se registra un aumento de temperatura.

Así mismo cuando la temperatura baja, el detector vuelve a su forma original y los contactos se cierran.

## 2.11 Problemas del agua en los procesos de calentamiento.

El agua es el fluido de trabajo y una de las sustancias naturales más abundantes; sin embargo, nunca se encuentra en estado puro, adecuado para la alimentación directa de un intercambiador o una caldera.

Generalmente en estado natural, el agua se encuentra turbia, con materias sólidas en suspensión fina. Incluso cuando está clara, el agua natural contiene soluciones de sales y ácidos que dañan

con rapidez el acero y los metales a base de cobre de los sistemas de calentamiento. Los diversos constituyentes que causan estos problemas en el proceso de calentamiento son:

- Sustancias corrosivas.
- Sustancias Incrustantes.
- Sustancias productoras de espuma.

## **2.12 Aislantes térmicos**

Se dice que un aislante térmico es un material que se usa en la construcción y se caracteriza por su alta resistencia térmica. Genera una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura.

Gracias a su baja conductividad térmica y un bajo coeficiente de absorción de la radiación, el material más resistente al paso de calor es el aire. Se suelen utilizar como aislantes térmicos específicos materiales combinados de sólidos y gases:

fibra de vidrio, lana de roca, vidrio expandido, polietileno expandido, espuma de poliuretano, aglomerados de corcho, etc.

## **2.13 Instrumentos de medida para Presión, Caudal y Temperatura**

### **2.13.1 Manómetro**



FIGURA 11. Ejemplo de manómetro

Se refiere a un instrumento de medición el que nos sirve para medir la presión manométrica en fluidos contenidos en recipientes cerrados. Existen, básicamente, dos tipos: los de líquidos y los metálicos.

Los manómetros de líquidos emplean, por lo general, mercurio, que llena parcialmente un tubo en forma de U. El tubo puede estar abierto por ambas ramas o abierto por una sola. En los dos casos la presión se medirá conectando el tubo al recipiente que contiene el fluido por su rama inferior abierta y determinando el desnivel  $h$  de la columna de mercurio entre ambas ramas.

En los manómetros metálicos la presión da lugar a deformaciones en una cavidad o tubo metálico, denominado tubo de Bourdon en honor a su inventor. Estas deformaciones se transmiten a través de un sistema mecánico a una aguja que marca directamente la presión sobre una escala graduada.

### **2.13.2 Caudalímetro**

Este es un instrumento empleado para la medición del caudal de un fluido o Gasto másico. Son aparatos que suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido. Llamados también medidores de caudal, medidores de flujo o Flujómetros.



FIGURA 12. Ejemplo de caudalímetro

### **2.13.3 Termopar**

Termopar se denomina a la unión de dos alambres conductores con diferente composición metalúrgica. El termopar genera una fuerza electromotriz (fem) que depende de la diferencia de

temperatura de la junta caliente o de medida y la unión fría o de referencia, así como de la composición del termopar.

El funcionamiento del termopar está directamente relacionado con algunas leyes termoeléctricas.<sup>14</sup>

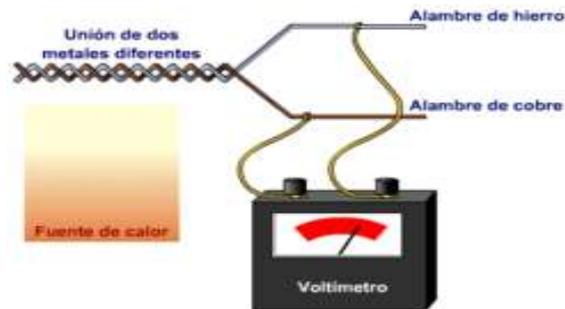


FIGURA 13. Ejemplo de termopar

#### 2.13.4 Termómetro

El termómetro es un instrumento de medición de temperatura. Son elementos que se basan en el principio de la dilatación, por lo que se prefiere el uso de materiales con un coeficiente de dilatación alto de modo que, al aumentar la temperatura, la dilatación del material sea fácilmente visible.

Tipos de termómetros

**Termómetro de vidrio:** consiste de un tubo de vidrio sellado que contiene un líquido, generalmente mercurio, cuyo volumen cambia con la temperatura de manera uniforme. Este cambio de volumen se visualiza en una escala graduada que por lo general está dada en grados Celsius.

**Digitales:** Incorporan un microchip que actúa en un circuito electrónico y es sensible a los cambios de temperatura ofreciendo lectura directa de la misma.

---

<sup>14</sup> HARO, Marco, Texto Básico de Instrumentación Industrial, 2007, pág. 30

El termómetro de bulbo húmedo, para medir el influjo de la humedad en la sensación térmica. Junto con un termómetro ordinario forma un psicrómetro, que sirve para medir humedad relativa, tensión de vapor y punto de rocío. Se llama de bulbo húmedo porque de su bulbo o depósito parte una muselina de algodón que lo comunica con un depósito de agua. Este depósito se coloca al lado y más bajo que el bulbo, de forma que por capilaridad está continuamente mojado.



FIGURA 14 Ejemplo de termómetros.

## 2.14 Quemadores industriales

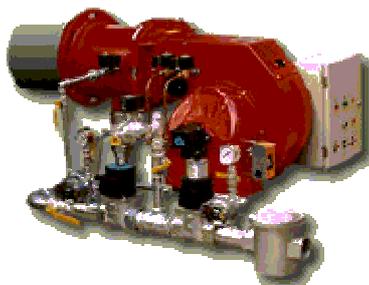


FIGURA 15. Quemador industrial

Los quemadores industriales son equipos especializados para quemar como su nombre lo dice, combustible de diferentes características y generar calor a altas temperaturas para diferentes aplicaciones. Los combustibles comúnmente utilizados, tanto por su alto poder calorífico así como costo económico de adquisición son el gas natural, gas licuado de petróleo (GLP), diesel o Kerosén.

Estos equipos para su funcionamiento constan de diferentes elementos tales como:

- Válvula de control de ingreso de combustible,
- Ventilador para el ingreso del aire,
- Tubería de gas,
- Conducto de flama o llama
- Elementos de control
- Sistema eléctrico

Estos quemadores se los considera industriales, ya que pueden generar altas cantidades de calor desde 60MBH hasta 2000 MBH, por lo que sus aplicaciones son diversas.

#### Aplicaciones

- Intercambiadores de calor.
- Calderas de vapor o de agua caliente.
- Equipos calefactores de aire.
- Hornos.
- Secaderos.
- Procesos térmicos en general.
- Especialmente aptos para hogares de combustión con elevadas contrapresiones.
- Calentamiento de grandes volúmenes de aire para procesos industriales.
- Secaderos de cereales.
- Hornos de secado de pinturas.

#### **2.15 Climatización de piscinas cubiertas**

La masiva concurrencia a los centros lúdico-deportivos ha hecho que las necesidades de climatización de piscinas cubiertas se hayan incrementado de forma importante en nuestro país en los últimos años. Este estudio debe realizarse de manera minuciosa y sobretodo analizando las

características particulares de cada piscina, así como su ubicación y concurrencia, parámetros importantes a considerarse en este proyecto de investigación.

El sistema para la climatización puede ser diverso y dependerá de las necesidades del centro deportivo así como de su capacidad económica para la implementación.<sup>15</sup>

### **2.15.1 Objetivos de la climatización**

En el proyecto de climatización de una piscina cubierta debe tenerse en cuenta que las diferencias fundamentales con respecto a un sistema de climatización de un edificio residencial o comercial son, en primer lugar, que en el recinto hay una fuerte evaporación y, en segundo lugar, que los ocupantes tienen un grado de vestimenta muy bajo. Como consecuencia de ello la obtención de unas condiciones de confort adecuadas y el evitar condensaciones, que son los dos objetivos específicos de este tipo de instalaciones, pasa por:

1. La consecución de una temperatura y humedad ambientales adecuadas
2. El mantenimiento de la temperatura del agua del vaso de piscina
3. Garantizar el aire de ventilación mínimo higiénico
4. Evitar las corrientes de aire en la zona de ocupación y sobre la lámina de agua.
5. Evitar que se produzcan condensaciones en los distintos cerramientos como consecuencia de la alta humedad absoluta y relativa del aire ambiente interior.<sup>16</sup>

### **2.15.2 Condiciones de confort**

Tabla I. Condiciones de confort (Fuente: CIATESA, Climatización de piscinas, pág. 1)

Temperatura del agua	25 °C
Temperatura del air	27 °C
Humedad relativa	65 %

15. [www.ciatesa.es/data/documentos\\_tecnicos/public/2005-11-28\\_Climatizacion\\_piscinas\\_cubiertas.pdf](http://www.ciatesa.es/data/documentos_tecnicos/public/2005-11-28_Climatizacion_piscinas_cubiertas.pdf) ; pág. 1

16. [www.ciatesa.es/data/documentos\\_tecnicos/public/2005-11-28\\_Climatizacion\\_piscinas\\_cubiertas.pdf](http://www.ciatesa.es/data/documentos_tecnicos/public/2005-11-28_Climatizacion_piscinas_cubiertas.pdf) ; pág. 1

Como regla general se aconseja que la temperatura del aire se sitúe siempre dos o tres grados por encima de la del agua y la humedad relativa en torno al 65%, las razones son en primer lugar el confort, ya que debemos evitar en lo posible que los bañistas que salen mojados tengan sensación de frío, bien sea por una temperatura ambiente baja o bien por el calor cedido por el cuerpo en el proceso de evaporación del agua de la piel mojada, que es más rápida cuanto menor sea la humedad del ambiente. En segundo lugar como se verá más adelante, existe una relación directa entre el agua evaporada de la piscina y las condiciones de temperatura y humedad del aire ambiente.

Tabla II. Temperatura óptima del agua para una piscina. (Fuente: CIATESA, Climatización de piscinas, pág. 5)

Temperaturas óptimas del agua	
Competición (*)	24 °C
Entrenamiento (*)	26 °C
Enseñanza y recreo (*)	25 °C
Disminuidos físicos	29 °C
Piscina infantil	30 °C
Niños de 3 a 6 años y tercera edad	32 °C
Mujeres embarazadas	32 °C

## 2.16 Eficiencia en los sistemas de calentamiento

El término eficiencia es muy usado en la termodinámica, ya que nos indica que tan bien se está realizando una transferencia de energía.

El desempeño o eficiencia se expresa en términos de la salida deseada y la entrada requerida de la siguiente manera:<sup>17</sup>

$$Eficiencia = \frac{salida\ entregada}{salida\ suministrada} \quad (10)$$

<sup>17</sup> YUNUS A. CENGEL. Transferencia de Calor. 5ta Edición 2004. Mc Graw – Hill/ Interamericana, pág. 78

Por ejemplo, si un calentador de agua genera 20000 BTU (salida suministrada) y la energía que entrega en el agua caliente es de 18000 BTU (salida entregada), estamos diciendo que éste tendrá una eficiencia de 90%.

Además para determinar la eficiencia en un calentador de agua, se deben considerar las pérdidas de calor, ya sean por tuberías o por el mismo calentador.

También se puede determinar la eficiencia de la combustión, si hablamos de un calentador de agua a gas, considerando el poder calorífico del combustible, el cual es el calor liberado cuando se quema por completo una cantidad unitaria de combustible y los productos de la combustión se enfrían a temperatura ambiente<sup>18</sup>

Entonces el rendimiento de un equipo de combustión se define como:

$$\eta_{combustión} \frac{Q}{HV} = \frac{\text{Cantidad de calor liberado durante la combustión}}{\text{poder calorífico del combustible quemado}} \quad (11)$$

Si una eficiencia de combustión nos indica un 100% quiere decir que el combustible se quema completamente y los gases residuales salen de la cámara de combustión a temperatura ambiente.

## 2.17 Bombeo en sistemas de tuberías ramificados

Se dice que se tiene un sistema de tuberías ramificadas cuando queremos transvasar fluidos por medio de dos o más tuberías.

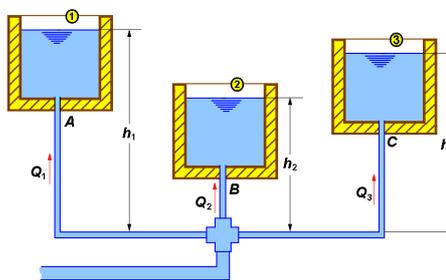


FIGURA 16. Ejemplo de tubería ramificada

<sup>18</sup> YUNUS A. CENGEL. Transferencia de Calor. 5ta Edición 2004. Mc Graw – Hill/ Interamericana, pág. 79

En estos sistemas se deben considerar varios parámetros y variables como: la presión del fluido en el interior de la tubería, la presión atmosférica, la presión barométrica, pérdidas en tuberías y accesorios, caudales, temperatura del fluido, velocidad de flujo, diámetro y longitud de las tuberías, condiciones de descarga, si el servicio es continuo e intermitente y la localización de la instalación.

Además uno de los elementos fundamentales en estos sistemas son las bombas, las cuales manejan cuidadosamente los parámetros anteriormente mencionados para su correcto funcionamiento.

Para seleccionar la bomba adecuada se debe empezar por conocer la cabeza neta de succión positiva disponible (NPSH)<sub>d</sub>, el cual determina las características de instalación del sistema puesto que influye directamente en el funcionamiento de la bomba y debe ser mayor que el (NPSH)<sub>r</sub>, valor que se encuentra en la curva característica de la bomba.

$$NPSH_d > NPSH_r \quad (12)$$

Para determinar el NPSH disponible se utiliza la siguiente ecuación.

$$NPSH_d = P_b - (h_s + h_{f_t} + h_{f_{ac}} + P_v) \quad (13)$$

Donde:

P<sub>b</sub>: Presión barométrica

h<sub>s</sub>: altura de succión

h<sub>f<sub>t</sub></sub>: pérdidas por fricción en tuberías

P<sub>v</sub>: Presión de vapor

h<sub>f<sub>ac</sub></sub>: Pérdidas por accesorios

Durante la selección de una bomba también se debe tomar en cuenta el caudal y la altura total, la que se determina sumando la altura de succión más la altura en la descarga.

$$H_T = (H_s + H_d) \quad (14)$$

Una vez obtenido este valor se puede encontrar la curva característica de una bomba en función del caudal.

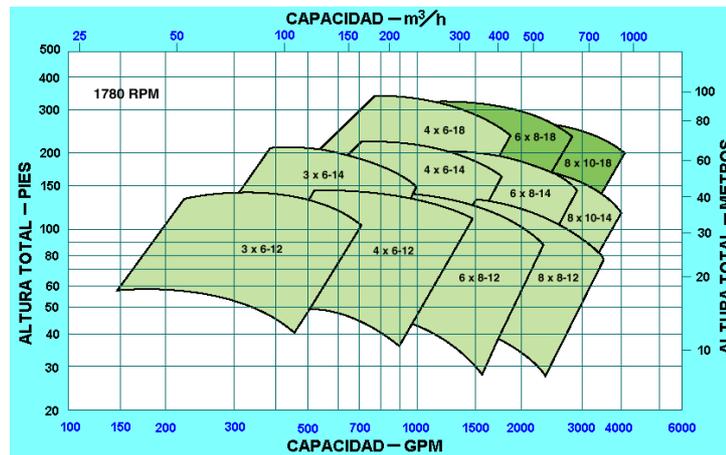


FIGURA 17. Ejemplo de curva característica de una bomba H vs. Q

## 2.18 Gas licuado de petróleo (GLP)

Características de los Gases Licuados de Petróleo <sup>19</sup>

Se denominan así el propano, butano y sus mezclas.

Se almacenan y transportan a presión para mantenerlos en estado líquido.

Tienen una serie de características que los hacen muy prácticos y seguros:

- El poder calorífico de los mismos es muy elevado, bajo en volumen, de una reserva de energía alta.
- Son olorizados, lo que permite fácilmente detectar un escape.
- No contienen óxidos de carbono y en consecuencia no son tóxicos.
- Necesitan de aire para su combustión, 13 m<sup>3</sup> de aire para la combustión de un kg. de gas.
- No son corrosivos.

<sup>19</sup>. [www.ecigas.com.ar/index.htm](http://www.ecigas.com.ar/index.htm)

- Pasan al estado líquido cuando están sometidos a una presión relativamente baja.

A una temperatura de 15°C, la presión dentro de una garrafa es de 1.7b para el butano y 7.5b para el propano.

- Son almacenados y transportados en estado líquido. Con un pequeño volumen se dispone de gran energía.

1 garrafa de 10kg, corresponde a 120.000 Kcal.

1 cilindro de 45kg, corresponde a 540000 Kcal.

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS DE LA EFICENCIA DE LOS CALENTADORES DE AGUA ACTUALES

#### 3.1 Descripción del área de servicios en el complejo de la piscina (UPS) de la ESPOCH.

El complejo politécnico (UPS), presta los siguientes servicios:

- Piscina
- Sauna
- Turco
- Hidromasaje
- Servicio de bar

La distribución de los servicios del complejo de la piscina se muestra en la siguiente figura (Ver descripción Anexo 1).

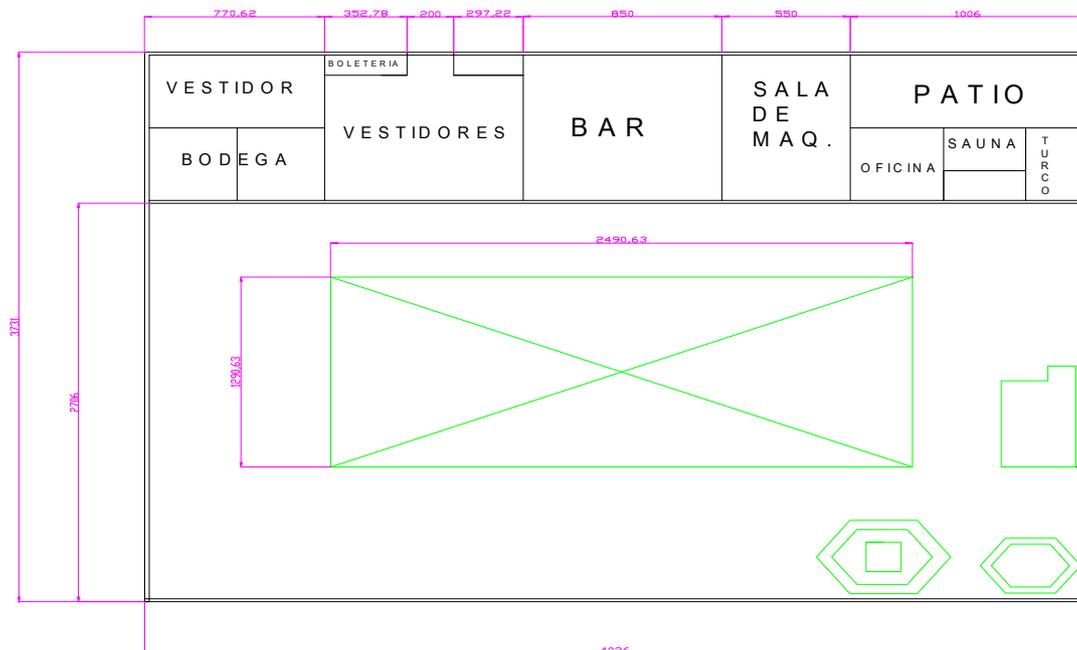


FIGURA 18. Distribución de los servicios del complejo politécnico.

### 3.1.1 Frecuencia de prestación del servicio de la piscina

La piscina del complejo de la ESPOCH, brinda servicio de martes a domingo, con los siguientes horarios:

De Martes a Jueves atiende de dos (14h00) de la tarde a seis (18h00) de la tarde, mientras que de Viernes a Domingo el servicio es todo el día, desde las diez (10h00 am) de la mañana hasta las seis (18h00) de la tarde.

El día lunes no se brinda servicio ya que se dedica a dar mantenimiento a todo el sistema que calienta el agua para mantener temperada la misma.

Cabe recalcar que en el período vacacional comprendido entre los meses de julio y agosto, el servicio que se brinda es de martes a domingo de 10h00 a 18h00.

A continuación se presenta el resumen de las personas que ingresaron al complejo a beneficiarse de los servicios, comprendido entre el mes de enero a junio de 2008.

Tabla III. Resumen de ingreso de personas al complejo piscina ESPOCH

MES	DISCAPACIT.	EST. POLITECNICOS	NIÑOS	PARTICULARES	POLITECNICOS	3RA. EDAD	TOTAL
ENERO	9	713	507	1275	91	74	2669
FEBRERO	16	766	728	1435	150	81	3176
MARZO	10	909	896	1828	153	84	3880
ABRIL	15	1080	595	1379	121	86	3276
MAYO	10	1032	773	1794	109	91	3809
JUNIO	9	911	579	1766	102	81	3448
<b>TOTAL</b>	69	5411	4078	9477	726	497	<b>20258</b>

### 3.2 Análisis del funcionamiento de los calentadores de agua

Durante el proceso de calentamiento del agua para la piscina, se utilizan dos calentadores tipo calderines de iguales características; funcionan con gas G.L.P. como combustible, los mismos que están ubicados en paralelo y comunicados entre si mediante tuberías de 2" de diámetro, su forma geométrica exterior es prismática de caras paralelas cuyas medidas son 1520 mm de altura \* 640 mm de ancho \* 1250 mm de profundidad.

Estos calentadores deben ayudar a mantener diariamente el agua de las piscinas (una semi olímpica y otra infantil) a una temperatura de 28° C, cuyo volumen de agua es de 514m<sup>3</sup> y 20m<sup>3</sup> respectivamente. Su contextura física es como lo muestra la siguiente figura.



FIGURA 19. Calentadores de agua actuales de la piscina ESPOCH

### 3.2.1 Estudio de los calentadores utilizados

#### 3.2.1.1 Descripción de las partes constitutivas de un calentador

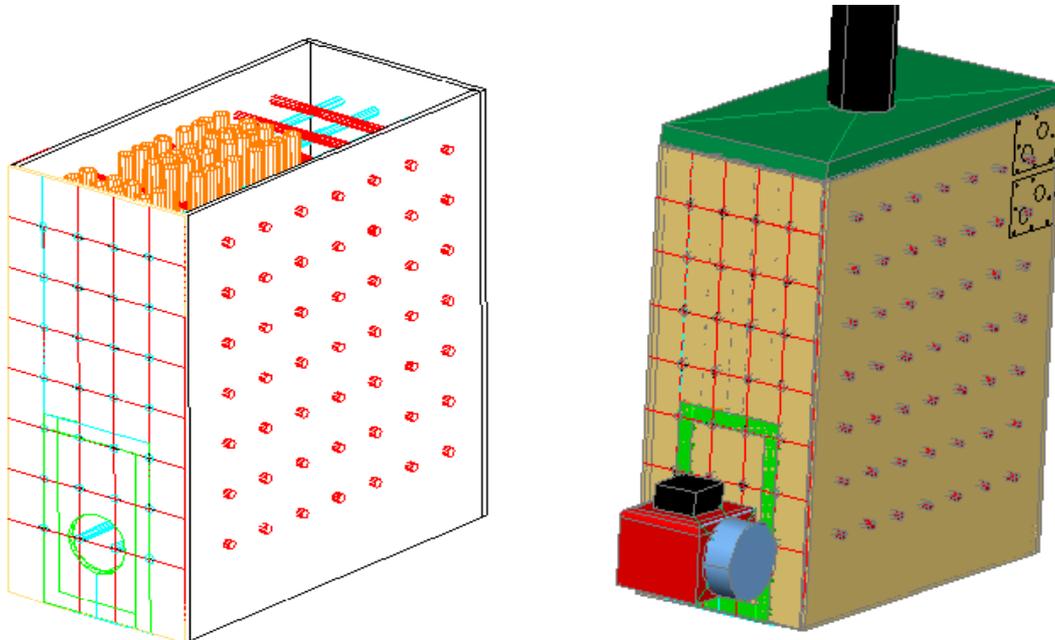


FIGURA 20. Esquema gráfico del calentador actual piscina ESPOCH

#### a) Quemador

Los generadores de calor en los calentadores actuales son, quemadores a gas glp cuya cuota de quema es de 320MBH, estos funcionan con un voltaje de 24V y una corriente de 0.7amps, poseen también un regulador de presión y uno de temperatura automáticos; es decir, se encienden o se apagan de acuerdo a la temperatura seteada.

El quemador antes descrito se muestra en la siguiente figura.



FIGURA 21. Quemador del calentador actual

b) Cámara de Combustión

La cámara de combustión está ubicada en la parte inferior del calentador, sus dimensiones son 480 mm de altura, 450 mm de ancho y 850 mm de profundidad, cubierta en su interior por ladrillo refractario, el agujero para el ingreso de los gases es de 4" de diámetro; posee además en la parte superior 32 agujeros conectados a los tubos a través de los cuales salen los gases producto de la combustión y calientan el agua del recipiente desde una temperatura inicial de 17°C llegando hasta una temperatura final de 80°C, esta última en Anexo 2.

c) Recipiente de agua

Es el espacio volumétrico de aproximadamente 1m<sup>3</sup> donde está contenida el agua que absorbe el calor de los tubos y a su vez entrega ese calor al agua de la piscina que atraviesa por unos serpentines de cobre.

d) Tubos conductores de gases calientes

Son 32 tubos de acero que conducen el calor de los gases producidos por el quemador, y transmiten este calor al agua del recipiente, 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, (Ver Anexo 3), el haz de tubos en su extremo final se une a una pequeña cámara de 0.028m<sup>3</sup> y este a su vez desemboca en una chimenea que conduce los gases al exterior.

e) Chimenea para evacuación de gases

Es un conducto cilíndrico de 8" de diámetro y 5m de longitud a partir del calentador, que sirve para evacuar los gases producto de la combustión quemados en la cámara.

f) Serpentes conductores del agua de la piscina

Son dos conjuntos unidos entre sí y sub divididos en 6 tubos de cobre de 1/4" de diámetro con una longitud de 1,9m cada uno doblado en arco una vuelta, es decir un paso, llegando a medir ya doblados una distancia máx., de 0.53m como lo muestra en la figura 22.



FIGURA 22. Serpentes del calentador actual

g) Ingreso de agua al recipiente

El agua ingresa al recipiente del calentador por una tubería de 1" de diámetro, esta agua viene de la red de agua potable, por lo que previamente se la ablanda con el fin de evitar la corrosión e incrustaciones en el interior del recipiente. El volumen del agua permanece constantemente en el interior del mismo y solo se la cambia cuando es necesario.

h) Expansor de agua

Es un pequeño tanque que sirve para almacenar el agua que ingresará al recipiente, de una manera temporal y va ingresando poco a poco mientras el interior lo va requiriendo.

i) Termostato

El termostato controla la temperatura del agua del recipiente, cuando llega hasta 70°C este envía la señal al quemador para que se apague.

j) Tubería para la circulación del agua de la piscina

La mayor cantidad de tubería es de plástico PVC para agua caliente, que viene desde la piscina, luego un tramo de tubería galvanizada de 4", lo concerniente a las bombas, el filtro y nuevamente se conecta a una tubería plástica de 2" de diámetro por donde ingresa el agua a los calentadores, la descarga de agua caliente es también en tubería de diámetro 2", el ingreso del agua es controlado por un sistema de válvulas manuales las cuales son manipuladas por un operador.

k) Estructura – Armazón

La estructura de los calentadores está constituida por planchas de tol de 3cm de espesor y unidas entre sí por un armazón de 48 varillas de hierro entre cruzadas, las cuales le dan firmeza y solides a la estructura.

l) Aislante térmico

Es una lana de vidrio que impide que el calor interno del agua se disipe al exterior.

m) Carcasa

Está constituida por planchas de tol de 2mm de espesor y sirve para darle forma física y estética exterior a la estructura del calentador.

### 3.2.1.2 Características fundamentales de los calentadores.

Tabla IV. Datos técnicos de los calentadores

Características	Unidades	Valor	Localización de Datos
Calor Generado	KBTU	400	Dato de placa del equipo
Rendimiento	-----	54%	Cálculos Cap. 3
Temp. del agua del recipiente	°C	80	Dato experimental Anexo 2
Temp. tubos	°C	227	Anexo 3
Velocidad de flujo de agua	m/s	2.07	Dato Experimental Anexo 4
Caudal	GPM	150	Dato Experimental Anexo 4
Resistencia	PSI	10	Dato Experimental Anexo 5
Temperatura inicial	°C	26	Dato Experimental
Temperatura final	°C	30	Dato Experimental

### 3.2.2 Tipo de combustible utilizado

#### Generalidades

El combustible utilizado es gas licuado de petróleo (GLP).

Los GLP forman parte de las energías con más alto poder calorífico, siendo este entre 11000Kcal/kg – 12500Kcal/ kg, alcanzando una temperatura de llama de unos 1.900°C en aire y de 2.800°C en oxígeno.

Este gas se genera a partir del gas butano que se licúa a partir de 0°C y el propano a partir de 44°C bajo cero. Para asegurar una buena combustión, los GLP deben siempre estar en su estado gaseoso. Por este motivo el propano es idóneo para instalaciones al aire libre y en zonas frías, en las cuales nunca llega a licuarse.

Debido a su falta de olor y color en su estado natural, se les agregan derivados de azufre como medida de seguridad, con el fin de darles un olor característico para detectar posibles fugas.

Los gases butano y propano no son tóxicos y su combustión es limpia sin producir ni humo ni hollín y preservando así el medio ambiente.

### **Forma de Suministro**

El combustible que utilizan los quemadores es gas licuado de petróleo (GLP) envasado en tanques de 45 Kg. Durante el calentamiento del agua se utilizan 2 tanques por calentador en una noche (12 horas).

Este gas es suministrado a través de una tubería de 1" de diámetro en una longitud igual a 8 m. con un gasto másico de 7 kg/h. (VER ANEXO 6)

A continuación se muestra la forma de almacenamiento de los tanques a utilizarse, y como están conectados entre sí:



FIGURA 23. Centralina 1 de gas del sistema actual



Figura 24. Centralina 2 de gas para el sistema actual

### 3.2.3 Distribución de la red de agua para la piscina.

En la siguiente figura se indica el esquema gráfico de la distribución de todos los elementos y equipos actualmente instalados en el sistema de calentamiento del agua para la piscina. (Ver detalle en el ANEXO 7.)

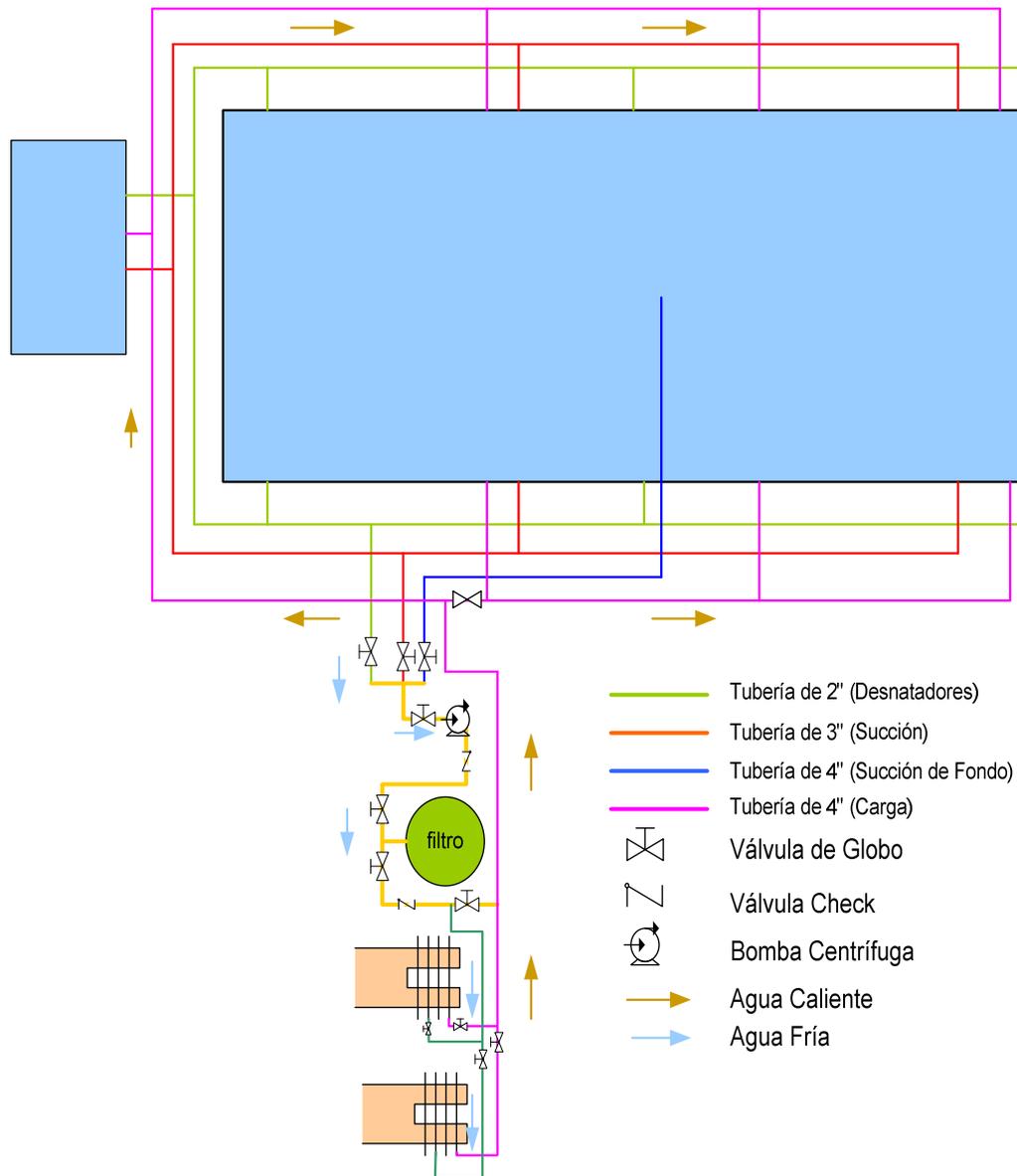


FIGURA 25. Esquema de la red de agua actual

### 3.2.3.1 Bombas de agua

En el sistema de calentamiento de agua, existen dos bombas montadas y acopladas horizontalmente, cuyas características son las siguientes:

Tabla V. Datos técnicos de las bombas (Catálogo GOULDS PUMPS)

Bomba 1		Bomba 2	
Marca	Goulds Pumps	Marca	Goulds Pumps
Material	Bronce	Material	Bronce
Modelo	3656	Modelo	3656
Serie	6BF11I35	Serie	6BF1M2BO
Potencia	10 hp	Potencia	15 hp
	3x4-7		3x4-7
Voltaje	208 – 230 / 460, Hz 60	Voltaje	208 – 230 / 460, Hz 60
Amperaje	27 – 25 / 12,5	Amperaje	38 – 36 / 19
RPM	3450	RPM	3450
Caudal	150 GPM	Caudal	300 GPM
°Tmax del líquido	100°C con empaque o sello estándar. 120°C con sello opcional para altas temperaturas.	°Tmax del líquido	100°C con empaque o sello estándar. 120°C con sello opcional para altas temperaturas.
Presión máxima de operación	Conexiones NPT, 200PSI	Presión máxima de operación	Conexiones NPT, 200PSI
	Conexiones con brida ANSI 125#, 175PSI		Conexiones con brida ANSI 125#, 175PSI
Presión Máxima de Succión	100PSI	Presión Máxima de Succión	100PSI

La bomba # 2 es la que siempre está en funcionamiento, mientras que la #1 es una alternativa en el caso de existir averías o en caso de mantenimiento de la # 2. Dichas bombas son centrifugas de una etapa con succión en el extremo para la transferencia del agua. Los impulsores de las bombas están completamente encerrados, son accionados por un motor unidas al eje de rotación mediante una chaveta y se mantienen en posición con un perno y una arandela, las conexiones de succión y descarga están realizadas con bridas.



FIGURA 26. Bomba de agua centrifuga del sistema actual

### 3.2.3.2 Válvulas de control



FIGURA 27. Válvulas de la succión del sistema

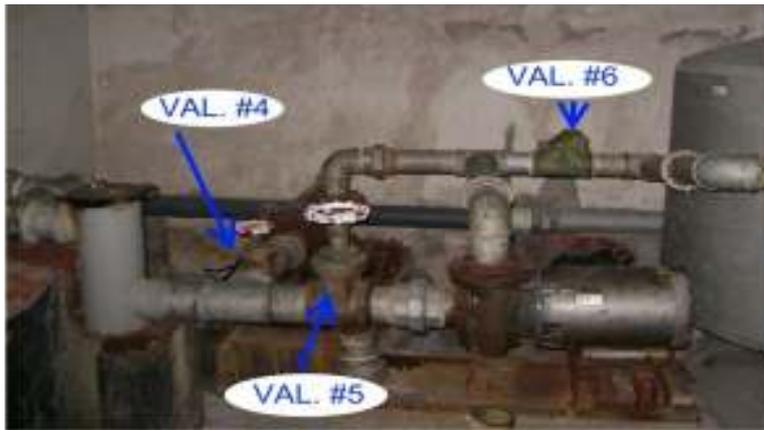


FIGURA 28. Válvulas 4,5,6 del sistema



FIGURA 29. Válvulas 7, 8, 9, 10, 11 del sistema



FIGURA 30. Válvula 12 del sistema

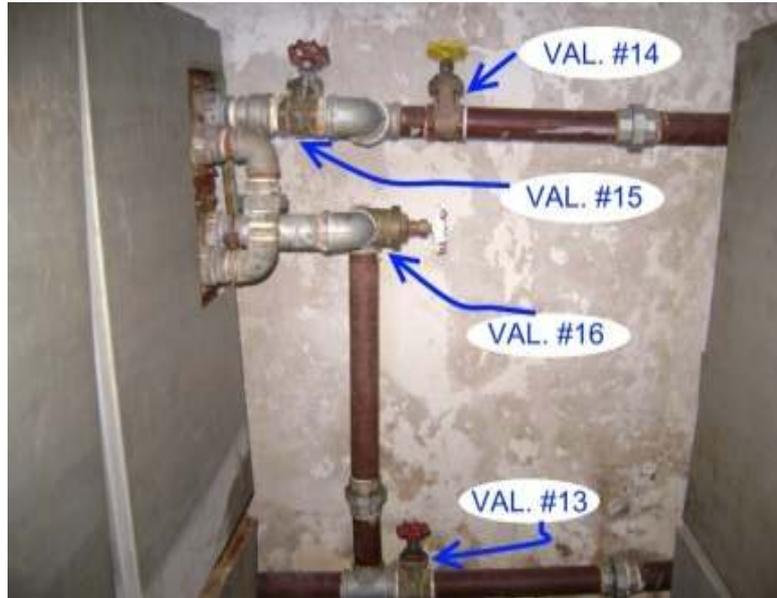


FIGURA 31. Válvulas 13, 14, 15, 16 del sistema

En el sistema de calentamiento de agua existen dieciséis (16) válvulas de control, mismas que se clasifican en:

- Válvulas de Globo
- Válvulas Check

Del total de válvulas tal como se identifican en las fotografías solamente dos (2) son válvulas check, el resto son válvulas de globo.

### **Válvulas de Globo y Check**

**#1.-** Válvula utilizada para abrir, cerrar o regular el fluido que proviene de los desnatadores hacia el sistema de calentamiento.

**#2.-** Válvula utilizada para abrir, cerrar o regular el fluido que proviene de la descarga de la piscina, descarga ubicada en las paredes de la piscina hacia el sistema de calentamiento.

**#3.-** Válvula utilizada para abrir, cerrar o regular el fluido que proviene de la descarga de la piscina, misma descarga que está ubicada en el centro de la piscina.

**#4, #5.-** Válvulas utilizadas para abrir o cerrar el paso del fluido a las bombas #2 y #1 respectivamente, ya que existen dos bombas en paralelo.

Por lo tanto si la bomba #2 tiene alguna avería o está en mantenimiento se cerrará la válvula #4 y se abrirá la válvula #5 y viceversa.

**#6.-** Válvula check, utilizada para evitar el retorno del fluido hacia la bomba.

**#7.-** Válvula utilizada para abrir o cerrar el paso del fluido hacia el filtro.

**#8.-** Válvula utilizada para realizar el retro lavado del filtro, generalmente permanece cerrada, es abierta cuando se cierra la válvula #7 funcionando a manera de un puente con el paso directo del fluido sin atravesar el filtro.

**#9.-** Válvula utilizada para realizar la limpieza del filtro, generalmente permanece cerrada, se abre para despedir el agua lodo producto de remover las impurezas dentro del filtro.

**#10.-** Válvula utilizada para realizar la limpieza del filtro, normalmente está abierta, se cierra esta válvula para evacuar el agua lodo del filtro, para esto debe estar cerrada la válvula #8.

**#11.-** Válvula check, utilizada para evitar el retorno del fluido hacia el filtro.

**#12.-** Válvula utilizada para regular el paso del fluido, cuando el sistema está calentando el agua se cerrará casi completamente la válvula para que el agua pase hacia los calentadores impidiendo además que el agua caliente que retorne de los calentadores no se mezclen con el agua fría que ingresa del filtro, mientras tanto que cuando el sistema está en filtración se abrirá completamente la válvula para que el agua pase directamente sin ingresar a los calentadores.

**#13.-** Válvulas utilizadas para abrir o cerrar el paso del fluido que proviene de la piscina hacia el calentador #1, esta válvula siempre está abierta, solamente se cerrara en caso de avería o mantenimiento del calentador #1.

**#14.-** Válvula utilizada para cerrar el paso del fluido que proviene de la salida del calentador #2, esta válvula siempre está abierta, solamente se cerrara en caso de avería o mantenimiento del calentador #1.

**#15.-** Válvula utilizada para cerrar el paso del fluido que proviene de la salida del calentador #1, esta válvula siempre está abierta, solamente se cerrara en caso de avería o mantenimiento del calentador #2.

**#16.-** Válvulas utilizadas para cerrar el paso del fluido que proviene de la piscina hacia el calentador #2, esta válvula siempre está abierta, solamente se cerrara en caso de avería o mantenimiento del calentador #2.

### 3.2.3.3 Tuberías y accesorios

Tabla VI. Accesorios de la red de agua en el sistema actual

<b>Accesorios de Succión</b>				
<b>Accesorios</b>	<b>1 1/2"</b>	<b>2"</b>	<b>3"</b>	<b>4"</b>
Codos	4	11	4	6
Te		6	3	1
Universales			1	3
Long. Tuberia	3(m)	64,5 (m)	61,72(m)	54(m)
Válvulas Globo			2	1
Valv. Compuerta			1	
<b>Accesorios de descarga</b>				
<b>Accesorios</b>	<b>3"</b>	<b>2 1/2"</b>	<b>2"</b>	
Te	4		2	
Válvula	9		4	
Universal	7		8	
Codos	7		12	
V. Checks	2			
Long. Tuberia	3m		10m	

### **3.2.4 Proceso de calentamiento del agua**

Para conservar el agua a una temperatura de 28°C, es necesario mantener encendido los quemadores durante un tiempo de 12 horas diarias en 4 días diferentes a la semana.

Mediante experimentos realizados y observaciones diarias se verificó que la temperatura del agua de la piscina, desciende en un grado todos los días después de su utilización, (Ver Anexo 10), por lo que además de los calentadores es necesario cubrir con un cobertor térmico a toda la piscina el cual evita la evaporación y enfriamiento del agua.

El agua es impulsada por una bomba de 15 HP para su circulación tanto para el calentamiento a una presión de 60 PSI y filtración a 45 PSI.

Durante el calentamiento se enciende la bomba y ésta succiona el agua de la piscina, por cuatro conductos de 2" de diámetro ubicados en las paredes laterales y uno de 3" ubicado en la parte inferior de la misma. Esta agua atraviesa por tuberías de plástico PVC y llega a los calentadores a una velocidad de 2.07 m/s con un caudal de 150 GPM, al pasar el agua de la piscina por los serpentines absorbe el calor transferido a los tubos de cobre por el agua caliente contenida en el recipiente del calentador, que a su vez es calentada por los gases quemados producto de la combustión originada en la cámara por el quemador.

Al salir el agua de los serpentines a una T de 30°C por una tubería de 2", esta sube de temperatura y desemboca en un solo conducto de 3" de diámetro que es enviado por acción de la misma bomba hacia la piscina, e ingresa nuevamente por cuatro conductos de 2" ubicados en las paredes laterales de la piscina.

Este proceso se da durante las 12 horas mencionadas anteriormente, tiempo necesario para que todo el volumen de la piscina haya atravesado por los calentadores y el agua haya subido hasta la temperatura necesaria.

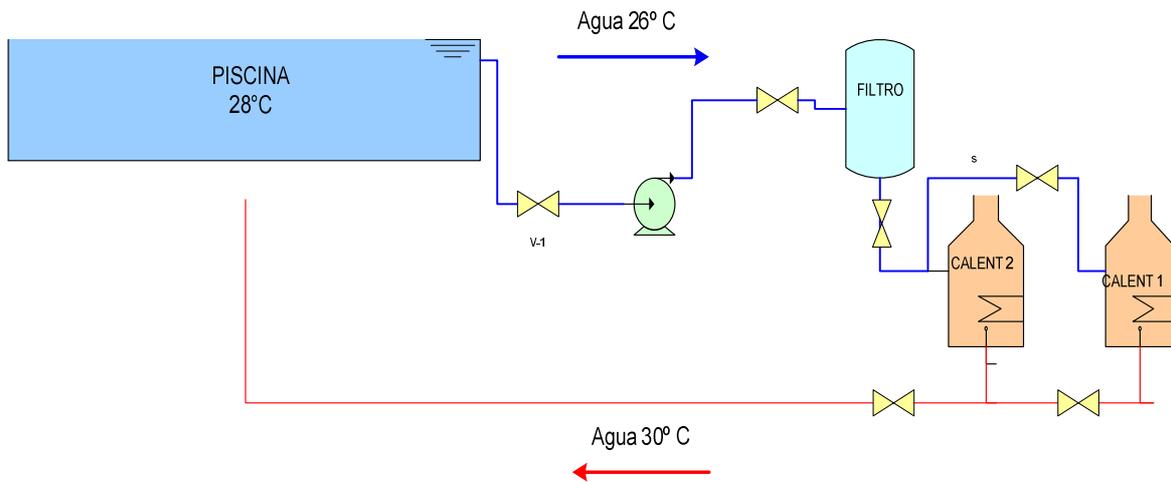


FIGURA 32. Esquema del proceso de calentamiento

### 3.2.5 Frecuencia de utilización de los equipos

Los equipos utilizados para el calentamiento del agua han prestado sus servicios durante ya 20 años, motivo suficiente para mostrarnos un deterioro físico externo e interno notorio, a pesar de esto siguen operando y funcionando de una manera regular.

Uno de los principales motivos para su deterioro es el agua, ya que al contener cloro en grandes cantidades, esto hace que los elementos metálicos se corroan fácilmente. Además las presiones que deben resistir los serpentines son altas, por lo que presentan agujeros y fisuras con mucha frecuencia.

La principal consecuencia del detrimento presentado en los equipos es que bajan la eficiencia de los mismos y se pierde mucha energía calorífica tanto por convección como por radiación.

A continuación se presenta un breve análisis de las consecuencias provocadas por el deterioro de los equipos y elementos constitutivos de los calentadores.

**a) Falta de aislante térmico en las paredes exteriores de los calentadores.**

Esto provoca pérdidas de calor del agua del recipiente y aumento de la frecuencia del encendido del quemador, causando quema de gas GLP innecesario.



FIGURA 33. Deterioro de las tapas de los calentadores.

**b) Corrosión en los tubos internos conductores de calor**

Al existir una capa de corrosión en estos tubos, impide la transferencia total del calor generado en su interior hacia el agua del recipiente.



FIGURA 34. Corrosión y óxido de los calentadores actuales

c) Fisuras en los tubos de los serpentines

Este fenómeno se da principalmente debido a las altas presiones (60 PSI) a las que ingresa el agua a los serpentines, esto provoca que el agua de la piscina ingrese al recipiente y se mezcle, generando corrosión interna del tanque, además de provocar pérdidas de calor.



FIGURA 35. Fisuras de los serpentines actuales

### 3.2.6 Cálculos en función del estudio realizado

#### 3.2.6.1 Calor generado por el calentador

La cantidad de calor que está generando actualmente con los calentadores se evalúa de la siguiente manera.

$$q_c = \dot{m} * C$$

Donde:

$m =$  Flujo másico del gas (7Kg/h) (VER ANEXO 6)

$C =$  Poder calorífico del gas GLP (11500Kcal/kg) (VER ANEXO.8)

$$q_c = 6.8 \frac{Kg}{h} * 11500 \frac{Kcal}{Kg}$$
$$q_c = 78200 \frac{Kcal}{h}$$
$$q_c = 310322.7 BTU$$

### 3.2.6.2 Calor utilizado por el agua

El calor absorbido por el agua al pasar esta por los calentadores.

$$q_s = \dot{m} * C * \Delta t$$

Donde:

$\dot{m}$  = Flujo másico del agua = 10447.74Kg/h (Ver Anexo 4)

$C$  = poder calorífico del agua = 4.186KJ/Kg\*°C (Ver anexo 9)

$\Delta t$  = 4°C

$$q_s = \dot{m} * C * \Delta t$$

$$q_s = 10447.74 \frac{Kg}{h} * 4.186 \frac{Kj}{Kg^{\circ}C} * 4^{\circ}C$$

$$q_s = 174936.9$$

$$q_s = 165808.2BTU$$

### 3.2.6.3 Eficiencia del calentador

Para lograr la eficiencia de los calentadores se utiliza la siguiente ecuación.

$$n = \frac{\text{Calor absorbido}}{\text{Calor generado}}$$

$$n = \frac{165808.2BTU}{310322.7BTU}$$

$$n = 54\%$$

### 3.2.6.4 Pérdidas de calor (Stefan Boltzmann)

#### a) Pérdidas por evaporación.-

Sin considerar el aporte de humedad de los espectadores, proceso en el cual el agua se enfría porque pierde calor que sale hacia el ambiente.

- **Masa de evaporación.**

$$Me = S[(16 + 133n)(We - Ga * Was)] + 0,1 * N$$

Agua en reposo

$$Me = S[(16)(We - Ga * Was)]$$

$$Me = 340m^2 \left[ (16)(0.0240 - 0,76 * 0,0200) \frac{Kg}{hm^2} \right]$$

$$Me = 47,87 \frac{Kg}{h}$$

Agua con bañistas

$$Me = [(133n)(We - Ga * Was)]$$

$$Me = [(133 * 20)(0.0240 - 0,76 * 0,0200)]$$

$$Me = 23.4 \frac{Kg}{h}$$

Masa de evaporación total

$$Me_T = 47,87 \frac{Kg}{h} + 23,4 \frac{Kg}{h} + 0,1 * 5$$
$$Me_T = 71,78 \frac{Kg}{h}$$

Ahora si determinamos las pérdidas por evaporación.

$$Qe = Me * Cv$$
$$Qe = \left(71,78 \frac{Kg}{h}\right) 676 \frac{wh}{Kg}$$
$$Qe = 48523,3w$$

#### **b) Pérdidas por radiación.-**

Están en función de la diferencia entre la temperatura media de los cerramientos y la del agua.

Como en nuestro caso la piscina es cubierta el cerramiento deben encontrarse a muy pocos grados de temperatura por debajo de la del agua, así pues estas pérdidas por radiación en piscinas cubiertas se consideran generalmente despreciables.

#### **c) Pérdidas por convección.-**

Al igual que las pérdidas por radiación en el caso de piscinas cubiertas las pérdidas por convección ( $Qc$ ) también se suelen despreciar, ya que la diferencia de temperaturas es muy pequeña.

#### **d) Pérdidas por renovación.-**

Existen pérdidas continuas de agua, desde la evaporada, a la que los propios bañistas sacan del vaso, o la gastada en la limpieza de fondos y filtros. Sin embargo, estas cantidades son

muy inferiores al 5% del volumen total del vaso que obligatoriamente por formativa, debido a razones higiénicas sanitarias, debe reponerse diariamente. Esta renovación conlleva que las pérdidas de calor ( $Q_r$ , en w) por este concepto sean importantes, y en todo caso, dependerán de la temperatura de agua de la red y de la temperatura del agua de la piscina que se pretenda alcanzar. Se puede calcular de la siguiente forma:

$$Q_r = V_r * D * C_e * \Delta T$$

$$Q_r = \left(0,25 \frac{m^3}{h}\right) \left(1000 \frac{Kg}{m^3}\right) \left(1,16 \frac{wh}{Kg^\circ C}\right) (13^\circ C)$$

$$Q_r = 3770w$$

**e) Pérdidas por transmisión.-**

Dependen exclusivamente de las características constructivas del vaso (enterado, visto, etc.) y del coeficiente de transmisión térmica del material empleado. En el caso más habitual de vaso de hormigón construido dentro del propio sótano del recinto las pérdidas por transmisión ( $Q_t$ , en w), se calculan con la fórmula:

$$q_T = \frac{\Delta T}{\sum R_T}$$

$$q_T = \frac{\Delta T}{\frac{e}{KA} + \frac{1}{h_o * A}}$$

$$q_T = \frac{(28^\circ - 17^\circ)}{\frac{0,20m}{0,76 \frac{W}{m^\circ C} (61,9m^2)} + \frac{1}{8,3 \frac{W}{m^2^\circ C} (61,9m^2)}}$$

$$q_T = \frac{11^\circ\text{C}}{0,00425 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}} + 0,001946 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}}$$

$$q_T = 1775,2\text{W}$$

Tabla. VII Resumen de las pérdidas de calor en la piscina

Resumen de pérdidas de calor de agua del vaso			
	Totales (W)	W/m2	%
Pérdidas por evaporación	48523,3	151,16	89,74
Pérdidas por radiación	.....	.....	.....
Pérdidas por convección	.....	.....	.....
Pérdidas por renovación	3770	11,74	6,97
Pérdidas por transmisión	1775,2	5,53	3,29
<b>TOTALES</b>	<b>54068,5 W</b>	<b>168,43</b>	<b>100</b>
Totales BTU	<b>184653,6</b>		

### 3.2.6.5 Necesidades energéticas

El calor necesario para elevar dos grados centígrados en un tiempo de 12 horas; es tomado de los datos actuales registrados diariamente por el técnico de mantenimiento.

(VER ANEXO 10)

Calor necesario para elevar 2°C en 12h.

$$Q_N = V * \delta * C_{ag} * \frac{(T_f - T_i)}{t}$$

$$Q_N = 534\text{m}^3 \left(1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) \left(1,16 \frac{\text{wh}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}\right) \frac{(28 - 26)^\circ\text{C}}{12\text{h}}$$

$$Q_N = 103240,0w$$

$$Q_N = 352583,1 \frac{BTU}{h}$$

### 3.2.6.6 Calor total para recuperar diariamente

$$Q_T = Q_N + Q_P$$

$$Q_T = (352583,1 + 184653,6) \frac{BTU}{h}$$

$$Q_T = 537236,7 \frac{BTU}{h}$$

### 3.2.6.7 Energía total necesaria para calentar la piscina

El valor mostrado a continuación es un parámetro muy importante ya que en función de este resultado se buscara las alternativas óptimas que abastezcan esta necesidad.

Las consideraciones a tomarse en cuenta son, que el agua debe calentarse a partir de los 15 grados centígrados, hasta los 28 grados centígrados en una situación inicial en un tiempo de 24 horas.

$$Q_C = V * \delta * C_{ag} * \frac{(T_f - T_i)}{24h}$$

$$Q_C = 534m^3 \left( 1000 \frac{Kg}{m^3} \right) \left( 1,16 \frac{wh}{Kg^\circ C} \right) \frac{13^\circ C}{24h}$$

$$Q_C = 1145895 \frac{BTU}{h}$$

### 3.2.6.8 Consumo de gas

Para determinar el consumo actual de gas se recurrió a la lectura de datos experimentales registrados en la tabla N° VIII.

Se debe tomar en cuenta que estos datos son tomados para un calentador y que el peso del combustible en cada uno de los tanques es de 45Kg.

Tabla VIII. Toma de datos para el consumo de gas

# Tomas	Peso del tanque (Kg)		Tiempo min	Consumo Kg	Flujo
	INICIAL	FINAL			Másico Kg/h
1	76,9	74,6	18	2,3	7,7
2	74,6	72,4	18	2,2	7,3
3	72,4	70,4	18	2	6,7
4	70,4	68,3	18	2,1	7,0
5	68,3	66,1	18	2,2	7,3
6	66,1	64,1	18	2	6,7
7	64,1	62	18	2,1	7,0
8	62	59,8	18	2,2	7,3
9	59,8	57,9	18	1,9	6,3
10	57,9	55,8	18	2,1	7,0
				Promedio	7,0

### 3.2.6.9 Emisión de gases

Uno de los parámetros considerados importantes para determinar la eficiencia de los calentadores en cuanto a la quema de los gases es realizar un diagnóstico de los mismos en condiciones de funcionamiento normales, como el que se muestra a continuación.

Tabla IX. Datos técnicos de la emisión de gases de los calentadores actuales

Emisión de gases (Combustible Propano)	
O <sub>2</sub>	12,30%
CO	45mg/m <sup>3</sup>
EFF	78,78%
CO <sub>2</sub>	5,70%
T-CHIM	195°C
T-AMB	20,8°C(1)
EA	129%
NO	34mg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	11mg/m <sup>3</sup>
NOX	45mg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	0mg/m <sup>3</sup>
HC	0,01%
CO(9)	54ppm
NO(0)	44ppm
NO <sub>2</sub> (0)	14ppm
NOX(0)	57ppm
SO <sub>2</sub> (0)	0ppm
PRESION	3Pa

En esta prueba se confirma que la eficiencia de la combustión es baja y que el desperdicio de calor es eminente, puesto que existe liberación de monóxido de carbono.

Tabla X. Resumen del estado actual del sistema de calentamiento

<b>RESUMEN DE LA SITUACION ACTUAL</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
Presión	PSI	10
Consumo de Gas	Kg/h	7
Consumo Eléctrico	V	120
Caudal	GPM	50 - 100
Peso y tamaño	Kg	300
Temperaturas max de calent.	°C	30
Capacidad Calorífica	BTU	310322,7
Rendimiento	%	54
Dimensiones	m	(1,52*0,64*1,25)
Tiempo de vida útil	años	20
Estado	Deteriorado	

## CAPÍTULO IV

### **4. SELECCIÓN DE LA PROPUESTA ÓPTIMA PARA UN SISTEMA MÁS EFICIENTE DE CALENTAMIENTO DE AGUA**

#### **4.1 Descripción de los equipos propuestos para la mejora en función del sistema actual**

Luego de haber presentado las necesidades energéticas para el calentamiento del agua en la piscina de la ESPOCH, y además haber estudiado y analizado el estado actual de los generadores de esta energía o calentadores de agua, en este capítulo se procederá a analizar las alternativas más óptimas que se adapten a las necesidades actuales de calentamiento que permitan mejorar el rendimiento energético de todo el sistema.

##### **4.1.1 Calentadores de agua**

En el mercado industrial, podemos encontrar varios sistemas y equipos de calentamiento para piscinas, de entre los más usuales, prácticos y utilizados en la actualidad, están los calentadores eléctricos, paneles solares, calentadores a gas glp o gas natural, ofertados en el país de casas extranjeras especialmente Americanas, por lo que se analizará cual es el mejor sistema y posterior a esto cual es el equipo más óptimo y que cumpla el objetivo principal que es calentar el agua de la piscina con alto rendimiento y menor costo de operación y mantenimiento.

###### **4.1.1.1 Alternativa 1**

###### **CALENTADORES ELECTRICOS.**

Dado su alto costo en consumo no son muy utilizados, por lo que son factibles de utilizar sólo en piscinas pequeñas o spa. En forma empírica la capacidad del caldero eléctrico es de 1.0 Kw por cada metro cúbico de agua.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup>. [www.ccquito.org/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=82](http://www.ccquito.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=82)

Antes de estudiar esta alternativa se debe preponderar el parámetro mas importante como es el volumen de la piscina y la fuente de energía o tipo de generación, para luego determinar si es factible o no utilizarlo.

El volumen de las piscinas es de  $534m^3$

El costo del Kw/h es 0.08 centavos de dólar (VER ANEXO 11)

$$1Kw \text{-----} 1m^3 \text{ (agua)}$$

$$X \text{-----} 534m^3 \text{ (agua)}$$

$$X = \frac{1Kw(534)m^3 \text{ agua}}{1m^3 \text{ agua}}$$

$$X = 534Kw$$

Si cada Kw cuesta 0.08 centavos de dólar entonces:

$$\$ = 534(0.08)$$

$$\$ = 42.72/h$$

Por lo tanto en doce horas de calentamiento por día se gastaría \$555.36

#### **4.1.1.2 Alternativa 2**

##### **PANELES SOLARES**

Comúnmente son de fabricación nacional en largo de 2.0 m. y ancho de 1.20 m, en estructura soportante de plancha galvanizada de 1.0 mm de espesor. El panel solar consta de un serpentín de tubería de cobre de ½” - 1” de diámetro embutido dentro de un base de poliuretano líquido de color negro asfáltico y, sobre este como tapa se colocan planchas de vidrio de 3.0 mm. de espesor de color negro.

Complementariamente se utiliza un control de temperatura solar, sensores de temperatura y caballetes que le den inclinación a los paneles. Los resultados obtenidos en nuestro medio son buenos aunque su costo inicial es bastante alto.

La determinación del número de paneles está supeditado al lugar o posición geográfica de la piscina y a su área siendo para nuestro medio como cálculo empírico obtener el número de paneles calculando el área de la piscina en metros y dividiendo para 2.

Como el área de las piscinas en total es de  $321\text{m}^2$ , se necesitarían 173 paneles.

### **Ventajas**

Energía solar para:

- Calentar el agua de su piscina
- Aumentar el disfrute del baño
- Alargar la temporada de su uso
- Tener mayor entretenimiento personal y familiar
- Mayor relajación, salud y bienestar

Energía solar que:

- No contamina
- Es totalmente gratis
- No precisa mantenimiento
- Da un valor añadido a su vivienda
- Puede instalár usted mismo

## Principios de funcionamiento<sup>21</sup>



FIGURA 36. Esquema de instalación de paneles solares

- Colectores
- Fluido caliente
- Retorno del fluido frío
- Regulador
- Bomba
- Válvula de seguridad
- Depósito
- Consumo de agua caliente
- Recipiente con diafragma
- Cambiador de calor superior
- Cambiador de calor inferior
- Alimentación de agua
- Contenedor de salida del portador de calor

<sup>21</sup>. <http://euroeko.sopa.net/qsomos.shtml>

Tomando en cuenta el tamaño de la piscina de nuestro estudio, se necesitaría de 173 paneles solares aproximadamente para cubrir el requerimiento.

Un panel solar cuesta \$200, por lo tanto si nuestro requerimiento es de 173 el valor solamente de los paneles sin considerar la instalación sería de \$34600, por lo que resulta una inversión económicamente elevada.

#### **4.1.1.3 Alternativa 3**

##### **CALENTADORES A GAS**

Son equipos que en la actualidad se utilizan con frecuencia dada su efectividad en rendimiento térmico, bajo costo de mantenimiento y por su control automatizado electrónicamente.

Estos calentadores pueden además ser utilizados para hidromasaje pues su doble función permite obtener temperaturas de 30°C para piscinas y 40°C para hidromasajes.

La capacidad de estos calentadores está sujeta al lugar de ubicación geográfica de la piscina, al uso de “cobertores” o cobijas y si son cubiertas o no.

Se dice que por ejemplo para Quito se utiliza como cuantificación promedio 2.000 BTU por cada metro cúbico de agua; el consumo de gas “propano” es mínimo así como su costo en comparación con el eléctrico, debiendo como consideración especial adquirirse el equipo con la regulación sobre altitud (m.s.n.m.) a que va a trabajar, efectuada desde la fábrica.

#### **4.2 Parámetros de selección**

La siguiente tabla muestra la valoración de cada uno de las características de los sistemas de calentamiento a aplicarse, en escala del 1 al 10 valorando a la característica óptima con el más alto puntaje o sea 10.

TABLA XI. Valoración de los criterios de selección

<b>VALORACION DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN</b>			
<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>ELECTRICO</b>	<b>PANELES</b>	<b>GAS (GLP)</b>
<b>CARACTERISTICAS</b>		<b>SOLARES</b>	
COMBUSTIBLE	10	9	3
CONSUMO ELECTRICO	1	10	8
INSTALACION	4	1	5
MANTENIMIENTO	6	5	7
INFRAESTRUCTURA	4	2	8
DISPONIBILIDAD	8	4	10
SEGURIDAD	7	9	5
EFICIENCIA	9	5	7
ECONOMICO	2	3	7
TOTAL (VALORACION)	51	48	60

Realizada la valoración se determina que la opción más óptima es la de los calentadores a gas (GLP), razón por la cual más adelante se estudia alternativas de calentadores que funcionen con gas y de ellas se elegirá la mejor para el sistema de la piscina.

### **Alternativas de calentadores a gas para la piscina**

Para la selección de los calentadores a gas para la piscina, previamente se realizó una investigación de los equipos que se disponen en las casas comerciales distribuidoras de estos productos, dentro del país, así como los más eficientes y garantizados.

De entre las marcas más conocidas están las siguientes:

1. Calentador a gas HAYWARD
2. Calentador a gas RAYPACK
3. Calentador a gas MASTER TEMP (Pentair Pool)

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

- Características Generales
- Especificaciones
- Estructura y partes de cada uno
- Principio operativo

#### **4.2.1 Características de cada uno de los equipos**

##### **4.2.1.1 Opción 1 Calentador a gas HAYWARD. (VER ANEXO 12)**



FIGURA.37. Calentador a gas Hayward

##### **a) Características Generales**

Hayward es un calentador de gas para piscinas e hidromasajes, tiene el diseño más avanzado de la industria, que permite el calentamiento sumamente eficiente y económico de la piscina común o de hidromasaje. El calentador es apropiado solamente para calentar piscinas comunes o de hidromasaje.

Estructura y partes

Dimensiones

Largo 0,699m

Ancho: 0,756m

Altura: 0.724m

Volumen: 0,383m<sup>3</sup>

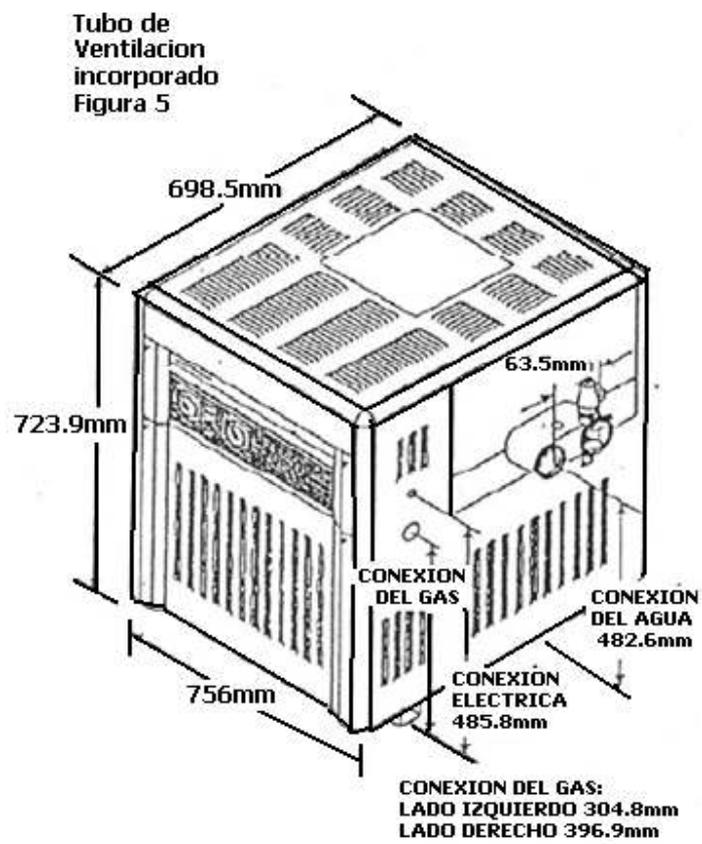


FIGURA 38 Dimensiones del calentador Hayward

b) Partes constitutivas

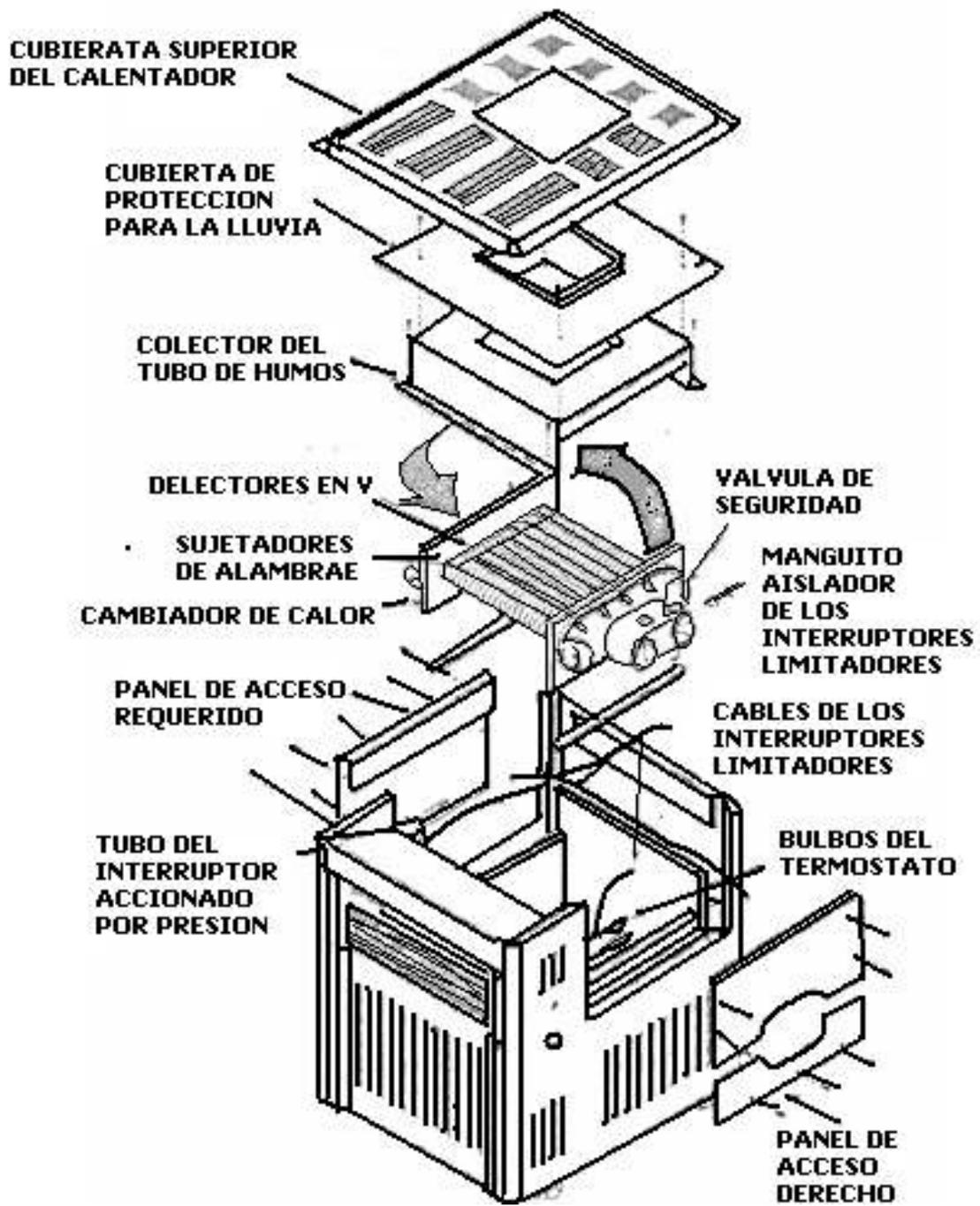


FIGURA 39. Partes del calentador Hayward

### **c) Especificaciones**

Calentador para piscina e hidromasajes a gas

Nombre del equipo: HAYWARD

Modelo: H400

Capacidad: 400000BTU/H

Voltaje: 120/240 VAC 60Hz

Combustible: LPG o Gas Natural

Fabricante: HAYWARD

Caudal: Min 25.36GPM – Max 125.22GPM

Cuota de Quema: 8,3 Kg/h

Peso: 138Kg

Tamaño: 0.383m<sup>3</sup>

Rendimiento: 80%

Longitud de tubería de gas: 15-30m, Ø 1 $\frac{1}{4}$ inch

Tubería requerida para ingreso y salida de agua: PVC, cedula 80

Dimensiones: h=0,7239m a=0,7557m l=0,6985m

Color: Blanco

Display: Analógico

### **d) Principio operativo**

Para calentar el agua de la piscina común se debe seguir la siguiente secuencia:

- 1- Ponga las válvulas de tres pasos de las tuberías de entrada y de salida en la posición de operación de la piscina común.
- 2- Ponga el interruptor .SPA/OFF/POOL. (piscina de hidromasaje /apagado / piscina común) en la posición .POLL. (Piscina común).
- 3- Ponga el termostato de la piscina en la temperatura deseada.

#### 4.2.1.2 Opción 2: Calentador a gas RAYPAK. (VER ANEXO 13)



FIGURA 40. Calderín Raypak (Catalogo No.: 1000.18A Raypak Inc., 2151 Eastman Ave., Oxnard, CA 93030)

##### a) Características generales

El calentador ideal para piscinas comerciales gracias a su económica operación, bajo costo de instalación, eficiencia térmica y confiabilidad total.

Encendido electrónico.

Válvula de gas dual.

Cabezales de bronce.

Intercambiador de tubos de cobre aletado.

Regulador de temperatura interna Uni-Therm.

Quemadores de acero inoxidable.

Charola de quemadores deslizable.

Acabado exterior Powder Coat.

Esta tecnología elimina la necesidad de generar vapor con caldera para calentar agua en forma indirecta por el uso de intercambiador de calor separado (vapor/agua fría), ya que el calderín Raypak produce agua caliente en forma directa con los gases de combustión calientes, pasando éstos exteriormente por los tubos alteados (agua por dentro de los tubos), lo que se traduce en mucho menor gasto de combustible, y en una instalación muy sencilla: solo el calentador con su tanque de recirculación, interconectados con su tubería y accesorios, a una distancia de menos de 2 m.

**b) Estructura y partes**

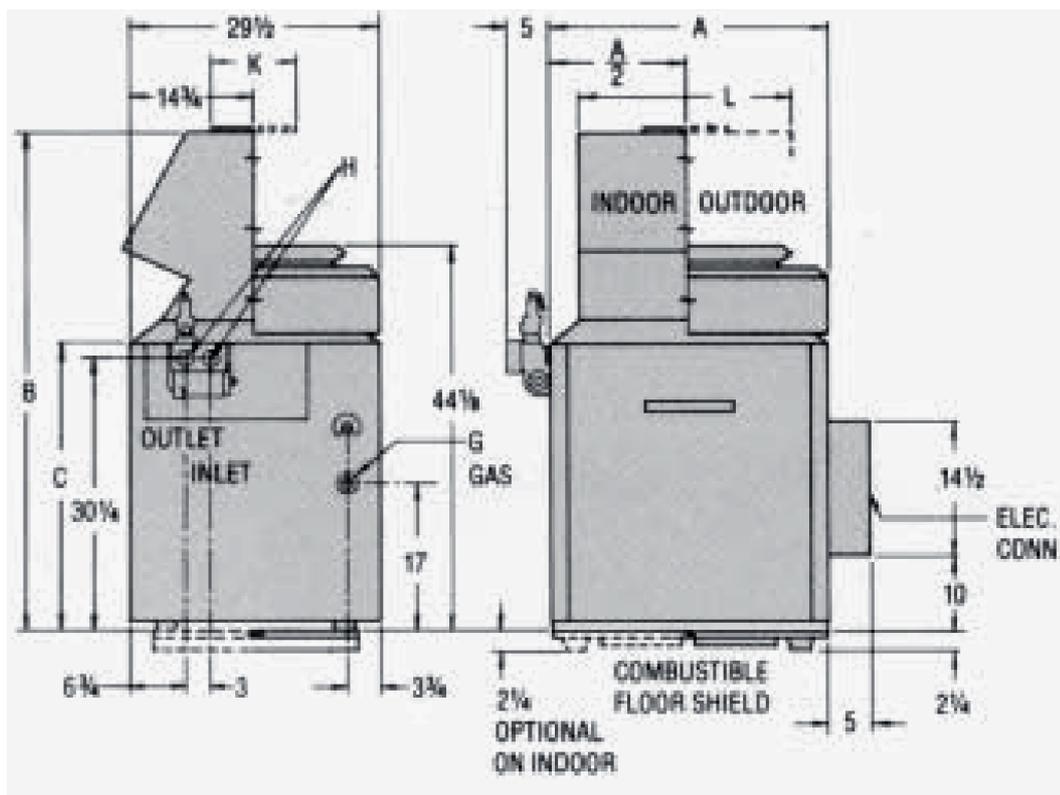


FIGURA 41. Dimensiones del calentador Raypak



FIGURA 42. Características internas del calentador

### c) Especificaciones

- Marca del equipo : RAY PAK
- Modelo: RAYTHERM P624
- Capacidad: 624000 BTU/H
- Voltaje: 120/240 VAC 60Hz
- Combustible: LPG o Gas Natural
- Fabricante: GRUPO RAYTHERM
- Caudal: 60 – 120 GPM
- Cuota de Quema: 15 Kg/h
- Peso: 138Kg
- Rendimiento: 82%
- Tubería requerida para ingreso y salida de agua: PVC, cedula 80 de 2”
- Dimensiones: h= 57inch, a=29.5inch, l=42.5inch.
- Color: Verde

#### 4.2.1.3 Opción 3: Calentador a gas MASTER TEMP (Pentair Pool) (VER ANEXO 14)



FIGURA 43. Calentador Pentair Pool

##### a) Características Generales

Es un calentador a gas para piscinas, spa o jacuzzi, un calentador de alto rendimiento, liviano, eficiente, inducido por succión que puede ser conectado directamente a una tubería pvc de cedula 40, también viene equipado con un controlador de multifunciones Pentair que muestra de un vistazo el funcionamiento del calentador, además está diseñado con un dispositivo de encendido directo, el cual suprime la necesidad de un piloto.

**b) Estructura y partes**

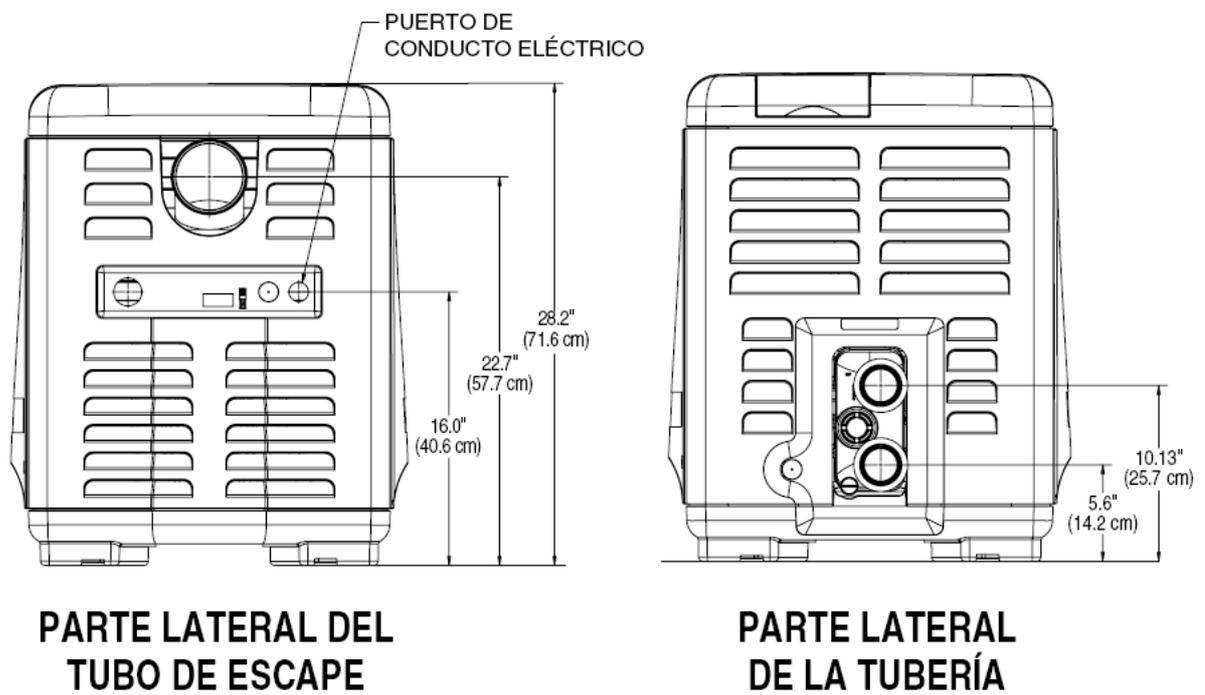
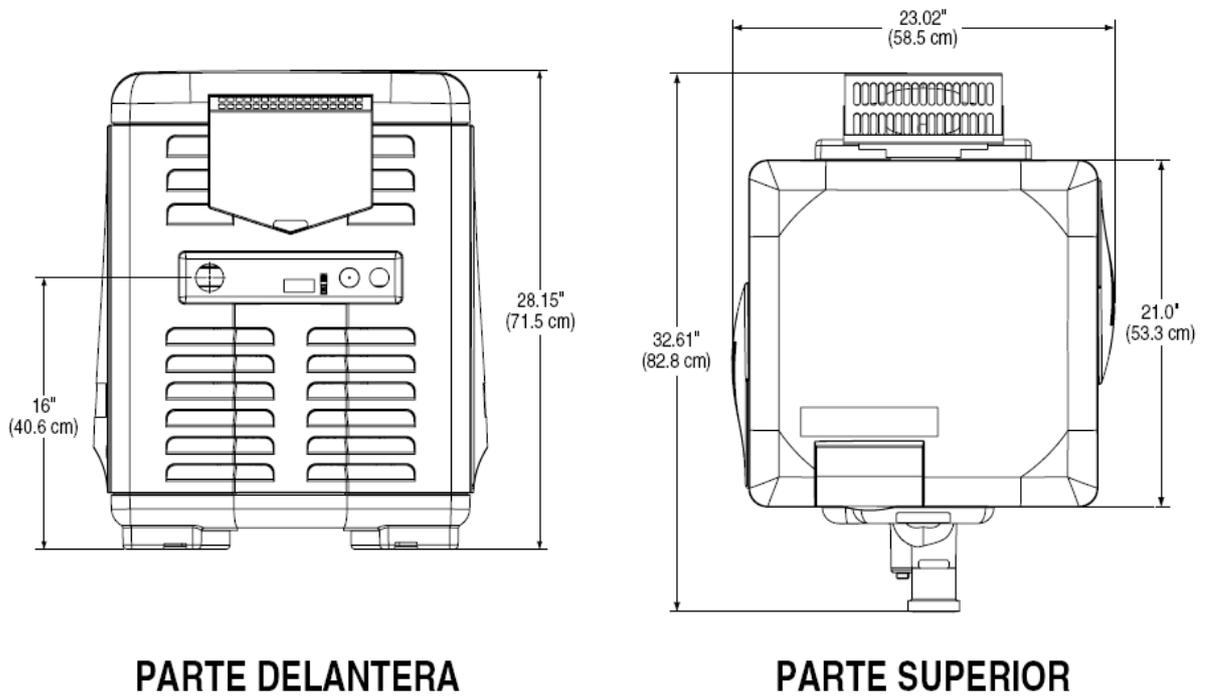


FIGURA 44. Dimensiones del calentador Pentair

**c) Especificaciones**

- Calentador para piscina y spa a gas
- Nombre del equipo: MASTER TEMP
- Modelo: 400KBTU/HR
- Serie: 460737
- Capacidad: 400000BTU/H
- Voltaje: 120/240 VAC 60Hz
- Combustible: LPG o Gas Natural
- Fabricante: Pentair Pool Products
- Caudal: Min 40GPM – Max 120GPM
- Altura de Chimenea: Max 21.3m, Ø 7inch
- Cuota de Quema: 2500BTU/fts<sup>3</sup>
- Longitud de tubería de gas: 60fts, Ø 1 inch
- Tubería requerida para ingreso y salida de agua: PVC, Ø 2 inch, cedula 40
- Dimensiones: h= 28.15inch, a=23.02inch, l=32.61inch.
- Color: Marfil
- Display: Electrónico
- Consumo de combustible 7Kg/h (Catálogo)

**d) Principio operativo**

El calentador funciona de la siguiente manera.

Las placas de orificio combinadas a precisión miden el aire y el gas dentro del mezclador. El ventilador dirige el aire y el gas a través del mezclador y lo lleva dentro del portallamas del quemador. Un intercambiador de calor sellado bordea el portallamas, descargando los gases de escape por el conducto de gases.

Dos tuberías de agua de PVC de 2” conectan directamente con el extremo del escape en el intercambiador de calor usando uniones de PVC de 2”, las cuales vienen con el calentador.

El colector de escape exterior se mantiene frío; no se requieren disipadores de calor. Un regulador térmico y un bypass interno regulan el flujo de agua a través del intercambiador de calor para mantener la temperatura correcta en la salida. El panel de control del operador del calentador se encuentra ubicado en la parte superior del calentador.

Un sensor termistor electrónico de temperatura en la entrada del adaptador del colector, controla el funcionamiento del calentador.

Cuando la temperatura de la entrada del agua cae por debajo de la temperatura establecida en el control de operación, el controlador del quemador provee energía al ventilador de aire de combustión a través de una serie de enlaces de seguridad.

Estos enlaces de seguridad consisten en:

- Interruptor de presión (PS), el cual detecta que la bomba está funcionando.
- Interruptor de límite más alto (HLS), que se abre si la temperatura de la salida del intercambiador de calor sube sobre los 135° F (57° C).
- Interruptor de flujo de aire (AFS), el cual detecta la caída en la presión a través del orificio de medición de aire.
- Interruptor de apagado automático de gas (AGS), el cual se abre si la temperatura de la salida del intercambiador de calor sube sobre los 140° F (60° C).
- Sensor de hacinamiento en el conducto del humo (SFS), el cual apaga el calentador si la temperatura del gas en el conducto del humo alcanza los 500° F (260° C).

El interruptor de flujo de aire (AFS) detecta la caída en la presión a través del orificio de medición del aire. En cuanto hay suficiente flujo de aire, el AFS se cierra, cerrando el circuito hacia el encendido de superficie caliente (HSI), el cual inicia la mezcla de combustible. Cuando se requiere calor, el ventilador y el HSI reciben energía. En unos 20 segundos, la válvula de gas se abre y el equipo se enciende. Entonces el HSI cambia al modo de sensor y monitorea la llama.

El calentador está equipado con un control de operación digital que permite al usuario preestablecer las temperaturas deseadas en el agua de la piscina o spa. El control permite al usuario seleccionar entre calentar la piscina o el spa y tiene un visualizador digital que indica la temperatura del agua.

#### 4.3 Selección de la mejor alternativa.

Después de haber detallado específicamente las características de cada una de las alternativas propuestas incluidos las de los equipos actuales, se realizará la selección de la mejor alternativa en función de las condiciones más óptimas como son:

Capacidad calorífica, rendimiento térmico, consumo de gas, caudal, presión, temperatura y precio; entre lo más básico.

Tabla XII. Selección del calentador óptimo

<b>SELECCIÓN DE LOS CALENTADORES A GAS</b>				
<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>PENTAIR</b>	<b>RAYPACK</b>	<b>HAYWARD</b>	<b>ACTUAL</b>
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
<b>PRESION</b>	4 PSI	15 PSI	.....	10PSI
<b>CONSUMO DE GAS</b>	7 Kg/h	15 Kg/h	8,3Kg/h	7Kg/h
<b>CONSUMO ELECTRICO</b>	120V, 60Hz	240V, 60Hz	120V, 60Hz	120V
<b>CAUDAL</b>	40 - 120 GPM	60 - 120 GPM	25,4 - 125,3GPM	50 - 100 GPM
<b>PESO Y TAMAÑO</b>	120Kg	193,2Kg	138Kg	300Kg
<b>TEMPERATURAS</b>	MAX 57°C	máx. 40°C	40°C	30°C
<b>CAPAC. CALORIFICA</b>	400KBTU/h	624KBTU/h	400KBTU/h	311 KBTU/h
<b>PRECIO</b>	\$ 2.912	\$ 8.690	\$ 3.200	0
<b>RENDIMIENTO</b>	82%	80%	80%	54%
<b>DIAM. TUBERIAS</b>	2"	2"	2"	2"
<b>TOTAL (VALORACION)</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

De la tabla anterior se toma como resultado final elegir la alternativa que corresponde al calentador de marca PENTAIR, mismo que posee las mejores características respecto de las mismas características de las otras alternativas.

**4.4 Descripción de los cambios a realizarse**

**4.4.1 Calentadores de agua**

Para la instalación del calentador seleccionado (Pentair), se debe conocer el área y las instalaciones del cuarto de maquinas donde serán montados los equipos, así como cada una de las dimensiones y espacios disponibles. A continuación se muestra una figura del área mencionada.

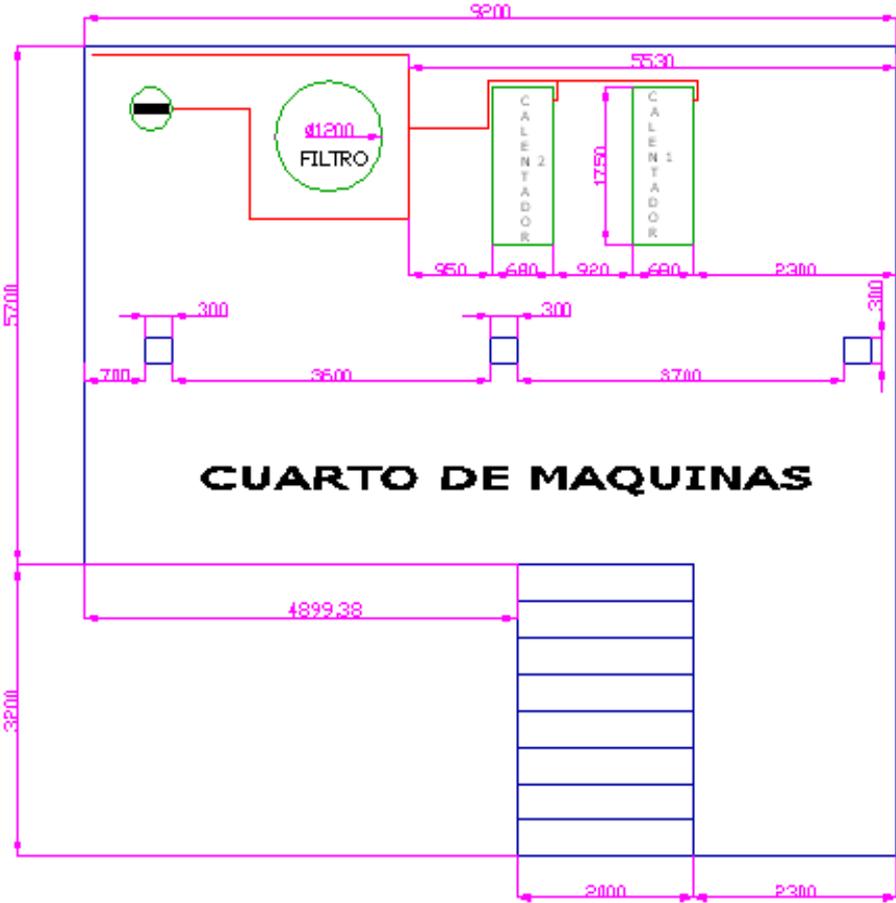


FIGURA 45. Dimensiones sala de máquinas



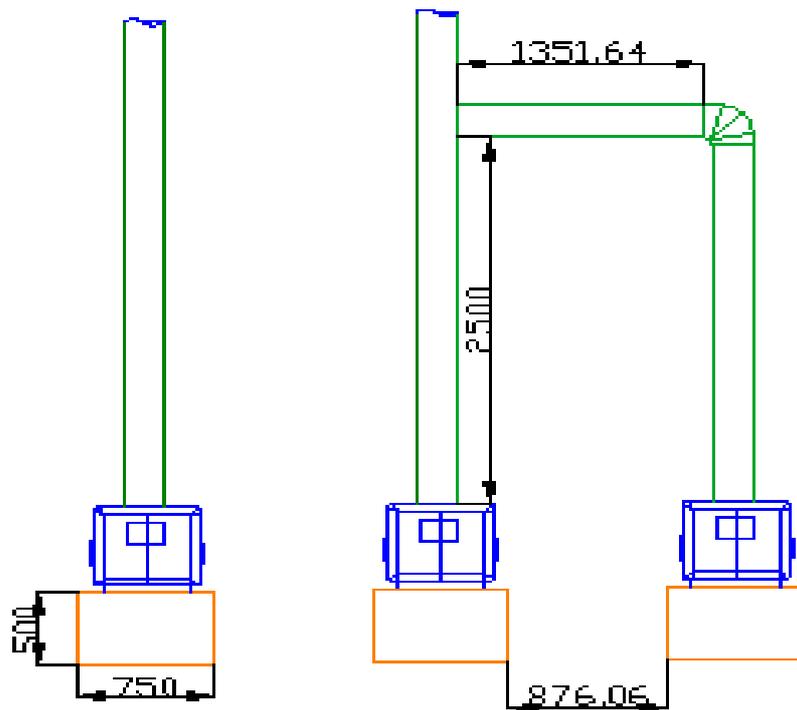


FIGURA 47. Detalle de las adaptaciones a realizarse.

Para instalar los calentadores debemos seguir estrictamente las instrucciones descritas en el manual del usuario. (VER ANEXO 15)

#### 4.4.2 Tipo de combustible

El combustible para el funcionamiento de los equipos seleccionados es gas (glp) que se adquiere en bombonas de 45 Kg, en la instalación actual se tiene dos centralinas de seis tanques cada una, por lo que se requiere aumentar una centralina para un tercer calentador, lo que influirá en el costo de la instalación. (Ver Análisis de costos, de la centralina)

### 4.4.3 Tuberías

Para realizar la instalación de los calentadores, se requerirá de tuberías galvanizada cedula 40 de diámetros de acuerdo a los cálculos realizados para el caudal. Estas tuberías son de 3", 2 1/2" y 2", respectivamente, estos diámetros se tomaron de acuerdo a los siguientes cálculos:

$$Q = A * V$$

Donde:

$Q = \text{caudal}$

$A = \text{área}$

$V = \text{volumen}$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

Donde:

$A = \text{área}$

$\pi = \text{constante (3,1416)}$

$d^2 = \text{diametro al cuadrado}$

$4 = \text{constante}$

Entonces para realizar nuestros cálculos utilizamos las ecuaciones anteriormente descritas.

Para:

$$Q = 150\text{GPM} = 9463.53 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

$$d = 3" = 7.62\text{cm}$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * (7.62\text{cm})^2}{4}$$

$$A = 45.60\text{cm}^2$$

$$Q = A * V$$

$$150\text{GPM} = 45.60\text{cm}^2 * V$$

$$V = \frac{9463.53 \text{ cm}^3/\text{s}}{45.60\text{cm}^2}$$

$$V = 207.53 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$V = 2.07 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Para:

$$Q = 100\text{GPM} = 6309.02 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

$$V = 207.53 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{6309.02 \text{ cm}^3/\text{s}}{207.53 \text{ m}/\text{s}}$$

$$A = 30.4\text{cm}^2$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 30.4cm^2}{\pi}}$$

$$d = 6.22cm \cong 2.5''$$

Para:

$$Q = 50GPM = 3154.51 \frac{cm^3}{s}$$

$$V = 207.53 \frac{m}{s}$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{3154.51 cm^3/s}{207.53 m/s}$$

$$A = 15.20cm^2$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 15.20cm^2}{\pi}} = 4.4cm \cong 2''$$

Con estos resultados las tuberías a utilizarse en la instalación de los calentadores son de diámetro 3", 2.5" y 2" respectivamente. Con estas tuberías se evitará que exista caída de presión en los calentadores manteniéndose la velocidad y el caudal constante será el mismo para los tres calentadores, esto es 50 GPM para cada uno, con lo cual se aprovechará al máximo a dichos calentadores.

Todas las tuberías serán adaptadas al sistema actual tanto en succión como en descarga de la piscina, y se montaran de acuerdo al siguiente diagrama.(VER ANEXO 16)

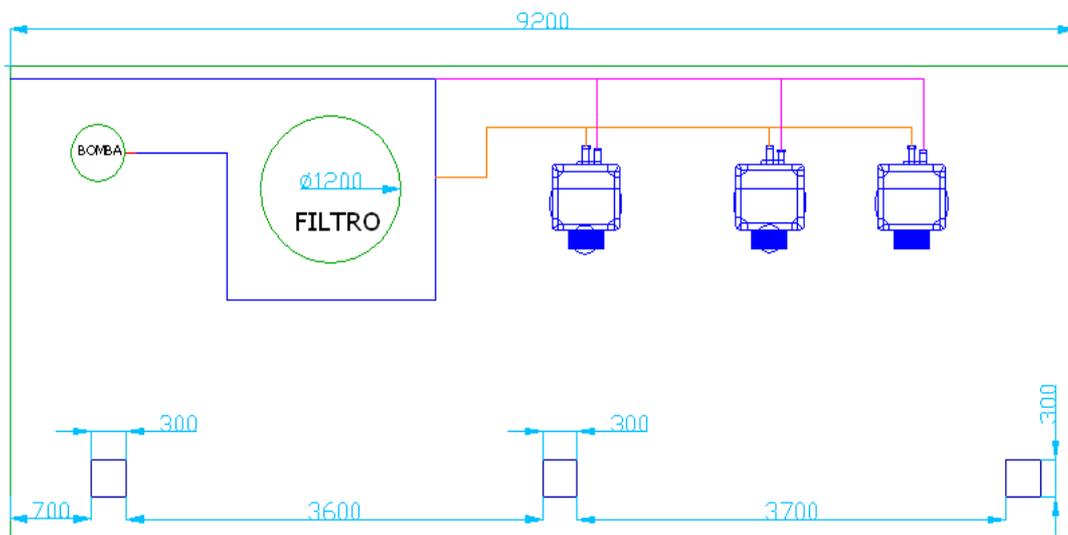


FIGURA 48. Distribución propuesta de los calentadores

#### 4.4.4 Válvulas y accesorios

Se instalarán válvulas de globo, una al ingreso y otra a la salida de cada uno de los calentadores, de la misma manera en la entrada y salida del sistema total de conexión (tuberías) de los calentadores. Así también como cada uno de los respectivos accesorios necesarios para completar la instalación como son: té, codos, universales, al menos un regulador de presión, todos estos adaptados y distribuidos como se muestra en la siguiente fig.

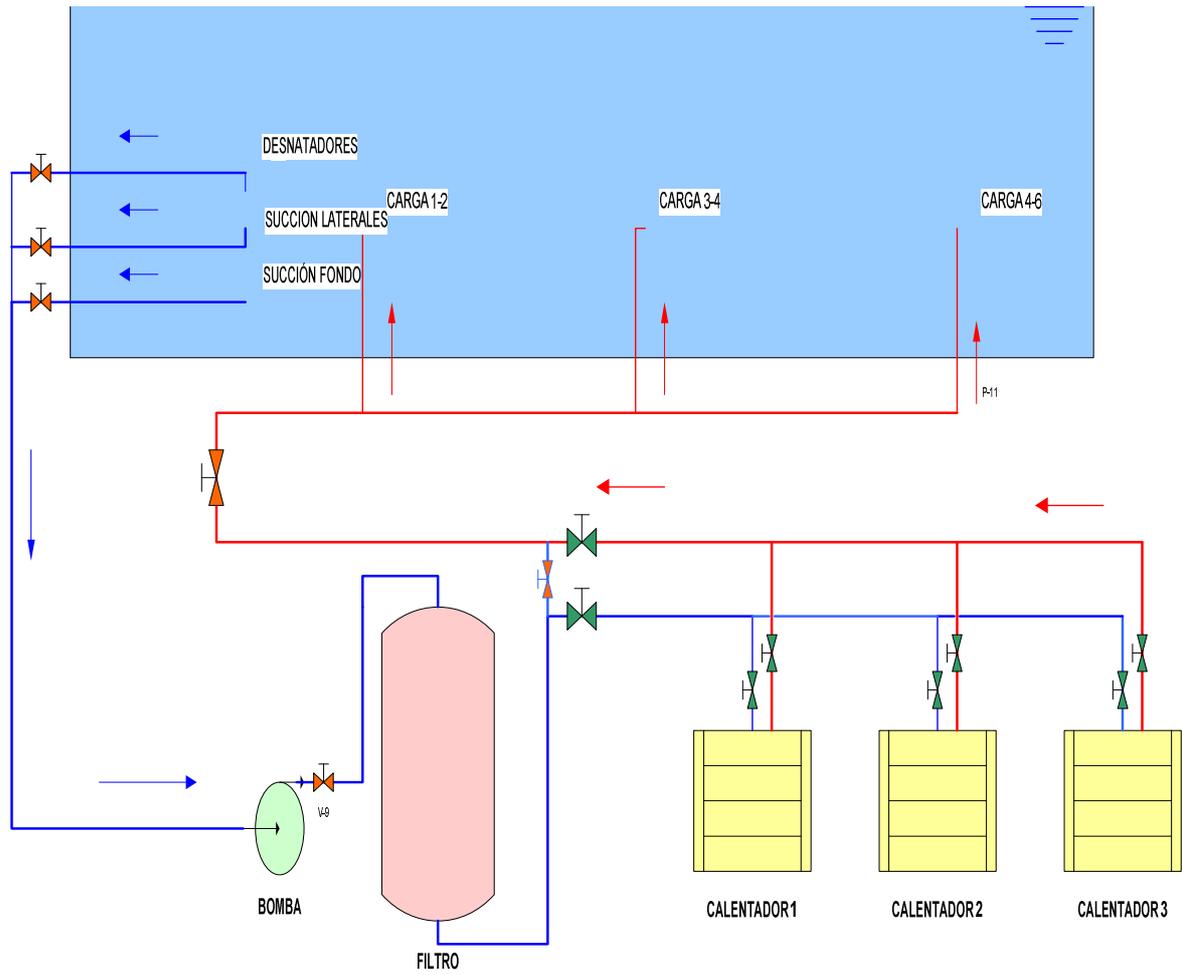


FIGURA 49. Esquema de la distribución de válvulas propuesto en el sistema

#### 4.4.5 Resumen de todos los equipos, accesorios y elementos a utilizarse en la nueva instalación.

Tabla XIII. Elementos a utilizarse en la instalación

<b>EQUIPOS</b>
Calentador Pentair
<b>INSTALACIONES</b>
Centralina (6 tanques)
Chimeneas
<b>ACCESORIOS</b>
<b>VALVULAS</b>
Válvulas de 3"
Válvulas de 2"
<b>CODOS</b>
De 3"
De 2"
<b>TEES</b>
De 3"
De 2,5"
De 2"
<b>REDUCCIONES</b>
De 3" a 2"
De 3" a 2,5"
De 2,5" a 2"
<b>UNIVERSALES</b>
De 3"
De 2"
De 2,5"
<b>TUBERIA</b>
De 3"
De 2"
De 2,5"

#### 4.4.6 Cálculos de la eficiencia propuesta para el nuevo sistema

##### 4.4.6.1 Consumo de gas

El consumo de gas de los calentadores propuestos de acuerdo al catalogo del fabricante es de 7Kg/h.

##### 4.4.6.2 Eficiencia Térmica

Para el cálculo de la eficiencia térmica de los calentadores propuestos se utilizará la siguiente ecuación:

$$Q = \dot{m} * C$$

Donde:

$Q = \text{calor entregado}$

$\dot{m} = \text{flujo másico del gas}$

$C = \text{poder calorifico del gas}$

$$Q = 7 \frac{Kg}{h} * 12000 \frac{Kcal}{Kg}$$

$$Q = 84000 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q = 328000 \frac{BTU}{h}$$

Con el poder calorífico del gas se procede a calcular la eficiencia.

$$\eta = \frac{328000BTU}{400000BTU}$$

$$\eta = 82\%$$

#### 4.4.6.3 Calor Aprovechado

A continuación se determinará el calor total que generan los calentadores a instalarse.

$$Q_A = Q_G * \eta$$

Donde:

$Q_A = \text{calor aprovechado}$

$Q_G = \text{calor generado}$

$\eta = \text{eficiencia}$

$$Q_A = 400000BTU * 0.82$$

$$Q_A = 328000BTU$$

Entonces:

$$Q_{TA} = Q_A * 3$$

Donde:

$Q_{TA} = \text{Calor total aprovechado}$

$$Q_{TA} = 328000BTU * 3$$

$$Q_{TA} = 984000BTU$$

#### 4.4.6.4 Tiempo de calentamiento

Finalmente calcularemos el tiempo necesario para recuperar el calor de la piscina y elevar la temperatura de 26°C a 28°C, utilizando los nuevos calentadores, para lo cual utilizamos la siguiente ecuación:

$$Q_A = V * \delta * C_{ag} * \frac{(T_f - T_i)}{t}$$

$$t = 534m^3 \left( 1000 \frac{Kg}{m^3} \right) \left( 1,16 \frac{wh}{Kg^\circ C} \right) \frac{(28 - 26)^\circ C}{288125w}$$

$$t \approx 5h$$

Entonces el tiempo aproximado en que se va a calentar la piscina es en 5 horas.

## CAPÍTULO V

### 5. ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA.

#### 5.1 Inversión

A continuación se realizará un detalle del costo total del proyecto, esto implica equipos, materiales, mano de obra; cotizados en enero de 2009.

Tabla XIV. Rubros de la nueva instalación

<b>INVERSION TOTAL</b>					
	<b>RUBROS</b>	<b>CANTIDA D</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>	
<b>COSTOS FIJOS</b>					<b>\$ 12.368,45</b>
	<b>EQUIPOS</b>				<b>\$ 11.510,00</b>
	Calentador Pentair	3	\$ 3.460,00	\$ 10.380,00	
	<b>INSTALACIONES</b>			\$ 0,00	
	Centralina (6 tanques)	1	\$ 530,00	\$ 530,00	
	Chimeneas	3	\$ 200,00	\$ 600,00	
	<b>ACCESORIOS</b>				<b>\$ 858,45</b>
	VALVULAS				
	Válvulas de 3"	1	\$ 35,00	\$ 35,00	
	Válvulas de 2"	8	\$ 30,00	\$ 240,00	
	CODOS				
	De 3"	2	\$ 5,25	\$ 10,50	
	De 2"	4	\$ 3,38	\$ 13,52	
	TEES				
	De 3"	1	\$ 5,88	\$ 5,88	
	De 2,5"	1	\$ 4,20	\$ 4,20	
	De 2"	2	\$ 3,38	\$ 6,76	
	REDUCCIONES				
	De 3" a 2"	1	\$ 4,90	\$ 4,90	
	De 3" a 2,5"	1	\$ 3,20	\$ 3,20	
	De 2,5" a 2"	2	\$ 2,60	\$ 5,20	
	UNIVERSALES				
	De 3"	5	\$ 5,25	\$ 26,25	
	De 2"	20	\$ 4,78	\$ 95,60	
	De 2,5"	2	\$ 3,26	\$ 6,52	
	TUBERIA				
	De 3"	1	\$ 85,00	\$ 85,00	
	De 2"	3	\$ 78,64	\$ 235,92	
	De 2,5"	1	\$ 80,00	\$ 80,00	
<b>COSTOS VARIABLES</b>					<b>\$ 1.050,00</b>
	<b>MATERIALES</b>	0	\$ 0,00	\$ 0,00	<b>\$ 150,00</b>
	Teflón	40	\$ 0,25	\$ 10,00	
	Permatex	15	\$ 2,00	\$ 30,00	
	Silicón Rojo	5	\$ 4,00	\$ 20,00	
	Soportes	6	\$ 15,00	\$ 90,00	
	<b>MANO DE OBRA</b>	1	\$ 850,00	\$ 850,00	<b>\$ 850,00</b>
	<b>TRANSPORTE</b>	1	\$ 50,00	\$ 50,00	<b>\$ 50,00</b>
	<b>C.FIJOS+C.VARIABLE S</b>				<b>\$ 13.418,45</b>
			<b>TOTAL</b>		

#### 5.2 Comparación técnica

### 5.2.1. Calor generado

El calor generado es la cantidad de energía que aporta un proceso donde actúan el movimiento de varias moléculas y partículas que forman la materia.

Luego de los estudios técnicos realizados se determina el rendimiento térmico de los calentadores actuales así como también de los calentadores propuestos, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla XV. Comparación de Capacidad Calorífica

Capacidad Calorífica (BTU)			
Variables	Valor		Localización de datos
	Generado	Aprovechado	
Calentador Actual	310322,7	165808,23	Cap. 3.2.6.2 Calor utilizado por el agua
Calentador Propuesto	400000	328000	Cap. 4.4.6.2 Calculo Eficiencia térmica
Diferencia	89677,3	162191,77	

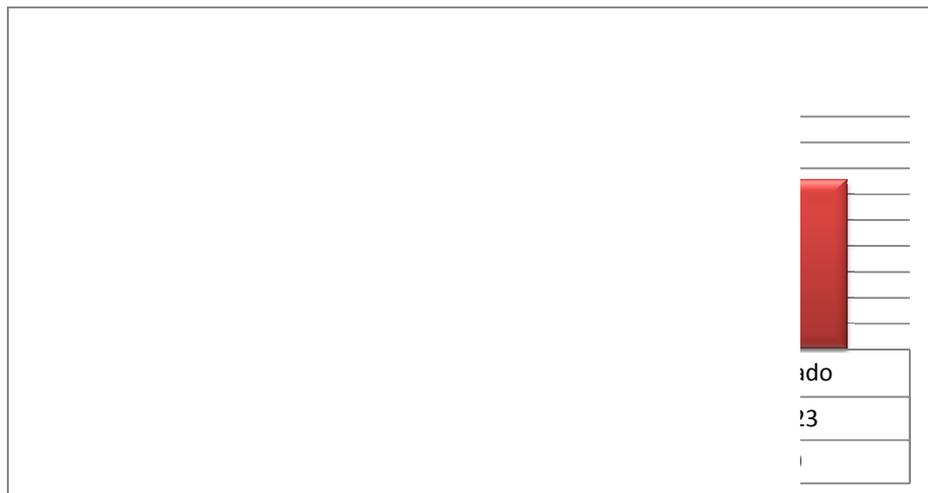


FIGURA 50. Gráfico de la comparación del calor generado



FIGURA 51. Porcentajes de calor aprovechado

Con los datos de la tabla anterior se demuestra la diferencia de la situación actual frente a lo propuesto, obteniendo como resultado 162191.77BTU más de calor aprovechado con los nuevos equipos de calentamiento.

### 5.2.2. Eficiencia

El rendimiento térmico o eficiencia de una máquina térmica es una magnitud de proceso y adimensional, definida como el cociente de la energía que deseamos obtener de dicha máquina y la energía que se debe transferir para su funcionamiento. Se designa con la letra griega  $\eta$ .

Tabla XVI Eficiencia de los calentadores

<b>Eficiencia</b>		
<b>Variables</b>	<b>Valor %</b>	<b>Localización de datos</b>
Calentador Actual	54%	Eficiencia del calentador
Calentador Propuesto	82%	Eficiencia Térmica
<b>DIFERENCIA</b>	<b>28%</b>	

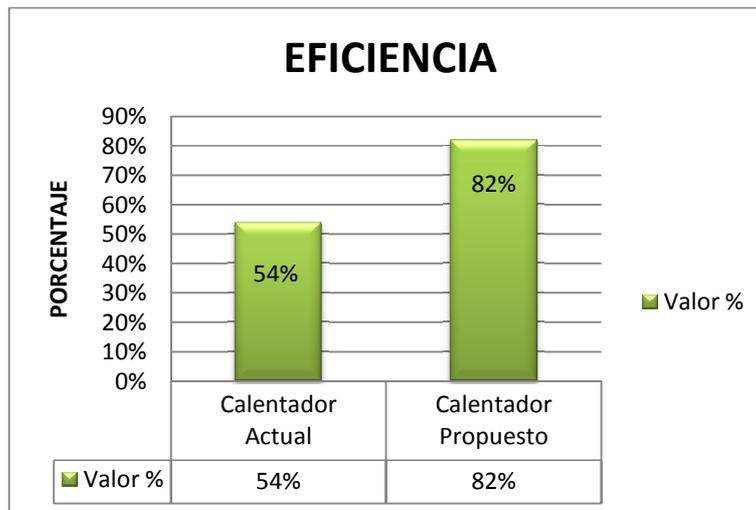


FIGURA 52. Comparación de la eficiencia de los calentadores

### 5.2.3. Tiempo de calentamiento

Para lograr elevar la temperatura del agua de la piscina 2 °C, diferencia de temperatura que equivale a la cantidad de calor que requiere recuperarse y para mantenerse a 28°C, se necesita de un tiempo para lograr este objetivo. Además cabe indicar que la variable tiempo de calentamiento es determinante en el momento de considerar el consumo de gas.

Tabla XVII. Tiempo de calentamiento

<b>Tiempo de calentamiento</b>			
<b>Variables</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b><math>\Delta T</math> (°C)</b>	<b>Localización de datos</b>
Calentador Actual	13	2	Datos Experimentales Anexo 10
Calentador Propuesto	5	2	Tiempo de calentamiento
Diferencia	8	-	



FIGURA 53. Tiempo de calentamiento de los calentadores

#### 5.2.4. Consumo de combustible

Analíticamente el consumo de combustible que se requiere al usar los nuevos calentadores en un día de calentamiento; considerando las variables: gasto másico, el tiempo de calentamiento y además tomando en cuenta que las bombonas de gas utilizadas actualmente son de 45Kg, instaladas en una centralina de seis entradas para cada uno de los calentadores.

##### Consumo de Combustible del Calentador actual

$$C_Q = \dot{m} * t * n$$

Donde:

$C_Q$  = Consumo total de combustible

$\dot{m}$  = Gasto másico del gas

$t$  = Tiempo de calentamiento

$n$  = numero de calentadores

Entonces:

$$C_Q = \dot{m} * t * n$$

$$C_Q = 7 \frac{kg}{h} * 13h * 2$$

$$C_Q = 182Kg$$

$$C_Q = \frac{182Kg}{45Kg}$$

$$C_Q = 4.01tanques$$

Conociendo que en una semana se realiza el proceso de calentamiento durante cuatro días, entonces el consumo semanal será el siguiente:

$$C_{semanal} = C_Q(4)$$

$$C_{semanal} = 182Kg(4)$$

$$C_{semanal} = 728Kg$$

$$C_{semanal} = \frac{728Kg}{45Kg}$$

$$C_{semanal} = 16,17 tanques$$

#### Consumo de combustible de los calentadores propuestos

$$C_Q = \dot{m} * t * n$$

Donde:

$C_Q$  = Consumo total de combustible

$\dot{m}$  = Gasto másico del gas

$t$  = Tiempo de calentamiento

$n$  = numero de calentadores

Entonces:

$$C_Q = \dot{m} * t * n$$

$$C_Q = 7 \frac{kg}{h} * 5h * 3$$

$$C_Q = 105Kg$$

$$C_Q = \frac{105Kg}{45Kg}$$

$$C_Q = 2.33 \text{ tanques}$$

Conociendo que en una semana se realiza el proceso de calentamiento durante cuatro días, entonces el consumo semanal será el siguiente:

$$C_{semanal} = C_Q(4)$$

$$C_{semanal} = 105Kg(4)$$

$$C_{semanal} = 420Kg$$

$$C_{semanal} = \frac{420Kg}{45Kg}$$

$$C_{semanal} = 9.33 \text{ tanques}$$

Tabla XVIII. Resumen del consumo de combustible de los calentadores

Consumo de combustible				
	1 día		1 semana	
Variables	Consumo (Kg)	Consumo tanques	Consumo (Kg)	Consumo tanques
Calentador Actual	182	4,01	728	16,17
Calentador Propuesto	105	2,33	420	9,33
Ahorro	77	1.68	308	6.84

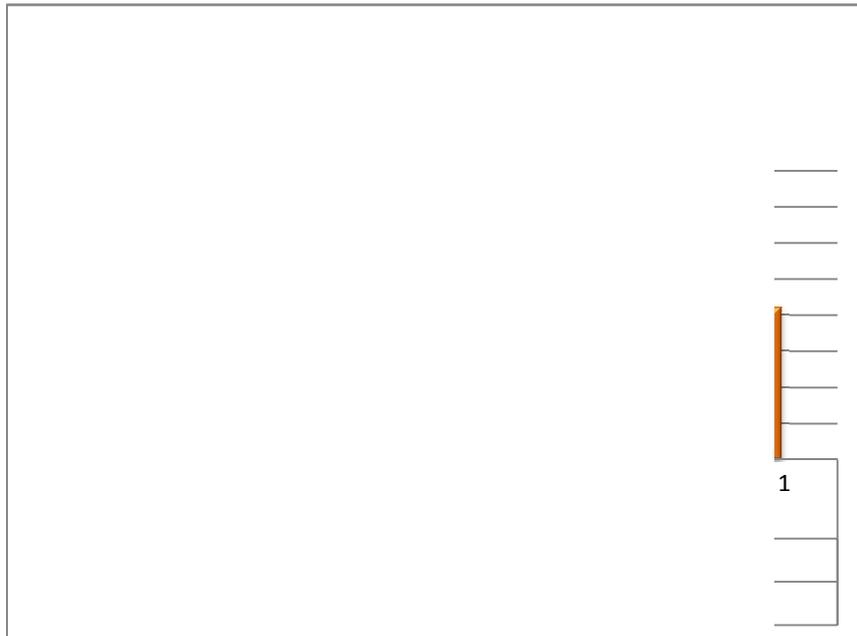


FIGURA 54. Consumo de gas en Kg

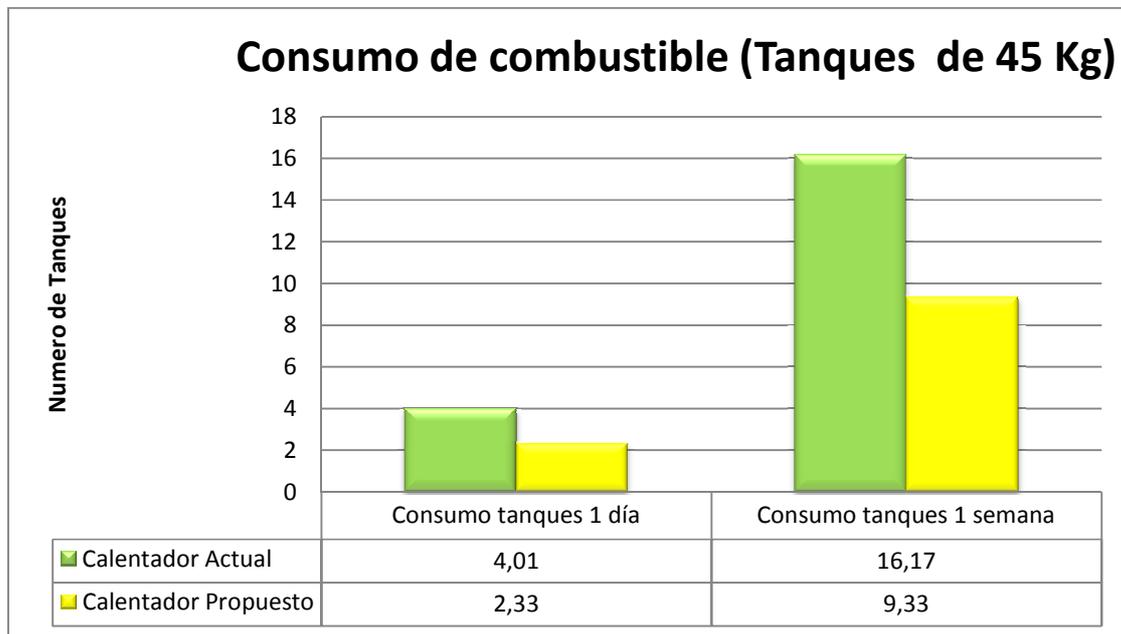


FIGURA 55. Consumo de gas en Tanques de 45Kg

La tabla y gráficos que anteceden nos muestran claramente que el consumo de combustible de los calentadores propuestos es inferior en 77Kg equivalente a 1.68 tanques con respecto a los calentadores actuales.

### 5.2.5. Mantenimiento

Los calentadores propuestos de acuerdo al catálogo tienen elementos de fácil manipulación y otros semiautomáticos por lo que facilitan su operación así como las actividades de mantenimiento preventivo, cabe recalcar también que dichos equipos son nuevos y por tal motivo se evitará mantenimiento correctivo a corto plazo. A diferencia de los calentadores actuales que como ya se conoce requieren muy frecuentemente actividades de mantenimiento preventivo y sobre todo correctivo, esto debido a su deterioro físico y su baja eficiencia sumándole también que son equipos que datan de hace veinte años

### 5.2.6 Comparación técnica del Consumo Eléctrico

Uno de los factores que influyen directamente en los gastos es la energía eléctrica, razón por la cual también se analizará el consumo de esta energía en los calentadores.

#### Calentadores Actuales

Se detallará a continuación el consumo eléctrico diario en el sistema de calentamiento, lo que comprende la bomba y los quemadores de los calentadores.

Potencia de la bomba: 15HP  $\Rightarrow$  11,18Kw

*Consumo Elec = Potencia \*horas trabajadas*

*Consumo Elec = 11.18Kw \* 13h*

*Consumo Elec = 145.34Kwh*

Consumo eléctrico quemadores: 3,02Amp  $\Rightarrow$  0,664Kw

*Consumo Elec = Potencia \*horas trabajadas\* n quemadores*

*Consumo Elec = 0.664Kw \* 4h\* 2*

*Consumo Elec = 5.3 Kwh*

*Consumo Total = 150.64 Kwh*

#### Calentadores Propuestos

Potencia de la bomba: 15HP  $\Rightarrow$  11,18Kw

*Consumo Elec = Potencia \*horas trabajadas diariamente*

*Consumo Elec = 11.18Kw \* 8,4h*

*Consumo Elec = 93.91Kwh*

Consumo eléctrico calentadores (1 calentador) : 15Amp  $\Rightarrow$  1.8Kw

*Consumo Elec = Potencia \*horas trabajadas\*n calentadores*

*Consumo Elec = 1.8Kw \* 5h\*3*

*Consumo Elec = 27 Kwh*

Consumo Total = 120.91 Kwh

Tabla XIX. Consumo eléctrico

Consumo Eléctrico	
Variables	kwh
Calentador Actual	150,69
Calentador Propuesto	120,91
Diferencia	29.78

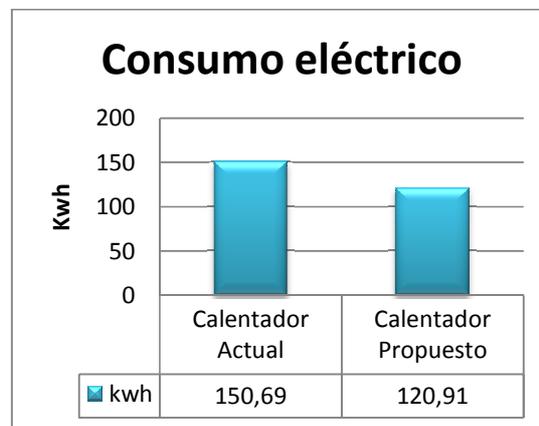


FIGURA 56. Comparación consumo eléctrico



FIGURA 57. Porcentaje de la diferencia de consumo eléctrico

### 5.3 Comparación económica

Para concluir con el estudio técnico – económico se realizará un análisis de los ingresos así como de los gastos operativos que se realizan anualmente en el complejo de la piscina, tomando en cuenta detalladamente cada uno de los valores expresados en las cuentas y roles de pago.

Además se calculara el costo de los suministros como son el consumo eléctrico y de gas, anualmente.

#### 5.3.1 Comparación económica del consumo de gas

##### Consumo de gas calentador actual

Datos:

4.01 tanques por día (dos calentadores)

Costo comercial del gas GLP : \$35

*Costo anual consumo de gas = total tanques x tiempo un año x costo cada tanque*

*Costo anual de gas = 4.01 tanques x 4 d x 4 sem x 12 meses x 35 USD*

*Costo anual de gas = 26947.2 USD*

Consumo de gas calentador propuesto

Datos:

2.33 tanques por día ( tres calentadores)

Costo comercial del gas GLP : \$35

*Costo anual consumo de gas = total tanques x tiempo un año x costo cada tanque*

*Costo anual de gas = 2.33 tanques x 4 d x 4 sem x 12 meses x 35 USD*

*Costo anual de gas = 15657.6 USD*

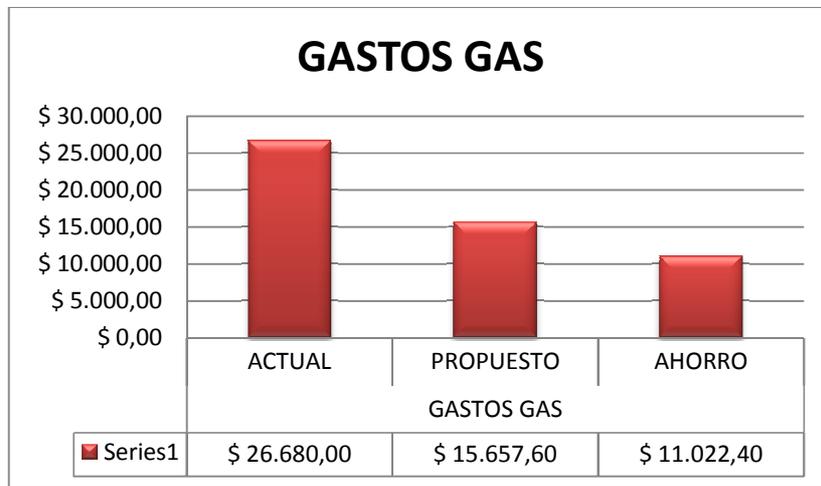


FIGURA 58. Gasto en gas

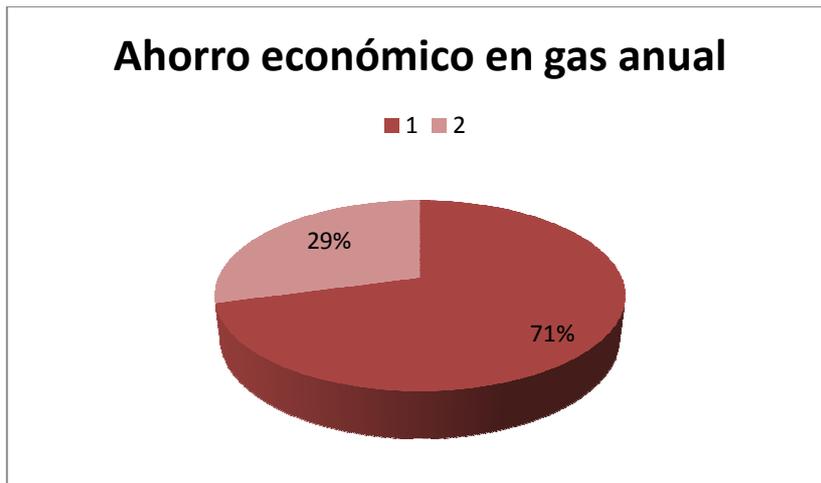


FIGURA 59. Porcentajes del consumo de gas

### 5.3.2 Comparación económica del consumo eléctrico

#### Consumo eléctrico anual calentador actual

Datos :

Consumo eléctrico diario : 150.69 Kwh

Costo del Kwh: 0.072USD (Fuente: ver anexo 11)

*Costo total= Consumo eléctrico x costo del Kwh x 365 días*

*Costo total = 150.69Kwh x \$ 0.072 x 365*

*Costo total = \$ 3960.13*

#### Consumo eléctrico anual calentador propuesto

Consumo eléctrico diario : 120.91 Kwh

Costo del Kwh: 0.072USD (Fuente: ver anexo 11)

*Costo total= Consumo eléctrico x costo del Kwh x 365 días*

*Costo total = 120.91Kwh x \$ 0.072 x 365*

*Costo total = \$ 3177.51*

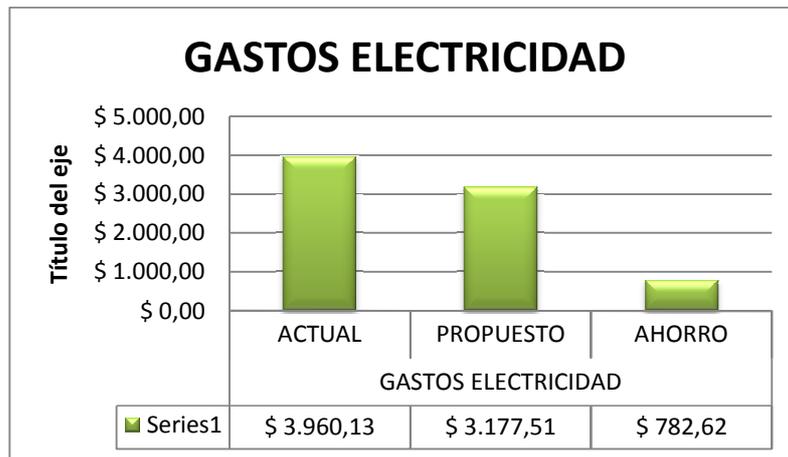


FIGURA 60. Gastos en energía eléctrica

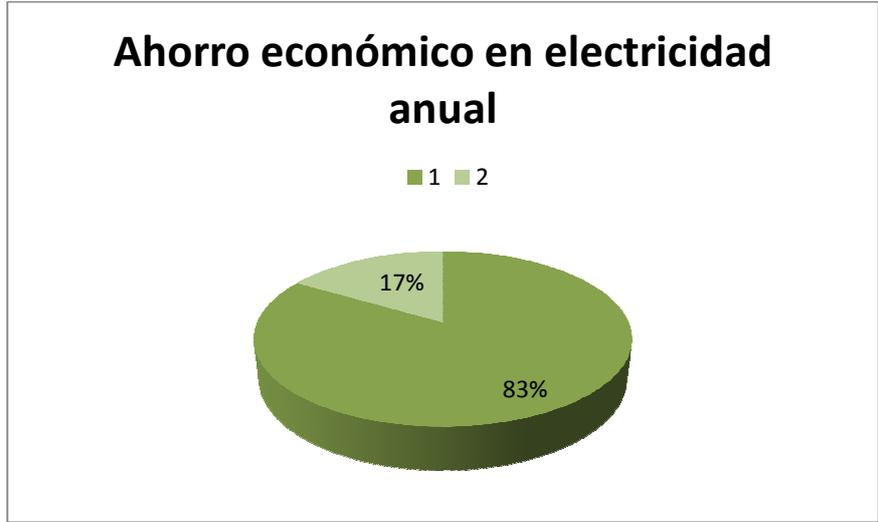


FIGURA 61. Porcentaje del consumo eléctrico

#### 5.4 Evaluación económica de la inversión

A través del análisis económico de la inversión se determinará la contribución de la propuesta a la economía de la Unidad de Producción (piscina ESPOCH).

##### 5.4.1 Período de recuperación de la inversión

El período de recuperación de capital nos permite determinar en qué tiempo se recuperara la inversión realizada, y para dicho estudio se requiere del ingreso neto o utilidad neta anual de la Unidad de Producción, el cual implica conocer los ingresos brutos y los gastos.

Tabla XX. Ingresos económicos anuales

MES	DISCAPACITADOS		ESTUD. POLITECNICOS		NIÑOS		PARTICULARES		POLITECNICOS		TERCERA EDAD		TOTAL	
	CANTIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR
ENERO	9	\$ 13,00	713	\$ 713,00	507	\$ 887,25	1275	\$ 3.825,00	91	\$ 182,00	74	\$ 111,00	2669	\$ 5.731,75
FEBRERO	16	\$ 24,00	766	\$ 766,00	728	\$ 1.274,00	1435	\$ 4.305,00	150	\$ 300,00	81	\$ 121,50	3176	\$ 6.790,50
MARZO	10	\$ 15,00	909	\$ 909,00	896	\$ 1.568,00	1828	\$ 5.484,00	153	\$ 306,00	84	\$ 126,00	3880	\$ 8.408,00
ABRIL	15	\$ 22,50	1080	\$ 1.080,00	595	\$ 1.041,25	1379	\$ 4.137,00	121	\$ 242,00	86	\$ 129,00	3276	\$ 6.651,75
MAYO	10	\$ 15,00	1032	\$ 1.032,00	773	\$ 773,00	1794	\$ 5.382,00	109	\$ 218,00	91	\$ 136,50	3809	\$ 8.136,25
JUNIO	9	\$ 13,50	911	\$ 911,00	579	\$ 1.013,25	1766	\$ 5.298,00	102	\$ 204,00	81	\$ 121,50	3448	\$ 7.564,25
<b>TOTAL</b>	<b>69</b>	<b>\$ 103,00</b>	<b>5411</b>	<b>\$ 5.411,00</b>	<b>4078</b>	<b>\$ 6.556,75</b>	<b>9477</b>	<b>\$ 28.431,00</b>	<b>726</b>	<b>\$ 1.452,00</b>	<b>497</b>	<b>\$ 745,50</b>	<b>20258</b>	<b>\$ 43.282,50</b>

<b>PROMEDIO</b>	\$ 7.213,75
JULIO	\$ 7.718,71
AGOSTO	\$ 8.259,02
SEPTIEMBRE	\$ 8.837,15
OCTUBRE	\$ 9.455,75
NOVIEMBRE	\$ 10.117,66
DICIEMBRE	\$ 10.825,89
<b>SUMA</b>	<b>\$ 55.214,19</b>
<b>PROYECCIÓN ANUAL TOTAL</b>	<b>\$ 98.496,69</b>

Tabla XXI. Resumen de gastos anuales en el complejo de la piscina (Anexo 17)

<b>GASTOS</b>		
<b>DETALLE</b>	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTO</b>
Repuestos y accesorios	\$ 2.312,97	\$ 1.000,00
Material de Aseo	\$ 1.421,61	\$ 1.421,61
Otros bienes de uso y consumo	\$ 1.944,68	\$ 1.944,68
Productos químicos	\$ 4.110,00	\$ 4.110,00
Sueldos y salarios	\$ 27.104,04	\$ 27.104,04
Gas	\$ 26.680,00	\$ 15.657,60
Consumo Eléctrico	\$ 3.960,13	\$ 3.177,51
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 67.533,43</b>	<b>\$ 54.415,44</b>

Tabla XXII. Ingreso Neto

INGRESOS BRUTOS	\$ 98.496,69
EGRESOS O GASTOS	\$ 54.415,44
INGRESO NETO	\$ 44.081,25

$$PRC = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ingreso Neto}}$$

$$PRC = \frac{\$ 13418,45}{\$ 44081,25}$$

$$PRC = 0.36 \text{ año}$$

El tiempo en el cuál se recuperará la inversión realizada es de 5 meses aproximadamente.

#### 5.4.2 Relación Costo Beneficio

Tabla XXIII. Relación costo beneficio

Tasa de Interés del capital 6% anual		Beneficio Anual de la Inversión	
Capital	\$ 13.418,45	Capital	\$ 13.418,45
Total Anual	\$ 14223,56	Total anual	\$ 26596,44

Desde el punto de vista económico se justifica la inversión proyectada debido a que la relación costo beneficio que se dará como consecuencia de la compra e implementación de

los calentadores, nos muestra que es más rentable utilizar este dinero adquiriéndolos en lugar de invertir en una entidad financiera, dándome como resultado un ahorro anual de \$13117,99 en lugar de obtener una utilidad de \$ 805,11.

El ahorro anual de acuerdo a los resultados del análisis económico anterior el implementar los nuevos equipos implica gastos en combustible en combustible y energía eléctrica.

Tabla XXIV. Ahorro económico anual con la nueva inversión

DETALLE	ACTUAL	PROPUESTO	AHORRO
Repuestos y accesorios	\$ 2.312,97	\$ 1.000,00	\$ 1.312,97
Material de Aseo	\$ 1.421,61	\$ 1.421,61	
Otros bienes de uso y consumo	\$ 1.944,68	\$ 1.944,68	
Productos químicos	\$ 4.110,00	\$ 4.110,00	
Sueldos y salarios	\$ 27.104,04	\$ 27.104,04	
Gas	\$ 26.680,00	\$ 15.657,60	\$ 11.022,40
Consumo Eléctrico	\$ 3.960,13	\$ 3.177,51	\$ 782,62
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 67.533,43</b>	<b>\$ 54.415,44</b>	<b>\$ 13.117,99</b>

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- Se ha realizado el estudio técnico – económico de los calentadores utilizados en la piscina de la ESPOCH, analizando un sinnúmero de variables tomadas analítica y experimentalmente mismas que han sido determinantes en los cálculos y por consiguiente en los resultados.
- Se determinó que la eficiencia de los calentadores actuales es del 54%.
- Los equipos actuales necesitan ser reemplazados por cuanto están trabajando a la mitad de su capacidad, provocando que los costos de operación , mantenimiento y consumo de combustible son elevados por causa de su mal estado, estableciendo que el consumo de gas en el sistema actual es de 4,01 tanques por día de calentamiento o sea (12horas).
- El alto consumo de gas y la baja eficiencia en el calentamiento se debe también al tiempo de servicio (20 años) que tiene los equipos en los cuales se observó deterioro en los elementos de transferencia de calor y en componentes externos como tuberías, provocando gastos frecuentes en repuestos y accesorios.
- Para mejorar la eficiencia en el sistema de calentamiento de agua de la piscina, se han seleccionado 3 equipos de excelente rendimiento (82%) y bajo costo de operación, lo que garantiza un mejor aprovechamiento de la energía y el combustible, consumiendo 2,33 tanques diarios por calentamiento.
- El tiempo de calentamiento con los equipos seleccionados se logro disminuir hasta en 7 horas en comparación con el actual.

- Las nuevas adaptaciones permitirán disminuir los gastos en combustible en un 29% anual respecto al consumo actual, la energía eléctrica en un 17% así como también gastos de mantenimiento y operación, permitiéndonos ahorrar anualmente un total de \$13117,99
- Para realizar el cambio de los equipos, se requiere de una inversión de \$13418.45
- El tiempo en el cuál se recuperará la inversión realizada es de 5 meses aproximadamente.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- Cambiar los calentadores actuales, vista las condiciones analizadas
- Realizar varias adaptaciones en el sistema de calentamiento con el fin de obtener el rendimiento deseado de los equipos nuevos.
- Capacitar al personal de mantenimiento y operación en el funcionamiento y manejo de los equipos de acuerdo a lo estipulado en el manual de mantenimiento de los equipos expuestos en el ANEXO 14
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo, para cautelar un mejor tiempo de prestación de servicio de los equipos.
- Mantener en stock un kit de repuestos de los calentadores, para evitar paros en el regular funcionamiento del calentamiento.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- CENGEL, Y.A. Transferencia de Calor. 5ta.ed. México: McGrawHill, 2003
- DONALD, Kern. Procesos de Transferencia de Calor. 2da.ed. México: CECSA, 1965
- KARLEKAR, B.V, Transferencia de Calor. 2da.ed. México: Editorial Interamericana, 1985
- HARO, M. Texto Básico de Instrumentación Industrial, 2007

## LINKOGRAFÍA

- INTERCAMBIADORES DE CALOR  
<http://personales.ya.com/universal/TermoWeb/IngenieriaTermica/teoría/PDFs/17.pdf>  
2008-12-18
- PÉRDIDAS DE CALOR EN UNA PISCINA  
[http://www.ciatesa.es/data/documentos\\_tecnicos/public/2005-1128\\_Climatizacion\\_piscinas\\_cubiertas.pdf](http://www.ciatesa.es/data/documentos_tecnicos/public/2005-1128_Climatizacion_piscinas_cubiertas.pdf)  
2008-12-10
- PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS PANELES SOLARES  
<http://euroeko.sopa.net/qsomos.html>  
2009-01-13
- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS CALENTADORES RAYPACK  
<http://www.raypak.com/poolframe.htm>  
2009-01-13

