

Calentamiento de una piscina de pequeña capacidad utilizando una bomba de calor

Heating a small capacity pool using a heat pump

Gustavo Martínez Laporta¹

Leopoldo Scheneider²

Nelson Nuñez³

Artículo Recibido: 15/05/2017

Aceptado para Publicación: 24/07/2017

Resumen: Durante muchos años, los sistemas de calefacción de piscinas se limitaron a los calentadores eléctricos, quemadores de gas o diésel. Estos sistemas eran grandes caros y tenían una eficiencia energética muy baja. Debido a este inconveniente se comenzaron a introducir las bombas de calor, debido a su costo, eficiencia y bajo consumo de energía eléctrica. La elaboración de este trabajo consiste esencialmente en calcular y fabricar un intercambiador de calor para una piscina de pequeña capacidad que puedan ser utilizados principalmente en invierno donde las temperaturas son muy bajas. La idea de este proyecto es realizar un estudio comparativo del equipo importado utilizado en el mercado nacional, con otro elaborado y fabricado por el equipo de trabajo a fin de verificar el costo y beneficio a ser obtenido. Fueron realizados los cálculos para la fabricación y montaje del prototipo detallando los pasos a seguir, realizando las mediciones respectivas con el fin de obtener los datos necesarios del tiempo de calentamiento de dicho artefacto. Siendo la idea principal de este proyecto demostrar su factibilidad de fabricación y montaje de este intercambiador con el fin de realizar su respectiva comercialización en el mercado nacional.

Palabras Claves: Piscina—Calentamiento-Bomba de calor-

Abstract: For many years, pool heating systems were limited to electric heaters, gas or diesel burners. These systems were very expensive and had very low energy efficiency. Due to this inconvenience, the heat pumps were not introduced due to their cost, efficiency and low power consumption. The elaboration of this work consists essentially in calculating and manufacturing a heat exchanger for a small capacity pool that can be used mainly in winter where temperatures are very low. The idea of this project is to carry out a comparative study of the imported equipment used in the national market, with another one elaborated and manufactured by the work team in order to verify the cost and benefit to be obtained. Calculations were made for the manufacture and assembly of the prototype detailing the steps to be taken, making the respective measurements in order to obtain the necessary data of the heating time of said artefact. Being the main idea of this project to demonstrate its feasibility of manufacture and assembly of this exchanger in order to carry out its respective commercialization in the national market.

Key words: Pool-Heating-Heat Pump

¹ Ingeniero, Docente Investigador de la Universidad Americana Email: gulap2@hotmail.com

² Ingeniero, Universidad Americana Email: leopoldoscheneider@gmail.com

³ Ingeniero, Universidad Americana Email: nedanuca@hotmail.com

INTRODUCCION

A finales del siglo V a. C. las antiguas estancias de baño asociadas a los gimnasios griegos se perfeccionaron y crecieron en complejidad, convirtiéndose en estancias independientes destinadas sólo al baño. Estas estancias ofrecían baños de vapor y piscinas frías, templadas y calientes

En Roma, siguiendo el ejemplo griego, se construyeron estancias similares que pronto fueron del gusto de la ciudadanía. Ya no solo se realizaban los actos de limpieza y relajación, así como aquellos medicinales cuando las aguas tenían propiedades curativas, sino que se añadía un cuidado del cuerpo que incluía prácticas deportivas y un ritual de masajes con diferentes sustancias como esencias y aceites especiales.

Con el transcurrir del tiempo para el calentamiento de piscinas se utilizaban calentadores eléctricos o quemadores a gas o a combustible.

Pero debido al alto costo en lo que se refiere a consumo energético fueron sustituidos por bombas de calor que poseen una mayor eficiencia energética en su utilización.

Estos intercambiadores de calor tienen una mejor eficiencia en lo que se refiere al proceso termodinámico, pudiendo aumentar la temperatura de la piscina en cualquier época del año.

Además el costo y facilidad de mantenimiento es mucho más sencillo, siendo su principio de funcionamiento se basa en el bombeo de calor a través de un ciclo de refrigeración, utilizando para dicho efecto una bomba de calor de forma a eliminar el calor del aire y transferirlo a la piscina.

Los equipos importados que actualmente se comercializan en el mercado nacional son caros y con la fabricación y montaje del equipo se busca reducir su precio y pueda ser vendido a un precio más accesible en el mercado del país

Los procesos de la fabricación y montaje del intercambiador de calor se detallarán en este proyecto a fin de visualizar y realizar un estudio de factibilidad del prototipo.

Objetivo general

Proyectar y calcular un intercambiador de calor de tubo de acero inoxidable para una piscina de pequeña capacidad utilizando para ello una bomba de calor.

Objetivos específicos: Desarrollar un prototipo de un intercambiador de calor utilizando una bomba de calor; Calcular y montar el intercambiador de calor utilizando una bomba de calor; Describir y detallar los diferentes procesos en la fabricación y montaje de la bomba de calor; Realizar ensayos del prototipo efectuando las mediciones de temperatura y caudal durante el calentamiento en la piscina; Realizar un estudio de costo a fin de compararlos con otro equipo fabricado en el exterior

METODOLOGIA

Esta investigación presenta un enfoque cualitativo del tipo experimental basados en la recolección de datos, planteando un estudio delimitado y concreto. Se ha planteado el problema de estudio realizando una revisión de la literatura utilizada. A fin de visualizar mejor el trabajo, se decidió dividirlo en 2 partes: La primera parte consistió en calcular y dimensionar los principales parámetros, a ser utilizados en la fabricación y construcción de nuestro equipo. La segunda parte se apoyó en un procedimiento netamente experimental, basado principalmente en la fabricación y construcción de nuestro prototipo.

Cálculo y dimensionamiento de los principales componentes

La primera etapa se inició con un estudio de las características principales a ser tenidos en cuenta para el proyecto de la piscina.

Se optó por una piscina del tipo residencial, por tener un presupuesto más reducido en lo que se refiere a la adquisición del prototipo.

Hay múltiples sistemas de cálculo de las pérdidas energéticas, tanto por procedimiento manuales como informáticos, siendo el más aceptados el métodos ASHRAE (American Society Of Heating Refrigerating And Air Conditioning Engineers), es un método bastante avanzado y preciso, pero también muy complejo y largo.

Por este motivo vamos a centrarnos en un método mucho más sencillo para la realización de los cálculos. Este procedimiento que solo tiene en cuenta unos factores menos complejos, se basa en el pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperaturas, del Instituto para la Diversificación y Ahorro de las Energías, Madrid (2009).

Según estas normas, prácticamente el total de las pérdidas en la piscina se producen por la superficie libre de esta y se refieren a un metro cuadrado de la superficie libre de la piscina.

Para el cálculo de estas pérdidas energéticas, se utiliza la siguiente fórmula empírica.

$$Q = [0,0864 \times (28 + 20V) \times (T_A - T)] = \quad (3.1)$$

Q = Energía perdida. [MJ / d.m²]

V = Velocidad media diaria del aire. [m/s]

T_A = temperatura del agua. [°C]

T = temperatura media diaria. [°C]

0,0864 es factor de conversión

Para este proyecto fue considerada una piscina descubierta, de 5 m x 4 m x 1,5 m, con una temperatura del agua de 24°C, una velocidad del viento de 2 m/s y una temperatura media del ambiente de 18°C.

$$Q = [(28 + 20 \times 2) \times (24 - 18) \times 0,0864] =$$

$$Q = [(28 + 40) \times 71 \times 0,0864] =$$

$$Q = 35,2 \text{ MJ/ d.m}^2$$

Finalmente el cálculo de Q es de;

$$Q = 27804 \text{ Btu/h}$$

Considerando que el evaporador constituye aproximadamente el 50% de la capacidad térmica del condensador, un equipo de 24000 Btu/h será suficiente para nuestro

Dimensionamiento del intercambiador de calor

En general, los flujos a través de cilindro comprenden separación del flujo, el cual es difícil de manejar en forma analítica.

Por lo tanto el flujo de este tipo debe estudiarse de forma experimental o numérica.

Para este complicado patrón de flujo en transferencia de calor es ventajoso utilizar el número de Nusselt promedio relativo al flujo cruzado sobre un cilindro, propuesto por Churchill y Bernstein

$$Nu_{cil} = 0,3 + \frac{0,62 \times Re^{\frac{1}{2}} \times Pr^{\frac{1}{3}}}{[1+(0,4/Pr)^{\frac{1}{4}}]} \left[1 + \left(\frac{Re}{282000} \right)^{\frac{5}{8}} \right]^{\frac{4}{5}} \quad (3.2)$$

Nu_{cil} = Numero de Nusselt para un cilindro

Re = Numero de Reynolds

Pr = Numero de Prandtl

La otra ecuación utilizada fue la ley Newton de enfriamiento

$$Q_{conv} = h \times \Delta s (T_s - T_{\infty}) \quad [W] \quad (3.3)$$

Q_{conv} = Transferencia de calor por convección [W]

h = Coeficiente de transferencia de calor para convección. $\left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$

Δs = Area superficial [m^2]

T_s = temperatura de la superficie [$^\circ C$]

T_{∞} = Temperatura del fluido superficialmente alejado

Además del cálculo del número de Reynolds.

$$Re = \frac{\rho V^2 D}{\mu} \quad (3.4)$$

Re = Numero de Reynolds

V = Velocidades promedio [m/seg]

D = Diámetro [m]

ρ = Densidad [kg / m³]

μ = Viscosidad dinámica [kg / m³]

Para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor se utilizó la siguiente ecuación.

$$h = \frac{k}{D} \times N\mu \quad (3.5)$$

h = Coeficiente de transferencia de calor para convección. [$\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$]

k = Conductividad térmica del material [$\frac{W}{m \text{ } ^\circ C}$]

D = Diámetro de la cañería [m]

$N\mu$ = Numero de Nusselt

Dimensionamiento de la unidad condensadora.

Para iniciar estos cálculos fue necesario primeramente conocer el caudal de la bomba de agua que alimentaba esta piscina.

Primeramente desmontamos la bomba del circuito de agua del filtro de la piscina, conectamos mangueras en la entrada y salida de la bomba, luego depositamos la manguera de salida en un tambor de 50lts de capacidad encendimos la bomba y con un cronometro tomamos el tiempo que tardaba en llenar dicho tambor, reiteramos esta operación varias veces, obteniendo los siguientes resultados.

En un promedio de 25 segundos, se logró llenar el tambor de 50lts. Analizando estos valores obtenidos, el caudal real de la bomba de agua fue:

$$Q_B = 0.002 \text{ m}^3/\text{s}$$

A seguir calculamos la longitud de nuestro intercambiador que se describe a seguir:

Para el área del flujo del agua, considerando los D_1 y D_2 , obtuvimos los siguientes resultados:

$$D_1 = 1 \frac{1}{4} \text{ pulg} = 32\text{mm}$$

$$D_2 = \frac{3}{8} \text{ pulg} = 9.5\text{mm}$$

$$D = D_1 - D_2 = 1 \frac{1}{4} - \frac{3}{8} = \frac{7}{8} \text{ pulg.}$$

$$A = \pi r^2$$

$$r = D/2 = 7/8/2 = 7/16 \text{ pulg}$$

$$A = \pi(7/16)^2 = 0,601 \text{ pulg}^2$$

$$A = 0,000387 \text{ m}^2$$

Para el cálculo de la velocidad del agua que circula por las tuberías fueron realizados los siguientes cálculos que se detallan a seguir:

$$V = Q/A$$

$$Q = 0,002 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$V = 0,002 / 0,000387 = 5,1 \text{ m/seg}$$

Los siguientes valores fueron obtenidos de la Tabla A.9 que relaciona las propiedades del agua (Cengel).

$$K = 0,02551 \text{ W/m } ^\circ\text{C} \quad \rho = 998 \text{ kg/m}^3 \quad \mu = 1,002 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$$

$$Pr = 7,01$$

Para el cálculo del número de Reynolds y el número de Nusselt fueron utilizados las siguientes ecuaciones, la de (3.4) y (3.6)

$$Re = \frac{\rho V^2 D}{\mu}$$

$$Re = \frac{998 \times 5,1^2 \times 0,0095}{1,002 \times 10^{-3}} = 252139,5$$

Numero de Nusselt

$$N\mu = 0,027 \times Re^{0,805} \times Pr^{1/3} \quad (3.6)$$

$$N\mu = 0,027 \times 252139,5^{0,805} \times 7,01^{1/3} = 1152,36$$

La unidad condensadora requerido para el Q considerado será entonces de 14.067 W.

Para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor fueron utilizadas las ecuaciones que se describen a seguir.

$$h = \frac{k}{D} \times Nu$$

$$h = \frac{0,02551}{0,0095} \times 1152,36 = 3086,28 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

El área superficial utilizando la Ley de Newton de Enfriamiento

$$Q_{conv} = h \times \Delta s (T_s - T_\infty)$$

$$\Delta s = \frac{Q_{conv}}{h(T_s - T_\infty)} =$$

$$\Delta s = \frac{14067}{3086,28(45-18)} = 0,16 \text{ m}^2$$

La longitud de la unidad condensadora.

$$\Delta s = \pi \times D \times L$$

$$L = \frac{\Delta s}{\pi \times D}$$

$$L = \frac{0,16}{\pi \times 0,0095} = 5,64 \text{ m}$$

A continuación utilizamos el Número de Nusselt promedio. En lo relativo al flujo cruzado sobre un cilindro.

$$Nu_{cil} = 0,3 + \frac{0,64 \times Re^{\frac{1}{2}} \times Pr^{\frac{1}{3}}}{[1 + (0,4/Pr)^{\frac{2}{3}}]^{\frac{1}{4}}} \left[1 + \left(\frac{Re}{282000} \right)^{\frac{5}{8}} \right]^{0,8}$$

$$Nu_{cil} = 0,3 + \frac{0,64 \times 252139,5^{\frac{1}{2}} \times 7,01^{\frac{1}{3}}}{[1 + (0,4/7,01)^{\frac{2}{3}}]^{\frac{1}{4}}} \left[1 + \left(\frac{252139,5}{282000} \right)^{\frac{5}{8}} \right]^{0,8} = 975,28$$

$$\text{Nucil} = 975,28$$

Para el cálculo del Coeficiente de transferencia de Calor fueron utilizados los siguientes valores.

$$h = \frac{k}{D} \times \text{Nucil}$$

$$h = \frac{0,02551}{0,0095} \times 975,28 = 2612,01 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

Para el cálculo del área superficial utilizando la Ley de Newton de Enfriamiento, obtenemos los siguientes resultados.

$$Q = h \times \Delta s (45 - 18)$$

$$\Delta s = \frac{Q}{h(45 - 18)} =$$

$$\Delta s = \frac{14067}{2612,01(45 - 18)} = 0,19 \text{ m}^2$$

Finalmente la longitud de la unidad condensadora será de:

$$\Delta s = \pi \times D \times L$$

$$L = \frac{\Delta s}{\pi \times D}$$

$$L = \frac{0,19}{\pi \times 0,0095} = 6,6 \text{ m}$$

Primera puesta en marcha

Antes de poner en marcha realizamos las pruebas de presurización con nitrógeno seco, donde se encontraron pérdidas en las uniones y conexiones. Procedimos a visualizar las

posibles pérdidas con un detector de fugas electrónica, soldando y ajustando las conexiones.

A continuación se volvió a presurizar el sistema utilizando una presión de 350 lbf/pul² por un periodo aproximado de 48 horas manteniéndose estable, sin indicar posibles fugas o perdidas

A seguir se procedió a realizar el vacío correspondiente, utilizando para ello una bomba de vacío, cargando el sistema con gas 409 a fin de verificar y comprobar el funcionamiento del sistema.

Antes de continuar y para realizar un buen control, se decidió armar un pelopincho de 6.000 litros, ver figura 1 a fin de verificar y controlar el funcionamiento del equipo de refrigeración.



Figura 1. La prueba de nuestro equipo en piscina de pelopincho

Realizando la primera puesta en marcha, se prendió la Bomba y luego de unos minutos de funcionamiento se constató la existencia de pérdidas en las uniones del circuito de agua, y en las roscas.

A seguir se procedió a realizar cambios en las abrazaderas por unas más anchas, poniendo y ajustando con cinta teflón en las roscas, solucionado de esta manera el inconveniente.

Una vez circulando el agua del pelopincho por el intercambiador, se a realizo la puesta en marcha del calentador, procediendo a completar la carga de gas refrigerante. También para la regulación del caudal de la bomba se utilizó una llave del tipo mariposa que intercepta la entrada de agua en el intercambiador.

En dicha prueba siendo aproximadamente las 16:20 la temperatura del medio marcaba 23,4°C poniendo a prueba el prototipo, en dicho deposito, con una carga aproximada de 4500 litros, la temperatura del agua indicaba un valor de22°C

Este resultado de esta prueba puede visualizarse en la tabla 1.

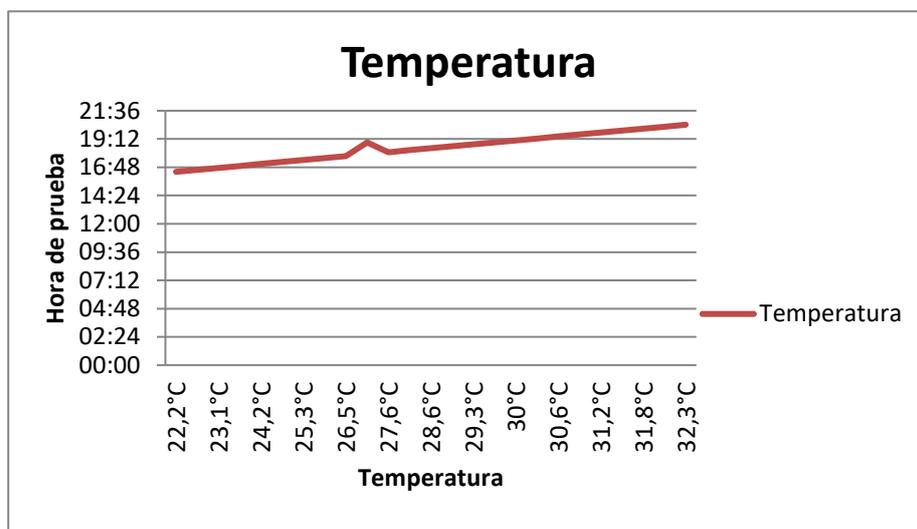
Tabla 1. La prueba del funcionamiento de nuestro prototipo

Hora de la prueba	La temperatura arrojada
16:25	22,2°C
16:35	23,6°C
16:45	23,1°C
16:55	23,6°C
17:05	24,2°C
17:15	24,7°C
17:25	25,3°C
17:35	25,9°C
17:45	26,5°C
18:55	27°C
18:05	27,6°C
18:15	28°C
18:25	28,6°C
18:35	29°C
18:45	29,3°C
18:55	29,7°C
19:05	30°C
19:15	30,3°C
19:25	30,6°C
19:35	31°C
19:45	31,2°C
19:55	31,5°C
20:05	31,8°C
20:15	32,2°C
20:25	32,3°C

Para esta prueba fue utilizando un termómetro digital.

A fin de visualizar mejor esta experiencia se decidió elaborar un gráfico, de acuerdo a la figura 2.

Figura 2.
Aumento de la temperatura en función del tiempo



En este gráfico se pudo verificar el aumento de la temperatura de unos 10°C, al cabo de 4 horas de funcionamiento. Esto demostró que se podría montar y conectar el prototipo en una piscina de mayor capacidad a fin de tener datos más precisos de la experiencia.

Instalación de componentes eléctricos de protección y automatización

Una vez concluida la prueba, se procedió con la parte de automatización y protección del equipo, a ser utilizada para esta prueba, sabiendo que durante todo el proceso los resultados de las mediciones han sido muy alentadoras.

El sistema de automatización consiste en un sistema de control digital para la temperatura del agua, un pulsador para encendido- apagado, ver en la figura 3.

Las protecciones del sistema son; presostatos de alta y baja para el gas refrigerante, control del flujo del agua, termostatos.



Figura 3. Sensor de temperatura y encendido-apagado

Prueba final del prototipo

La prueba final fue realizada en la piscina, que se ilustra en la figura 4.



Figura 4. Piscina y unidad calentadora

Concluida toda la fabricación, ensamblajes y pruebas, se trasladó el calentador, utilizando la bomba de calor en la piscina, cuyas dimensiones fueron calculadas con anterioridad. Esta piscina cuenta con un volumen aproximado de 30.000lts de agua,

suficiente para nuestra última prueba y de esta forma poder obtener los respectivos resultados correspondientes.

Finalmente fueron realizadas las prueba finales, poniendo en funcionamiento el prototipo fabricado para este propósito.

Se realizaron las conexiones correspondientes del sistema hidráulico y eléctrico; Conectando la bomba de agua, por la entrada del intercambiador y para la salida, utilizando una manguera para llevar la salida del agua al otro extremo de la piscina

Para el sistema eléctrico se utilizó una llave de 32 Amperes, situado en el tablero de potencia.

Se puso en marcha el equipo y se continuó hasta completar la carga adecuada del gas refrigerante. Aprovechando un día de bastante frío en el mes de julio, cuya temperatura ambiente indicaba un valor de 12°C, se procedió a iniciar la experiencia.

A seguir se realizaron las mediciones correspondientes durante un periodo aproximado de 8 horas. Estas mediciones realizados fueron hechas con intervalos de aproximadamente 15 minutos, lo cual se detalla en la tabla 2

Tabla 2. La prueba del prototipo en la piscina

Hora de la prueba	La temperatura arrojada
14:05	11,4°C
14:20	12,5°C
14:35	13,1°C
14:50	13,8°C
15:05	14,4°C
15:20	15°C
15:35	15,5°C
15:50	15,9°C
16:05	16,4°C
16:20	16,9°C
16:35	17,3°C
16:50	17,7°C
17:05	18,1°C
17:20	18,5°C
17:35	18,7°C
17:50	19°C
18:05	19,3°C
18:20	19,7°C
18:35	20°C
18:50	20,3°C
19:05	20,6°C
19:20	20,8°C

19:35	21,2°C
19:50	21,5°C
20:05	21,8°C
20:20	22,2°C
20:35	22,5°C
20:50	22,8°C
21:05	23°C
21:20	23,4°C
21:35	23,9°C
21:50	24,2°C
21:05	24,5°C
21:20	24,9°C
21:35	25,2°C
21:50	25,5°C
22:05	25,9°C
22:10	26

Esta prueba fue hecha con los componentes del prototipo, para un mayor control también se tomó la temperatura, con otro termómetro del tipo digital, el cual coincidían con el sensor del prototipo.

En el figura 5, se observa como aumenta gradualmente la temperatura del agua, en el transcurso del tiempo. La temperatura del agua estaba inicialmente a una temperatura de 11,4°C, luego durante 8 horas de funcionamiento, alcanzó los 26°C, lo cual se visualiza que hubo un incremento de 14,6°C en la temperatura, desde el inicio de la experiencia.

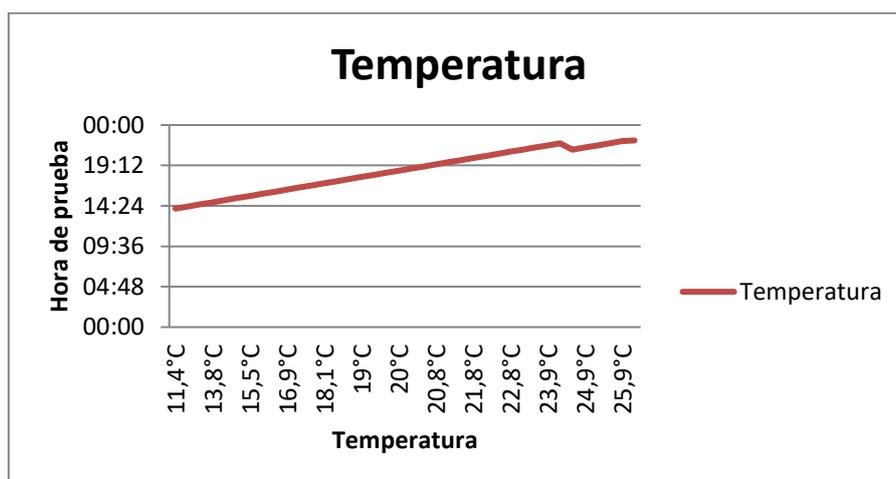


Figura 5. Temperatura obtenida en la piscina en función del tiempo

La temperatura de trabajo fue regulado con un termostato (sensor de temperatura) para un rango de entre 23°C a 26°C. Al alcanzar temperaturas inferiores a 23°C el compresor entra a funcionamiento y a temperaturas superiores a los 26°C, el compresor deja de trabajar.

Este equipo funciono por un periodo de 3 días, esto se debió principalmente a que la temperatura del medio ambiente no superaba los 16°C.

Durante este periodo de 3 días, de funcionamiento interrumpido, se verifico que la temperatura del agua se mantiene en promedio de 24°C. Estas mediciones interrumpidas fueron realizadas cada 3 horas, ver en las figuras 6, 7 y 8.

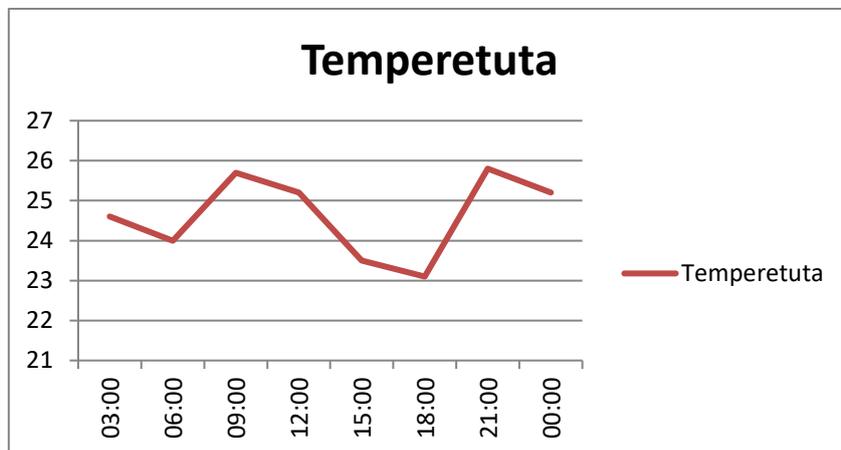


Figura 6. Resultado del día 1 de la prueba

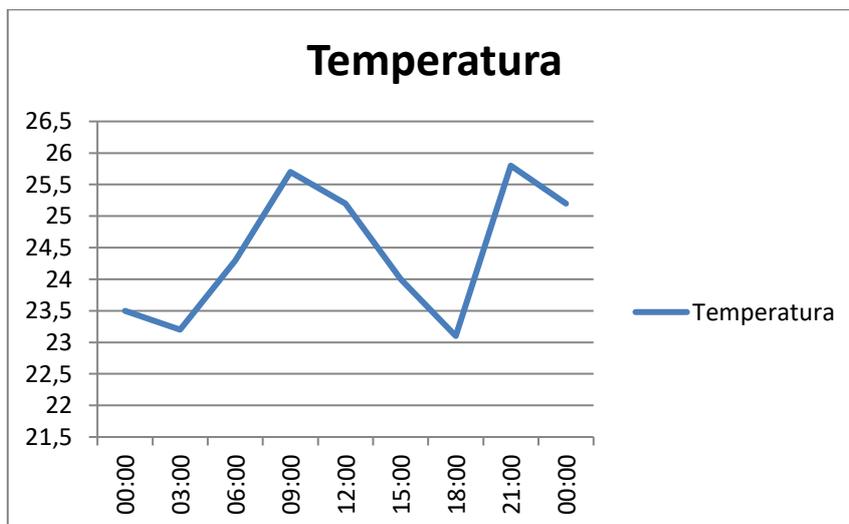


Figura 7. Resultado del día 2 de la prueba

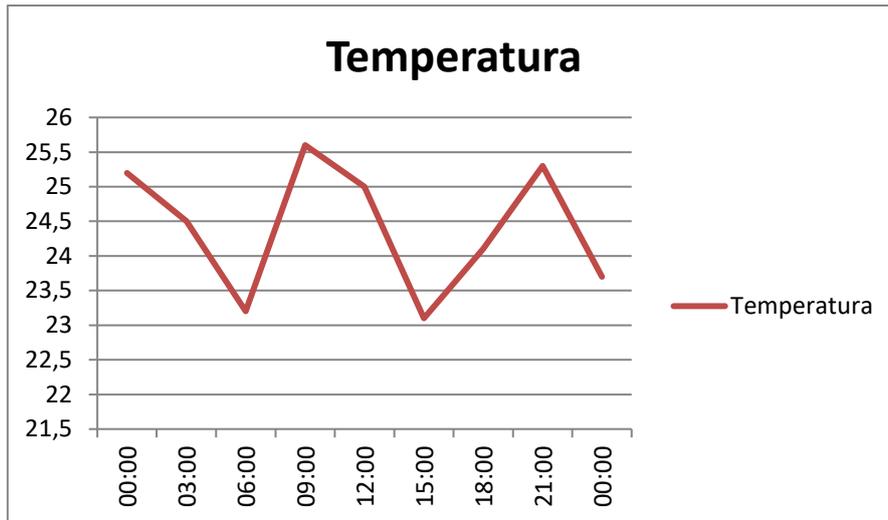


Figura 8. Resultado del día 3 de la prueba

Costos de materiales y equipos

En las siguientes tablas se describen los costos del prototipo y el equipo que se comercializan en el mercado nacional

Costo de materiales y equipos de fabricación nacional (del prototipo)

En la tabla 3, se describe los costos de los materiales y mano de obras que fueron utilizados en este proyecto

Tabla 3. Detalles de costos para la fabricación del prototipo.

Cantidad	Materiales	Costo unitario en Guaraníes	Costo Total en Guaraníes
6	Manguera PVC para alta temperatura	19.166 /m	115.000
6	Caño de acero inoxidable	50.000 /m	300.000
3	Blog de bronce de 100mm. por 32mm.	50.000 c/u	150.000
2	T de plástico roscable de 1 ¼ pulg	13.000 c/u	26.000
3	Caño de 32mm	17.000 /m	51.000
4	Codo de 32mm	7.000 c/u	28.000
1	Llave de paso tipo media vuelta	47.500 c/u	47.500
6	Niple de 3/8 pulg.	34.000 c/u	204.000
1	Llave pulsador apagado-encendido	15.000 c/u	15.000
1	Reloj termostato	240.000 c/u	240.000
3	Gas 409	39.000 /Kg	117.000
2	Nitrógeno	45.000 / Kg	90.000
1	Tira de ángulo de 1 pulg	28.000 /m	28.000
Soldaduras		100.000	100.000
Trabajo de tornería		75.000	75.000
Total			1.539.500

Costos de la bomba de calor

En la tabla 4, se describe los materiales para la fabricación de una bomba de calor de una capacidad de 48.000Btu/h.

Tabla 4. Materiales necesarios para la producción del equipo.

Cantidad	Materiales	Costo unitario en Guaraníes	Costo Total en Guaraníes
6	Manguera PVC para alta temperatura	19.166 /m	115.000
6	Caño de acero inoxidable	50.000 /m	300.000
2	Blog de bronce de 100mm. por 32mm.	50.000 c/u	100.000
2	T de plástico roscable de 1 ¼ pulg	13.000 c/u	26.000
3	Caño de 32mm	17.000 /m	51.000
4	Codo de 32mm	7.000 c/u	28.000
1	Llave de paso tipo media vuelta	47.500 c/u	47.500
2	Niple de 3/8 pulg.	34.000 c/u	68.000

1	Llave pulsador apagado-encendido	15.000 c/u	15.000
1	Reloj termostato	240.000 c/u	240.000
3	Gas 409	39.000 /K	117000
1	Nitrógeno	45.000/K	45.000
1	Condensador de 24.000btu	2.800.000	2.800.000
1	Válvula restrictora para 48.000Btu	235.000	235.000
Soldaduras		100.000	100.000
Trabajo de tornería		75.000	75.000
1	Controlador de Flujo	450.000 c/u	450.000
1	Anticongelante	60.000	60.000
Total			4.872.500

Costo del equipo Importado

El presupuesto para la compra de este equipo fue realizado en una casa dedicada a la importación y comercialización en el mercado nacional detallando a seguir los costos de acuerdo a su capacidad de consumo.

Tabla 5. Costos de los equipo importados

Calentadores	Capacidad Máxima	Precio
HP 5,6B	18.000 litros	12.600.000
HP 7,8B	26.000 litros	13.200.000
HP 9,5B	32.000 litros	15.000.000
HP 14 A	48.000 litros	18.000.000
HP 17 A	60.000 litros	30.600.000
HP 21 A	73.000 litros	33.000.000
HP 26 A	90.000 litros	36.500.000

CONCLUSIONES

Como ya fue resaltado con anterioridad el principal objetivo del presente trabajo, fue lo de construir un prototipo para el calentamiento de una piscina del tipo convencional utilizado para ello una bomba de calor y los respectivos materiales para su fabricación y montaje.

A seguir, en consonancia con estos métodos trazados se toma las siguientes conclusiones de carácter general, que fueron logrados de los datos obtenidos en los ensayos del prototipo:

- a) El prototipo estudiado se presentó viable para el fin propuesto, produciendo el calentamiento de la piscina dentro de los parámetros establecido por las normas técnicas internacionales.
- b) El costo de la bomba de calor para las utilizaciones en piscinas de residenciales es factibles, comparadas con otros de características similares que son comercializados en el país.
- c) La característica más positiva de este estudio, que pudo ser evaluada fue a lo que se refiere a la buena relación, entre costo y beneficio.
- d) Los cálculos realizados demuestran la relación existente entre el estudio teórico y la práctica que fue realizado.
- e) El calentamiento por bomba de calor es el mejor sistema para nuestra zona, este equipo utiliza la corriente eléctrica como materia prima, para realizar el trabajo a un bajo costo, en comparación a resistencias eléctricas, además otros equipos de calentamiento, que utilizan como gas, combustibles etc , son caros, principalmente por la necesidad de importar este tipo de combustible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEROPUERTO INTERNACIONAL SILVIO PETIRROSSI.

Temperatura media del invierno. Disponible en:
<http://www.tutiempo.net/clima/Asuncion_Aeropuerto/862180.htm>.

Consultado el 15 de febrero de 2011.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION SYSTEM AND APPLICATION. *ASHRAE Handbook: refrigeration systems and applications*, Atlanta, 1986. 481p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6401**: instalações de ar condicionado para conforto: elaboração. São Paulo, 1980, 21p.

ÇENGEL, Y. **Transferencia de calor**. México: Mc Graw Hill, 2004. 781p.

CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. **Manual de Aire Acondicionado**. Barcelona: Marcombo, 1986. 815p.

DOSSAT, R. J. **Princípios de refrigeração**. São Paulo: Hemus, 1980. 885p.

EMPRESA DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES DEPORTIVAS. Elaborado por Cuesa Sport, s.l. Andalucía, 1999. Manual de Piscinas y Normativas. Disponible en: <www.cuesasport.com/download/manual.PDF>. Consultado el 20 de febrero del 2011.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA.

Elaborado por la IDEA de Madrid, 2009. Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura. Disponible en: <www.idae.es/>. Consultado el 10 de diciembre del 2010.

JARAMILLO, O.A. Elaborado por el Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México, 2007. Intercambiadores de calor.

Disponible en:
<<http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/HeatExchanger/Intercambiadores.pd>> . Consultado el 25 de noviembre del 2010.

MICROSOFT. Elaborado por la Microsoft, 1998. Historia de las termas. Disponible en:

<descargarahora.blogspot.com/.../enciclopedia-encarta-98-full-descarga.html>.

Consultado 10 de febrero de 2011.

SHACKELFORD, J. Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros. Madrid: Prentice Hall, 1998. 675p.

SMITH, W. Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales. Madrid: Mc Graw Hill, 1992. 936p.