



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INSTALACIONES  
ELECTROMECAÑICAS Y  
TÉRMICAS EN PISCINAS**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Mecánico**

**P R E S E N T A**

Víctor Daniel Cruz López

**ASESOR DE INFORME**

Dr. Álvaro Ayala Ruiz



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO .....	3
CAPÍTULO 1 LA EMPRESA “HIGHPOOL” .....	4
1.1 Descripción de la empresa.....	4
1.2 Historia de la empresa.....	4
1.3 Localización de la empresa:.....	4
1.4 Nuestros clientes.....	4
1.5 Misión .....	5
1.6 Visión.....	5
1.7 Política de calidad .....	5
1.8 Organigrama.....	6
1.9 Descripción de los puestos de trabajo .....	7
CAPITULO 2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y TRATAMIENTOS PARA EL AGUA .....	9
2.1 Descripción de impulsión o bombeo.....	9
2.2 Descripción de filtración y equipos de filtración .....	14
2.3 Descripción de calentadores y tipos.....	17
2.4 Normatividad.....	26
3.1 CASO DE ESTUDIO 1 .....	30
3.2 CASO DE ESTUDIO 2 .....	44
CONCLUSIONES.....	72
BIBLIOGRAFIA.....	73
REFERENCIAS .....	74
ANEXO A .....	75
ANEXO B .....	76

## INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

El presente informe profesional inicia con una descripción detallada de la empresa, tanto como historia y organización, indicando el puesto a cargo del autor y continúa con la descripción de dos casos de estudio, donde se muestra el desempeño del autor en el área de la termodinámica, eléctrica, mecánica e hidráulica.

Posteriormente, se muestran flujos de proceso elaborados por el autor, que indican la manera de desarrollar el diseño de las instalaciones, con base en las memorias de cálculos necesarios para iniciar la instalación de los equipos electromecánicos, hidráulicos y de ser solicitado, los equipos térmicos, realizando estas actividades delegando responsabilidades a cada parte del personal a cargo.

En este informe profesional, los objetivos son:

- a) Realizar un informe técnico en el cual se explique el proceso de instalación de los equipos electromecánicos y térmicos, bajo las normas oficiales vigentes, ya que, actualmente en la empresa de Highpool no existe manual de procedimientos en el cual indiquen los procesos de diseño e instalación.
- b) Mostrar las distintas actividades realizadas por el autor.
- c) Explicar de manera descriptiva el funcionamiento de cada equipo y los distintos tipos de alternativas con las cuales se cuenta.

## CAPÍTULO 1 LA EMPRESA “HIGHPOOL”

### 1.1 Descripción de la empresa

Highpool es una empresa que ofrece productos de alta calidad, que además cuenta con servicios de reparación, instalación, construcción, mantenimiento correctivo y preventivo bajo normas oficiales vigentes, dirigidos hacia piscinas, plantas de tratamiento de aguas residuales, tinas de hidromasaje, spas y fuentes.

### 1.2 Historia de la empresa

Nuestra empresa comenzó hace 10 años, con conocimientos adquiridos anteriormente por negocio familiar e inició como tal principalmente con mantenimientos y reparaciones de albercas, posteriormente conseguimos la distribución de productos químicos, accesorios, equipos eléctricos, mecánicos y térmicos, para los cuales obtuvimos capacitaciones profesionales en las mismas instalaciones.

Nuestros principales clientes fueron obtenidos gracias a recomendaciones de trabajos y otra menor parte fue obtenida gracias a licitaciones que fueron ofrecidas bajo nuestra mercadotecnia.

### 1.3 Localización de la empresa:

#### **Corporativo:**

World Trade Center México  
Montecito 38 piso 28 oficina 12  
Col. Nápoles, México C.D.M.X.  
Del. Benito Juárez  
C.P. 03810  
t. +52 (55) 5667 9874

#### **Distribuidor/ Atención a clientes:**

Prolongación Nogal 191  
Col. Potrerillo  
Del. La Magdalena Contreras  
México, C.D.M.X.  
C.P. 10620  
t. +52 (55) 5667 0618

### 1.4 Nuestros clientes

Nuestros principales clientes se encuentran en el ámbito de clubes deportivos, ramo hotelero, parques acuáticos y también en el sector residencial. (Fig. 1)



**Fig. 1: Logo empresarial de algunos de nuestros clientes**

### 1.5 Misión

Comercializar con liderazgo nuestros productos y servicios comprometidos con la más alta calidad, orientados a los segmentos de piscinas, tratamiento de agua residual y derivado, obteniendo así la satisfacción y confianza total de nuestros clientes, a través de integridad, transparencia y dedicación de nuestro personal debidamente capacitado.

### 1.6 Visión

Incursionar en el liderazgo a nivel nacional en nuestro ámbito laboral, en los cuales estamos comprometidos con nuestros clientes ofreciéndoles las mejores marcas, soporte técnico, capacitación y servicios, incrementando cada año las ventas, la calidad y atención

### 1.7 Política de calidad

Mantener el margen de calidad de nuestros productos y servicios, además de mejorar y optimizar cada servicio realizado, satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes a través de la capacitación constante de nuestro personal ya calificado apegado a un trabajo en equipo, con la mejor actitud proactiva.

En la Fig. 2 se muestra el logotipo empresarial, con su respectivo eslogan.



**Fig. 2: Logotipo de nuestra empresa**

### 1.8 Organigrama

El organigrama de la empresa (Fig. 3) consiste en un director general, 3 supervisores técnicos, los cuales tienen a cargo a un ayudante general, además del departamento de mercadotecnia.



**Fig. 3: Organigrama de la empresa**

## 1.9 Descripción de los puestos de trabajo

### **Director General**

Es el encargado de controlar, administrar y dirigir los recursos de la empresa, así como asegurar el óptimo funcionamiento de todos los empleados, planificar, supervisar y controlar los proyectos a corto y largo plazo.

Tomar decisión de contratar, capacitar y ubicar al personal en cada cargo. Y en caso de ser necesario la contratación provisional de personal en proyectos por obra determinada.

Supervisar al personal para que cumpla con las tareas designadas y que haya un correcto funcionamiento entre todo el equipo, así como decidir y dar visto bueno de las decisiones de cada personal a su cargo, en este caso cada supervisor técnico y mercadotecnia.

Visitas a distintos lugares de trabajo para la elaboración de la logística general necesaria.

### **Supervisor Técnico**

Las actividades a realizar son el diagnóstico de fallas y reparación de equipos electromecánicos, chequeo de embobinados y capacitores así como presurización de refrigerante en bombas de calor. Supervisión y toma de decisiones de elaboración de proyectos, en el cual se calcule la instalación eléctrica con base en el flujo de corriente eléctrica.

También, realizar los cálculos necesarios para determinar el calibre tubular adecuado para realizar las instalaciones hidráulicas, para que se encuentren operando en sus óptimas condiciones. Y de ser requerido, realizar mantenimiento correctivo y preventivo a las mismas.

Mantenimiento general de parámetros de agua en piscinas, plantas de tratamiento, spas y fuentes, mediante dosificación de estabilizadores químicos.

Las responsabilidades son: toma de decisiones justificadas con sus respectivas memorias de cálculo y elaborar informes de actividades para mantener el flujo de información aunado a cada presupuestación de cada instalación y reparación de equipos.

Una parte de sus responsabilidades, es el manejo de gestión del transporte, equipo de diagnóstico y mantenimiento, y bajo sus órdenes se encuentran los ayudantes generales.

## **Requisitos de admisión (supervisor técnico)**

ÁREA: servicios, industria, técnicos, construcción, manejo de personal.

CONOCIMIENTOS: De energía eléctrica, electrónica, mecánica. Licenciaturas relacionadas, ingeniería mecánica, mecatrónica e industrial, manejo de dispositivos de medición y verificación, manejo de herramientas de mano, manejo de auto con licencia vigente, excelente trato, interacción y liderazgo de personal.

EXPERIENCIA: 2 años en mantenimiento correctivo y preventivo de equipos electromecánicos, liderazgo e interacción con el personal.

## **Mercadotecnia**

Encargado de dirigir, organizar y controlar el área de ventas optimizando la ruta de ventas, obteniendo así las ventajas en el mercado.

En este puesto se debe de tener conocimiento en estrategias de ventas. Habilidades para la negociación totalmente orientada a resultados positivos, así como excelentes relaciones personales, con análisis concreto en cada negociación.

Sus principales actividades son calcular la demanda y pronosticar las ventas, determinar el tamaño y la estructura de la fuerza de ventas, con una planificación sostenida a un análisis de costos, en el cual incluya los costos para lograr las ventas deseadas.

## **Ayudante general**

Sexo masculino, su función principal es transporte del herramental y equipo necesario para la instalación, limpieza de albercas con cepillo, red y aspiradora hidráulica.

Cumplir con las funciones delegadas o asignadas por su jefe inmediato, ayudar en todo momento al supervisor técnico en sus funciones y problemas que se presenten en el proyecto en curso, cumplir en tiempo y forma cada una de las labores asignadas por su jefe inmediato o gerente general.

## CAPITULO 2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y TRATAMIENTOS PARA EL AGUA

### 2.1 Descripción de impulsión o bombeo

#### **Impulsión o bombeo**

Es importante en el diseño hidráulico considerar el diámetro y el tipo de tuberías, los cuales deben de encontrarse dentro de los parámetros de velocidad y caudal hidráulico que fluye en el agua aspirada por medio de las principales succiones, las cuales son: aspiradora, fondo y desnatadores. Y en cuanto al regreso de agua filtrada y/o calentada hacia la piscina se tiene una o varias tomas, las cuales se denominan retornos.

Existen varios tipos de motobombas, sin embargo por el tipo de aplicación las bombas centrifugas son la mejor solución, por que proveen un gran caudal de agua con una presión baja, en relación a los demás tipos de motobombas existentes.<sup>[1]</sup>

Por otra parte se debe tener en cuenta la pérdida de carga producida por fricción con tuberías y accesorios (codos, coples, válvulas, etc.) más el paso por los filtros de arena, los cuales contienen una presión de entre 1.3-2.6  $\text{kgf/cm}^2$ , equivalente a 18.5- 37psi. Es muy importante considerar cuantas bombas de calor, calderas, paneles solares, dosificadores, etc; Se encuentran instalados, para incluirlos en la selección de la motobomba adecuada, dependiendo de la carga dinámica.

A continuación se presenta el modelo de una motobomba del tipo centrifuga para piscinas (Fig. 4)



**Fig. 4: Modelo de motobomba simple**

---

[1] Manual de entrenamiento de productos ksb

## Proceso de selección de equipos y formulación

Para la determinación de la potencia de la moto-bomba, se tiene la siguiente ecuación:

$$P_{teorica} = H_B \times \rho \times g \times Q$$

Donde:

$H_B$  = Altura dinámica (m)

$\rho$  = Densidad del agua ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = aceleración de la gravedad ( $\text{m/s}^2$ )

$Q$  = Caudal total ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

Pero cada moto-bomba tiene contenida una eficiencia, dependiendo de los metros de columna de agua y el gasto, por tanto se tiene que calcular la potencia real, la cual está dada por la siguiente ecuación:

$$P_{real} = \frac{P_{teórica}}{\%_{motobomba}}$$

Donde:

$\%$  = Eficiencia de operación de la moto-bomba

**El flujo mínimo** (Tasa de rotación) es la cantidad de tiempo requerido para circular todo el volumen de agua a través del filtro, para garantizar los estándares mínimos de seguridad, la cual está determinada por la siguiente manera:

$$\frac{v}{t} = Q_{min} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

Donde:

$v$  = volumen total del agua del contenedor

$t$  = Rango de tiempo indicado en norma ECO 207 (Anexo B)

**El flujo máximo** (velocidad del agua) es el máximo recomendado, el cual puede estar dado por 1.8 o 2.4 metros por segundo, el cual se puede elegir mediante la tabla 1 (**ver anexo A**), eligiendo el tamaño de la tubería a instalar. Otro factor importante para la elección es el flujo mínimo, obteniendo este último, se toma el siguiente valor más cercano.

## Determinación de flujo deseado

Este flujo debe estar dentro de los parámetros de flujo mínimo (tasa de rotación) y el flujo máximo (velocidad del agua), Se recomienda seleccionar una tubería de mayor diámetro al mínimo recomendado, esto, para tomar en cuenta la disminución de flujo, este flujo está determinado por:

$$\frac{\text{flujo mínimo} + \text{flujo máximo}}{2} = \text{flujo deseado}$$

## Determinación de carga dinámica de trabajo

Con base en que el flujo es a través de tubería, se puede aplicar la ecuación de bernoulli,<sup>[2]</sup> para obtener la energía necesaria, la cual permanecerá en régimen constante y será la suma total de todas las energías, incluidas las pérdidas por accesorios y por metros de tubería, y estará denominada en metros de columna de agua (**m.c.a.**). Enfocada a piscinas, se tiene la siguiente expresión:

$$H_B = h_{ftotal} + \left[ \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + Z_2 \right] - \left[ \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + Z_1 \right]$$

Donde:

$h_{ftotal}$  : Pérdidas de carga por fricción

$P_2$  : Presión de la salida

$V_2$  : Velocidad de flujo deseada

$Z_2$  : Altura máxima, respecto al eje de la moto-bomba

$P_1$  : Presión en la piscina

$V_1$  : Velocidad inicial

$Z_1$  : Altura toma de agua mínima, con respecto al eje de la moto-bomba

$\rho$  : Densidad del agua

$g$  : aceleración gravitacional

Antes de determinar la carga dinámica de trabajo, hace falta determinar las pérdidas de carga por fricción, las cuales se presentan por el número y tipo de accesorios, la cantidad y tamaño de la tubería.

---

[2] Juan G. saldarriaga

## Pérdidas de carga por fricción

Para calcular las pérdidas por fricción, se deben de tener dos parámetros muy importantes, el primero es el largo de la tubería, esto, en medición total de los tramos rectos, ya sean horizontales o verticales, todos los incluidos.

Por otra parte, se deben de tener en cuenta todos los accesorios que están instalados, ya que todos son bastante importantes, tales como; válvulas de tipo globo, codos, reducciones bushing, conexiones, tuerca unión, etc. Ya que son denominadas pérdidas por fricción localizadas y se deben de contar todos los accesorios y realizar una sumatoria, por lo que:

$$h_{f\ total}=h_f + \sum h_f$$

Donde:

$h_f$  : Pérdida total de la tubería

A continuación presento el procedimiento para determinar el valor de **pérdidas por fricción a lo largo de tuberías rectas**, la cual está realizada a base de la ecuación de Hazen-Williams.<sup>[3]</sup>:

$$hf=1.21 \times 10^{10} \times L \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times d_{int}^{-4.87}$$

Donde:

$h_f$  : Pérdida de carga longitudinal (m)

C : Factor de fricción de Hazen- Williams

L : Longitud de la tubería (m)

d : Diámetro interior (mm)

Q : Caudal del agua en la tubería (l/s)

El valor del factor de fricción de Hazen-Williams para todas las tuberías de PVC se toma como 150

Además de tener la longitud en metros de columna de agua en tubería recta, a continuación presento la ecuación de Darcy-Weisbach, para obtener las **perdidas localizadas por cada accesorio instalado**. Al obtener cada uno, se deben sumar a los metros de columna de agua para realizar una sumatoria total, la cual es:

[3] Curso de especialización en riego

---

$$h_p = K \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

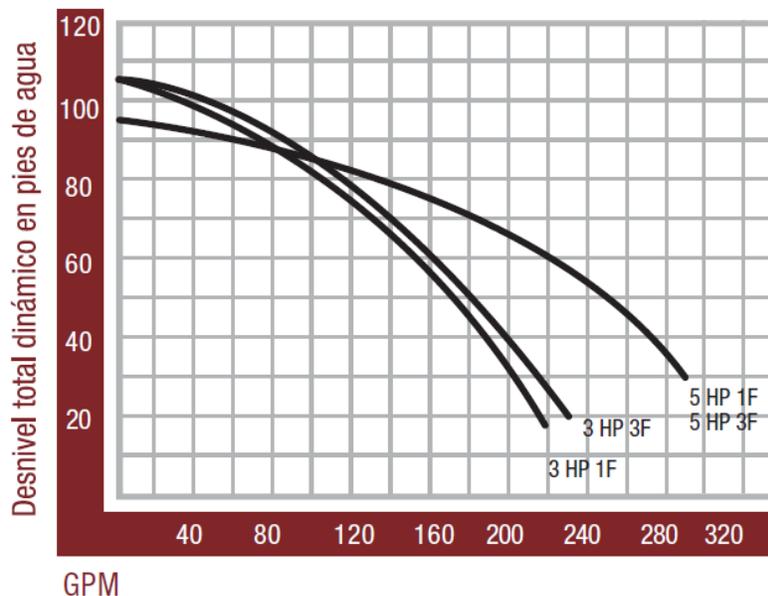
$h_p$  : Pérdidas localizadas por cada accesorio instalado

K : Coeficiente de fricción de cada accesorio instalado

El coeficiente de fricción de cada accesorio está mostrado en la tabla 2 **(ver anexo A)**

Posteriormente, ya determinados los valores necesarios, se debe realizar la selección de la motobomba, por lo que se debe de seleccionar a base de las motobombas disponibles, teniendo en cuenta la potencia, el caudal y los metros de columna de agua con los cuales se operará en régimen permanente.

A continuación muestro una curva para la selección de una motobomba (Fig. 5)



**Fig. 5: Curva para la selección de motobombas**

En este caso, el ejemplo viene en pies, también está la opción de convertir el valor de metros de columna de agua a pies de columna de agua, por lo que:

Si se tiene una carga de 60 pies y se desea un flujo de 150 GPM, se debe elegir la moto-bomba de 3hp a 1F(**fase**), pero si se desea un flujo de 160 GPM, se debe de elegir la moto-bomba de 3hp a 3F, ya que es más eficiente para desempeñar el trabajo necesario. En caso de estar por debajo de la curva de rendimiento, indica

que la moto-bomba instalada es demasiado grande, por lo cual se estaría utilizando potencia en kw de manera innecesaria. En este caso lo correcto es instalar una motobomba de menor tamaño, adecuada a la caga dinámica.

En el caso de que el punto de intersección se encuentre por encima de la curva de rendimiento, esto indica que la moto-bomba instalada está por debajo de los requerimientos necesarios, por lo cual se debe de hacer un cambio por una de mayor capacidad.

## 2.2 Descripción de filtración y equipos de filtración

### Filtración:

El filtrado consiste en hacer pasar agua a través de una masa porosa que retiene la materia en suspensión y es la base del tratamiento físico del agua de la piscina. El tamaño de poros determina la calidad de filtración. Es recomendable que el filtrado se realice antes de la desinfección, ya que ello implica disminuir el consumo de producto químico. Debe tenerse en cuenta que los productos químicos son, en general, productos bastantes peligrosos para la salud de las personas.

En los filtros que trabajan a presión, se debe de tener en cuenta la velocidad de filtración  $V$ , el cual se encuentra dado por el caudal  $Q$  en  $m^3/s$  por cada  $m^2$  de superficie de la piscina  $S$ , por tanto la velocidad de filtración se define de la forma siguiente:

$$V \text{ (m/s)} = Q \text{ (m}^3/s) / S \text{ (m}^2)$$

Donde:

$V$  : Es la velocidad de operación deseada (m/s)

$Q$  : Es el caudal deseado, el promedio entre el mínimo y el máximo ( $m^3/s$ )

$S$  : Es la superficie de la alberca, dada por el largo y ancho del contenedor ( $m^2$ )

Para realizar la selección del filtro, se debe de tomar en cuenta dos cosas importantes:

- 1) El caudal de la moto-bomba por ningún motivo debe de sobre pasar el caudal máximo permitido por el filtro, ya que podría generar la ruptura del mismo.
- 2) Verificar la tasa de rotación, que se encuentre por debajo de la máxima permitida, tomando en cuenta el área efectiva de filtración.

## Descripción de equipos de filtración:

Existen dos tipos de equipos de filtración, los cuales son, por cartuchos y mallado de arena, cuyo principal propósito es impedir el paso de impurezas de distinto tamaño, para lo cual existen diferentes tamaños para el nivel de filtración deseado.

### Filtración por cartuchos:

Estos equipos funcionan principalmente por un cartucho de fieltro que tienen un mallado de 10 a 20 micras, con una permisibilidad de filtración de área afectiva de  $2.3-18.6m^2$ . Este tipo de filtros pueden operar con un solo filtro simple de cartucho y otros con cartucho triple de fieltro, por lo que se puede obtener una filtración efectiva de hasta  $47 m^2$ . Pero una excelente filtración tiene un poco de sacrificio, ya que este tipo de filtración tiene un mantenimiento periódico con químicos para la remoción completa de impurezas impregnadas a un elevado costo.

A continuación, se muestran imágenes del despiece de un filtro de cartucho simple (Fig. 6) y uno cuádruple (Fig. 7).

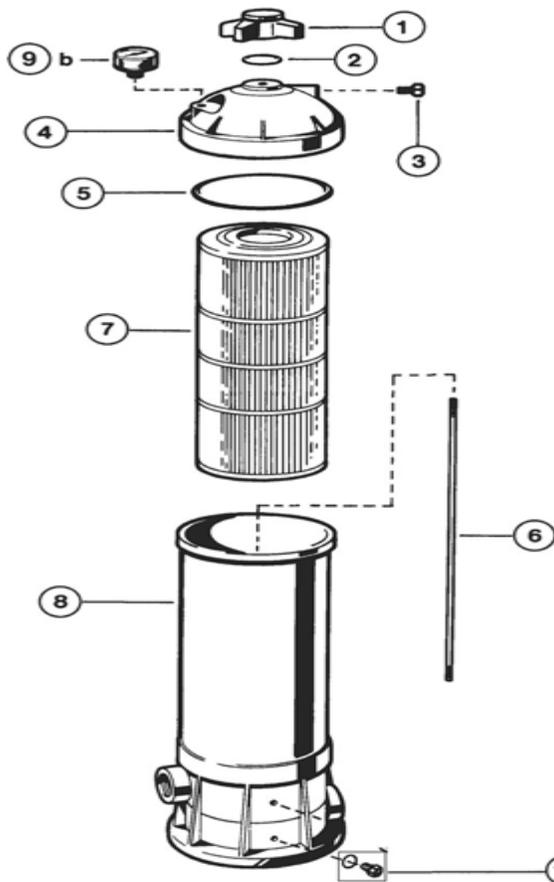


Fig. 6: Filtro de cartucho simple

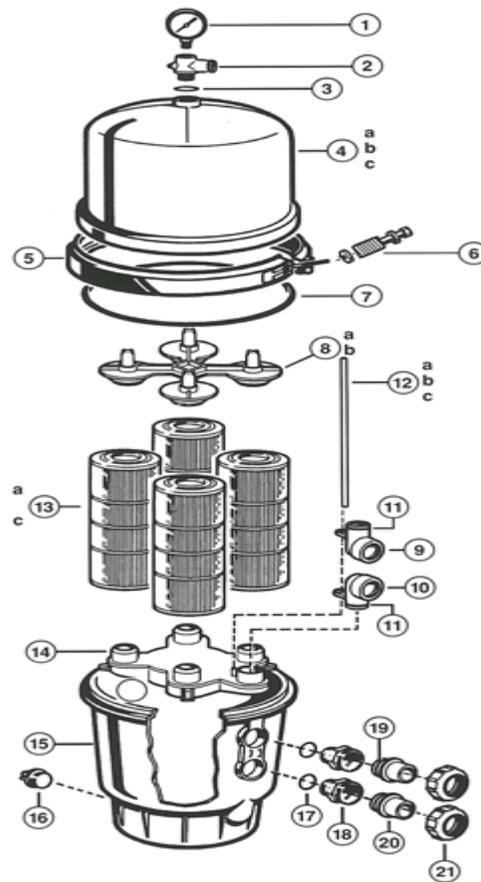


Fig. 7: Filtro de cartucho cuádruple

## Filtros de arena:

Los filtros de arena, principalmente funcionan con diferentes tipos de mallado, dependiendo del tipo de filtro, en nuestro caso, en piscinas, solamente se utilizan, máximo 3 tipos de mallado, los cuales van de  $\frac{3}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  pulgadas y de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{4}$  de pulgada de diámetro y un mallado de distinta granulometría, dependiendo de las condiciones de la piscina, esto para tener un mallado diferente en los difusores, lo cual nos ayuda a prevenir obstrucciones parciales o totales en ellos, por lo cual, este último mallado de arena tipo sílica oscila con diámetros de 20 a 25 micras. lo cual proveerá un área de filtración efectiva de 0.20-0.60.  $m^2$ .<sup>[4]</sup>

En este caso de filtración, el mantenimiento se realiza con retrolavados desde 1 hasta 7 veces por semana, dependiendo del uso de la piscina, lo cual implica que el mantenimiento general relativamente económico.

En cuanto a mantenimiento de mayor periodo o correctivos, y en diversos casos, se podría requerir hacer el cambio completo de arenas totales del filtro, esto, por apelmazamientos o mantenimientos mal realizados.

En función de la velocidad de filtración se clasifican en:

Filtros lentos, cuya velocidad de filtración oscila entre 8 - 20 ( $m^3/h/m^2$ )

Filtros medianos, cuya velocidad de filtración oscila entre 20 – 40 ( $m^3/h/m^2$ )

Filtros rápidos, cuya velocidad de filtración supera 40 ( $m^3/h/m^2$ )

A continuación se muestran los dos tipos de filtros de arena (Fig. 8), los cuales tienen el cabezal en la parte superior y otro en un costado. El filtro que contiene el cabezal en un costado está diseñado para operar en niveles inferiores de la superficie de la piscina, en cambio el de cabezal superior, puede operar por encima de la superficie de la piscina, esto para un mejor funcionamiento.



**Fig. 8: filtro con válvula multivias**

---

[4] Manual técnico de filtros hayward

## 2.3 Descripción de calentadores y tipos.

### Descripción de calentadores

Los calentadores son utilizados, para hacer un intercambio de calor del medio ambiente hacia el agua a través de distintos medios; ya sea de gas L. P. a base de energía eléctrica o paneles solares.

### Tipos de calentadores y su funcionamiento

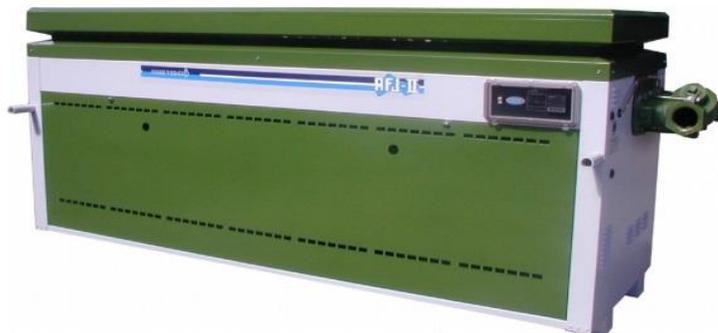
#### Calentadores de gas L. P. o natural.

En este tipo existen dos tipos de calentadores con dos opciones de operación.

El primero es una caldera cuadrada de hierro colado, con una batería horizontal de tubos rectos de cobre, de doble flujo, la cual puede operar a base de gas L.P. o de gas natural, en cualquiera de los dos casos se debe de tener en cuenta el combustible a utilizar, ya que los calentadores a base de gas L. P. no pueden funcionar con gas natural y viceversa, ya que la densidad y el poder calorífico de cada uno es diferente, lo que provoca que en el diseño generaría un mal funcionamiento.

La principal desventaja de este tipo de calentadores, radica en la pérdida en un 4% de eficiencia por cada 300 metros de altura

Una característica especial de este tipo de calentadores, es su capacidad de transferir hasta 2,798,176.752 BTU/h o bien 705,600 kcal/h.<sup>[5]</sup> Otra desventaja de este tipo de calentadores es el gasto y costo de combustible, ya que pueden tener un gasto de gas de hasta 30 l/h, lo cual implica un elevado costo de mantenimiento, además de que genera emisiones contaminantes hacia el medio ambiente, en la (Fig. 9) se muestra una caldera con tubos rectos de cobre.



**Fig. 9: Calentador de gas con tubos rectos de cobre**

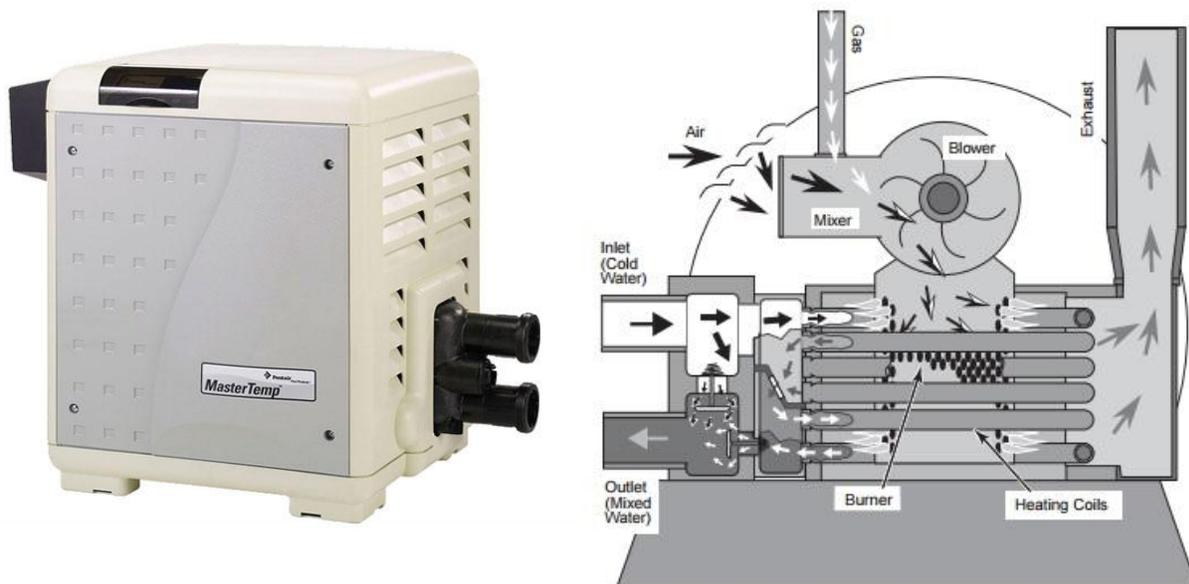
[5] Manual técnico de calentadores Mass Ter Cal

## Calentadores de gas de inducción forzada

Su construcción consta en una caldera circular de hierro colado, con una batería horizontal de tubos circulares de cobre y la combustión se genera con gas, ya sea L. P. o natural, el cual es mezclado con aire a base de inducción forzada.

En este caso el calentador tiene un banco de quemadores de menor diámetro, para disminuir el flujo en cada uno y tener una mejor transferencia hacia el flujo de agua. En cuanto el intercambiador de calor, funciona por medio de la mezcla de aire-gas con base en el soplador, introduciéndolo a la caldera circular sellada, esto, para proveer un mayor intercambio de calor, y expulsándolo por un orificio en un costado de la parte superior de la caldera.

A diferencia de los de tubos rectos tienen una mayor eficiencia, ya que es inducción forzada y contienen un mayor número de tubos de cobre, pero hasta el momento se tienen calentadores de menor tamaño y por ende, menor intercambio de energía calorífica. La desventaja principal radica en el tamaño, ya que el máximo disponible solo genera 400,000 BTU/h o bien 100,865.8 kcal/h,<sup>[6]</sup> teniendo un gasto de gas entre 4-5 l/h, en cuanto a su consumo en comparación al anterior es mucho menor, teniendo una mayor eficiencia, pero de la misma manera que el anterior, sigue generando emisiones contaminantes hacia el medio ambiente. En la Fig. 10 se muestra un calentador de gas de inducción forzada y su funcionamiento interno.



**Fig. 10: Calentador de gas de inducción forzada y funcionamiento.**

[6] Manual técnico de calentadores pentair

## Calentadores que operan con base en energía eléctrica

Este tipo de calentadores funciona por medio del ciclo de refrigeración por compresión de vapor, pero en este caso se aprovecha la temperatura que se encuentra en el condensador, a diferencia de los refrigeradores que aprovechan la temperatura del evaporador. A este diferente sistema, se le conoce como **bomba de calor**.

Un punto principal y muy importante en las bombas de calor, es el hecho de no perder eficiencia con respecto a la altura sobre el nivel del mar, como sucede con los calentadores de gas. También llegan a tener una mayor eficiencia si la temperatura ambiente es alta, ya que requieren un menor tiempo de operación.

A estos equipos se les deben considerar siete puntos importantes:

- 1) Se debe de considerar el coeficiente de operación del equipo a elegir (COP), el cual está dado por:

$$COP_{BC} = \frac{SALIDA DESEADA}{ENTRADA REQUERIDA} = \frac{EFECTO DE CALENTAMIENTO}{ENTRADA DE TRABAJO} = \frac{Q_{ced}}{W_{neto,entra}}$$

El cual está dado por valores superiores a 1 y entre mayor coeficiente tenga, más eficiente será el equipo y requerirá menos energía eléctrica para suministrar calor hacia la piscina.

- 2) La energía calorífica que genera cada equipo, esto para tener un equipo adecuado para la piscina, generalmente, estas oscilan entre 50,000 a 150,000 BTU/h, o bien, 12,600 a 37,800 kcal/h,<sup>[7]</sup> y se puede hacer un arreglo de varias bombas de calor, para generar la energía necesaria para elevar el volumen de agua a la temperatura que se desea.
- 3) Realizar el cálculo de pérdida de energía calorífica en tuberías y paredes para dimensionar los equipos con un valor más grande considerando estas pérdidas.
- 4) La potencia con la cual opera cada bomba de calor, esto para realizar el cálculo de cuantos equipos se necesitan para la piscina. Por lo general su potencia oscila entre 3.5 y 5 HP, que es la potencia que tiene el compresor del refrigerante, normalmente, aunque tengan un compresor de mayor o menor potencia, tienen las mismas medidas exteriores. Aunado a este dato, es muy importante verificar con que refrigerante opera cada equipo, ya que en la actualidad existen bombas que operan con gas del tipo R22, 134A y

---

[7] Manual técnico de bombas de calor pentair

410A, este último mencionado es el gas que últimamente se utiliza en todos los equipos, porque es ecológico y no genera daño en la capa de ozono

- 5) Se debe tener en cuenta un canal en la parte superior que pueda tener flujo de aire libre hacia el medio ambiente, ya que en algunos casos, estas se encuentran en cuartos de máquinas encerrados, por lo que se instala un “tiro” para la liberación de energía calorífica, impulsada por un moto-ventilador.
- 6) El caudal, todas las bombas de calor tienen un límite máximo, en caso de ser superado, debe de instalarse más bombas de calor.

En la siguiente imagen se muestra una bomba de calor, por la parte exterior (Fig. 11) y un despiece de la parte interna (Fig. 12).



Fig. 11: Bomba de calor

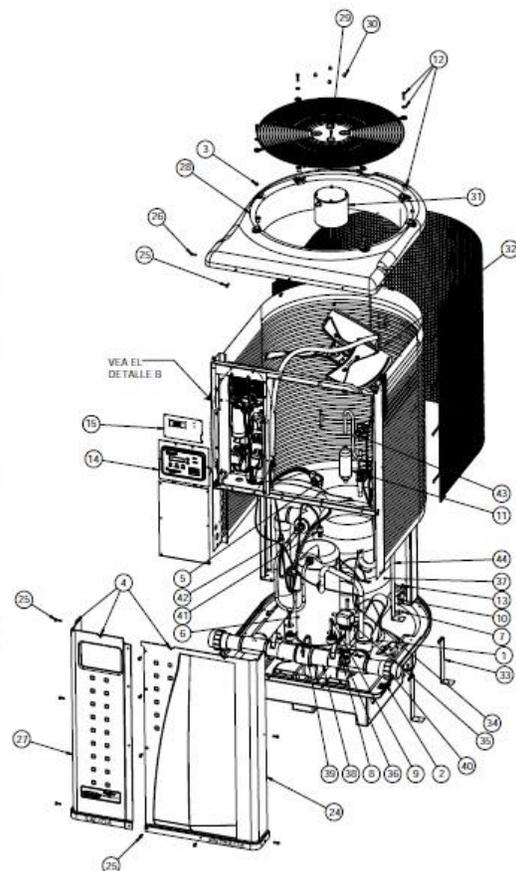
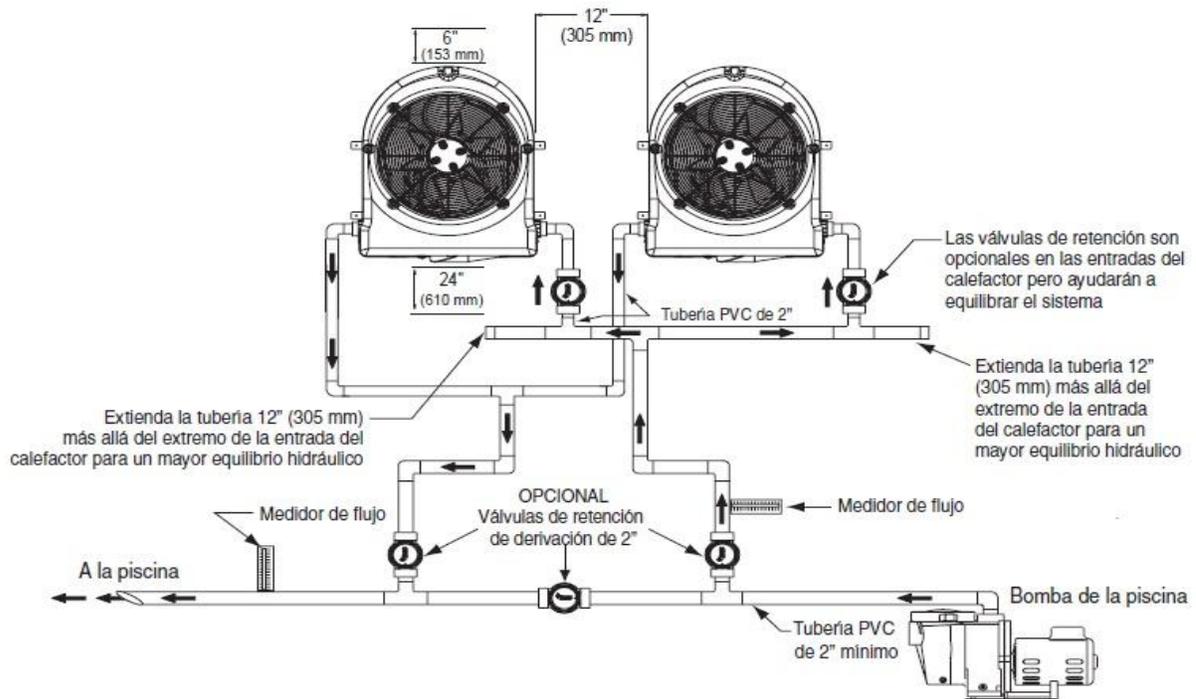


Fig. 12: Diagrama de explosión

En algunos casos se requiere instalar más de una bomba de calor, ya que la capacidad de cada una es muy baja, en comparación de los equipos de gas. Para esos casos se puede realizar un arreglo en paralelo de dos o más equipos hasta alcanzar la energía calorífica necesaria para la piscina, como lo muestra la Fig. 13.



**Fig. 13: Arreglo de más de una bomba de calor, en paralelo.**

### Calentadores que operan con base en energía solar

Este tipo de calentadores se llaman **paneles solares** que como su nombre lo indica, funcionan con base en la energía calorífica que nos brinda el sol, y esta, depende del potencial de la radiación solar de cada región. Es muy importante considerarla para tener en cuenta el número de paneles solares a instalar en cada piscina. Cabe mencionar que cada panel solar tiene una construcción diferente, con diferente eficiencia térmica, por lo que puede variar con cada equipo de calefacción solar.

El beneficio principal de los paneles solares es que no requieren energía eléctrica ni algún combustible fósil, por lo que son completamente amigables con el medio ambiente y no generan emisiones contaminantes. Además, su costo de operación es casi nulo en comparación a los equipos restantes de calefacción con los que contamos actualmente, pero, su principal desventaja es que requieren una

elevada inversión inicial, tanto para el número de paneles requeridos, como para la automatización de los mismos, ya que requieren un controlador externo para su funcionamiento.

Otra desventaja importante, es que en días nublados o en invierno, estos paneles solares pierden eficiencia y por tanto baja su operación o inclusive no operan en ningún momento.

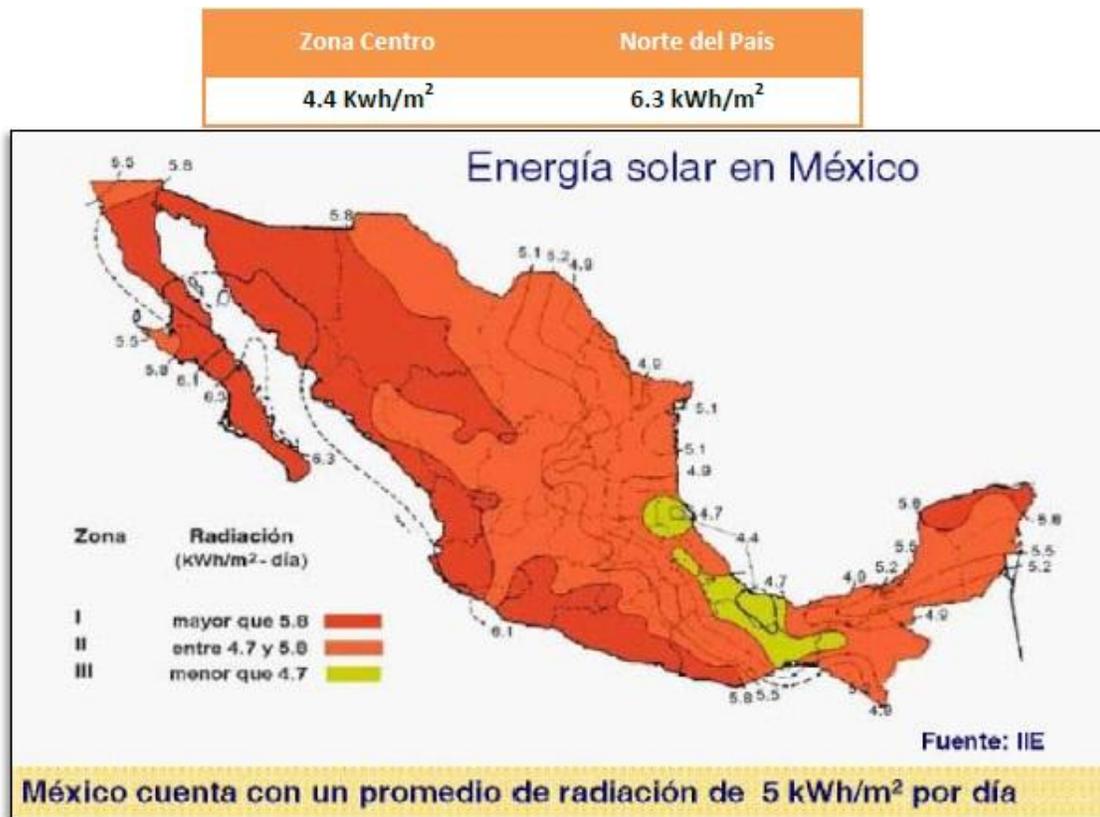
Para realizar la instalación de paneles solares por piscina siempre se debe de tener en cuenta la región en donde se realizará la instalación para determinar el número exacto de paneles y la posición dependiendo del ángulo de incidencia de los rayos solares, además del dato principal, estos son los paneles solares instalados por área superficial de piscina.

Teóricamente se debe de instalar  $1m^2$  de panel solar, por cada  $1m^2$  de superficie de la alberca, pero esto puede variar dependiendo del lugar en el que se requiera instalar.

Las unidades de medida de la irradiación solar o también conocidas como insolación las mencionadas a continuación:

Estas unidades son expresadas en medida del flujo de energía recibida por unidad de área por día, pero esto último depende de la cantidad de radiación solar que hay cada día a diferentes horas de exposición, así que, por generalidad, se toma un horario de 9 a 3 de la tarde y con una radiación promedio general de todo el año en la región o estado en el cual se pretende hacer la instalación, por lo cual, la unidad es el watt en una hora por cada metro cuadrado ( $wh/m^2$ ) o tomando las consideraciones anteriores puede ser ( $wdía/m^2$ ). Es muy importante observar estos datos, ya que en cada región del país, dependiendo de la latitud y estación del año puede variar, tanto las horas de incidencia, como la potencia en la cual inciden los rayos del sol.

En la Fig. 14 se muestra un ejemplo de la radiación solar promedio, pero siempre se debe de tener en cuenta que en enero es el mes en el que se tiene la menor irradiación solar, y, por tanto en mayo o junio es en los meses en los cuales se tiene la mayor irradiación solar.



**Fig. 14: Irradiación solar promedio en México por día.<sup>[8]</sup>**

Cabe mencionar que, si se instala un mayor número de paneles solares, se tendrá un mayor aumento de temperatura, en la misma cantidad de tiempo. Generalmente se instalan más, considerando la pérdida de energía calorífica en la piscina, la baja recolección en días nublados y la pérdida sobre la piscina como tal.

En estos paneles solares, siempre se debe de instalar un controlador, ya que es el que puede redireccionar el flujo hacia los paneles solares o ya sea el equipo auxiliar de calentamiento, ya sea bomba de calor o caldera. Este tipo de controladores contienen tres elementos importantes, los cuales son: Equipo controlador regulable, dos sensores de temperatura y una electroválvula regulada por el mismo equipo controlador.

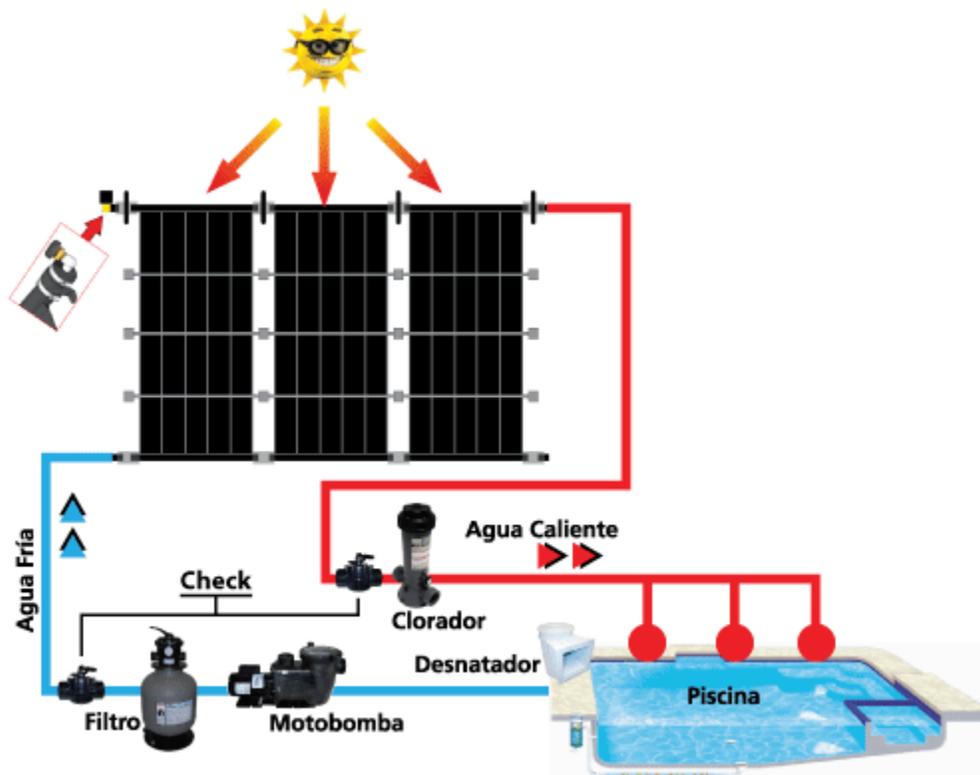
El panel solar para piscinas está elaborado con polipropileno y estabilizadores químicos que le proporcionan una mayor resistencia a los rayos ultravioleta. Se cuenta con distintas marcas en el mercado, pero, todos son similares al mostrado en la Fig. 15.

[8] Instituto de Investigaciones Eléctricas



**Fig. 15: Panel solar inter wáter, actualmente uno de mejor eficiencia.**

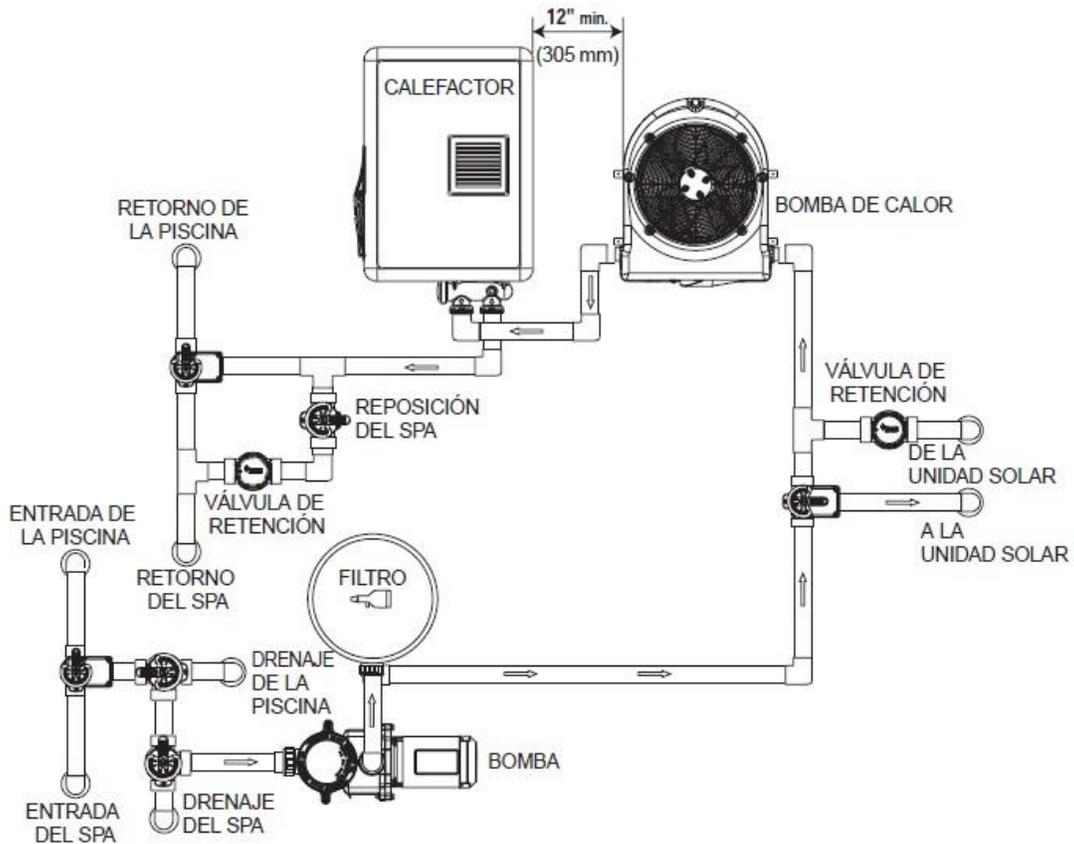
La instalación simple de un panel solar se puede ver en la Fig. 16 la cual no contiene ningún tipo de calentador auxiliar.<sup>[9]</sup>



**Fig. 16: Instalación de paneles solares simple, sin controlador térmico ni calentador auxiliar**

[9] Manual técnico de paneles solares inter water

En caso de realizar la instalación de calentadores auxiliares deberán instalarse, estrictamente en el mismo orden que se muestra en la Fig. 17.



**Fig. 17: Ejemplo de diagrama de instalación de paneles solares con dos calentadores auxiliares.**

En la Fig. 17 se presenta un arreglo de paneles solares con bomba de calor y una caldera. Se realiza de esta manera para lograr brindar la mayor temperatura proveniente de los paneles solares para no ocupar energía eléctrica o combustibles, además cada equipo de calefacción contiene un sensor de temperatura, por tal motivo, al recibir el flujo a través de la bomba de calor, si tiene temperatura superior a la temperatura deseada, este equipo no operará, y lo mismo sucederá con la caldera.

Cabe mencionar que el controlador automatizado de los paneles solares, si detecta baja temperatura en el exterior no realiza flujo hacia ellos y por medio de una electroválvula de 3 vías dirige automáticamente el flujo hacia los calentadores auxiliares.

## 2.4 Normatividad

En México, los parámetros y la normativa que nos rige es la norma oficial mexicana **NOM 245 SSA1 2010**.<sup>[10]</sup> La cual establece los parámetros mínimos de cuidado en el agua de las piscinas que se deben conocer y controlar.

Además establece la periodicidad y tipo de control documental que se debe de tener y por último los análisis que se deben realizar.

Algunos de los puntos más importantes de la norma, son los siguientes:

- 1) Tener procedimientos de operación, limpieza y mantenimiento
- 2) Llevar bitácoras
- 3) Contar con procedimientos de contingencias
- 4) Prohibir el ingreso a mascotas
- 5) Reglamento de medidas de seguridad y protección de la salud
- 6) Servicios sanitarios y regaderas
- 7) Renovación del 5% del agua
- 8) mantenimiento de equipos, filtros y accesorios.

De acuerdo a la norma oficial mexicana, se deben de tener los siguientes parámetros (Fig. 18).

<b>Parámetro</b>	<b>Margen mínimo (ppm)</b>	<b>Margen máximo (ppm)</b>
Cloro libre	1	5
Cloraminas	0	0.5
PH	6.5	8.5
Alcalinidad	80	125
Dureza	150	250
Metales	0	Mínimo
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	0	1200

**Fig. 18: Tabla de parámetros y márgenes máximos y mínimos**

[10] [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5256066&fecha=25/06/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5256066&fecha=25/06/2012)

## 2.5 Medición y tratamiento del agua

Para la medición de parámetros se requiere de un colorímetro profesional para piscinas de 8 pasos, como el mostrado en la Fig.19.



**Fig. 19: Colorímetro profesional para piscinas de 8 pasos.**

La frecuencia de medición de los parámetros, dependerá principalmente si la piscina es de uso público o de uso privado, porque al haber un mayor número de personas, se debe de tener los parámetros muy cuidados, para mantener estricto control de algas, bacterias y algún otro elemento externo.

En el caso de uso privado disminuye la frecuencia de medición, la cual estará determinada por el personal a cargo de la piscina.

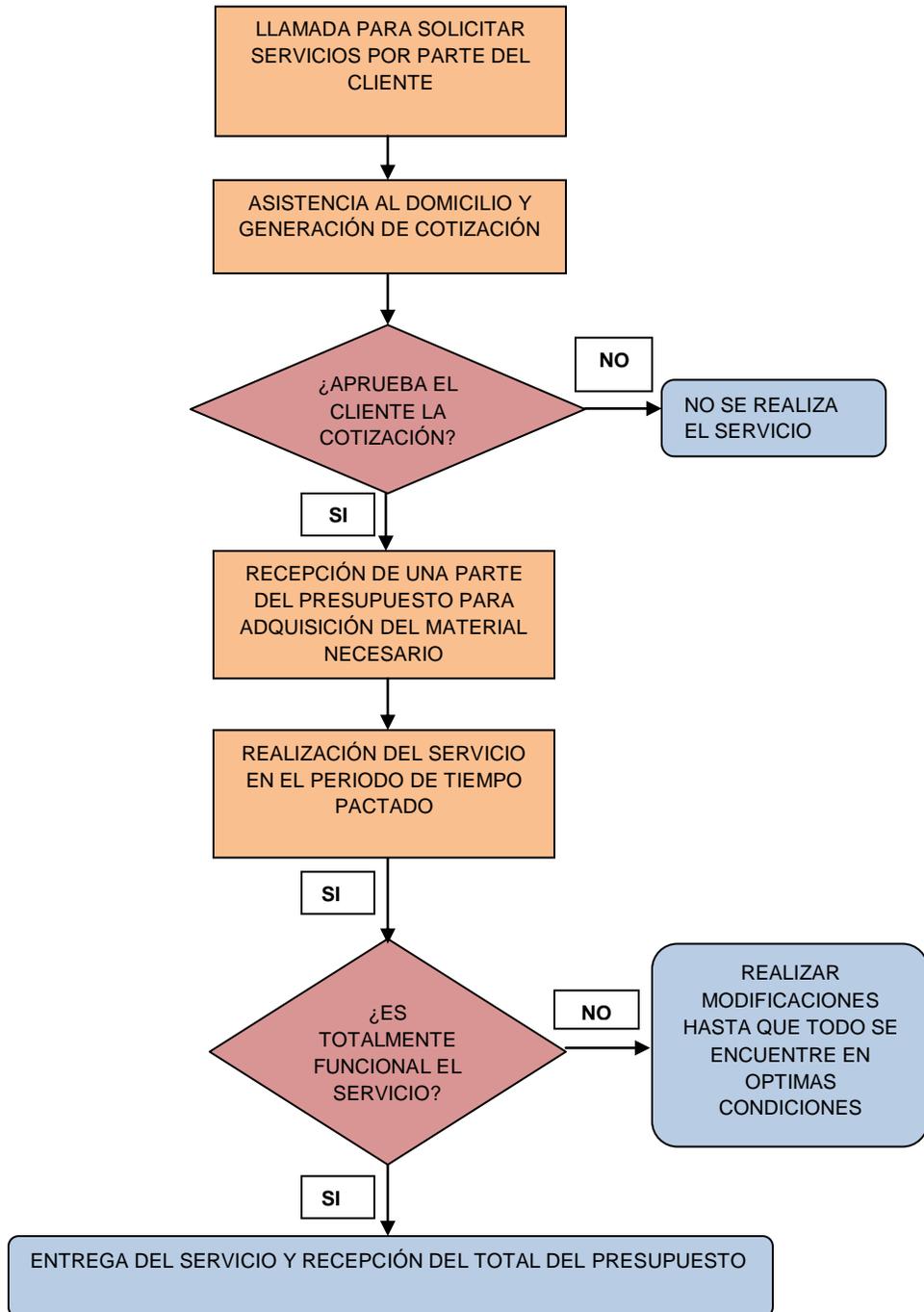
Para tener un mantenimiento preventivo correcto se debe tomar en cuenta el tratamiento físico del agua, el cual involucra el retro lavado del filtro, limpieza de trampilla de pelos de la motobomba, cepillado de paredes y aspirado de partículas en la parte inferior, así como la remoción de partículas flotantes con ayuda de la red flexible.

En el caso de ser un filtro de cartucho, llevará su lavado anual, el cual es recomendado por el fabricante.

En cuanto al mantenimiento correctivo en un filtro de arena, será el cambio total de la arena del filtro o el cambio de cartucho, en caso de ser de este tipo, ya que, estos equipos de remoción de partículas son fundamentales en la higiene de la piscina.

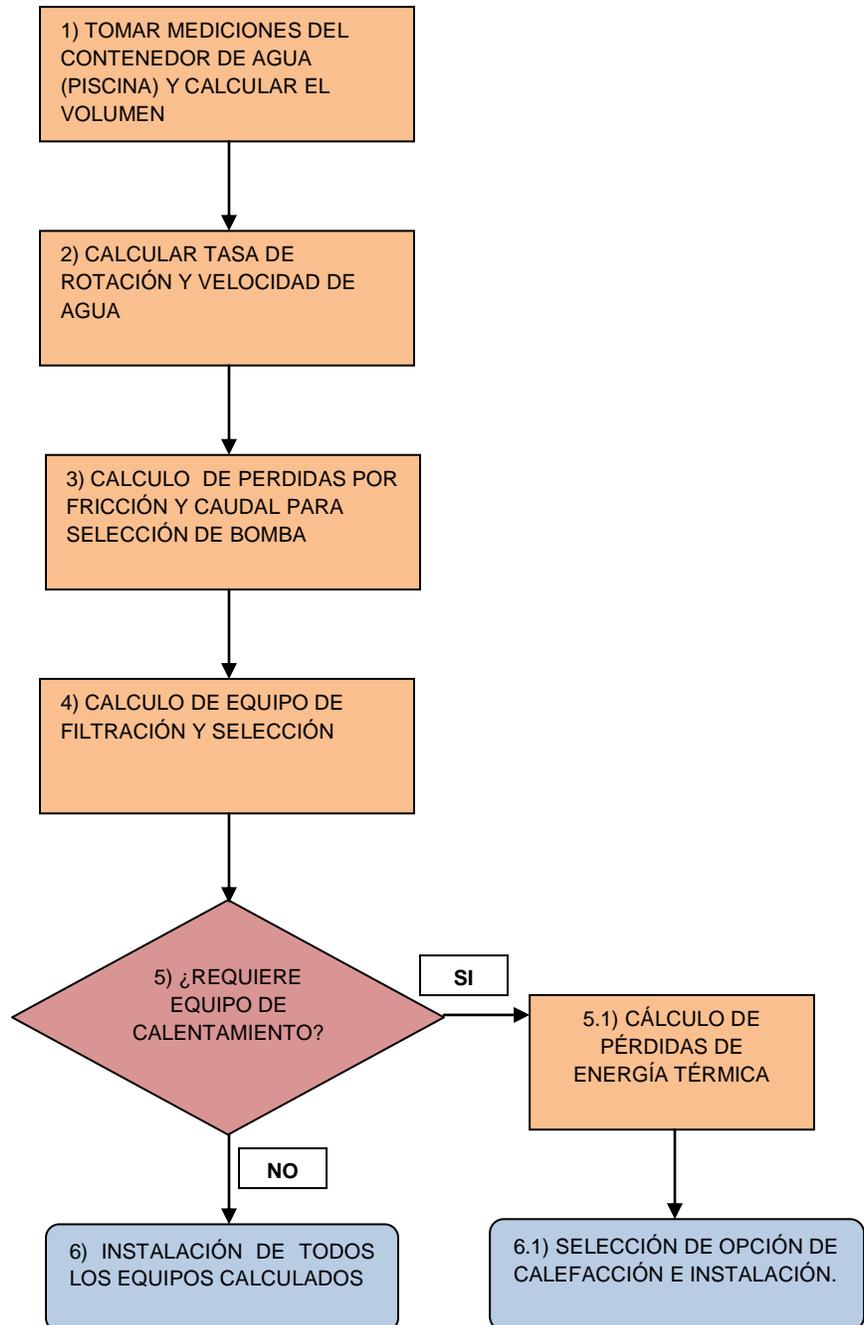
### CAPITULO 3 CASOS DE ESTUDIOS

Durante mi estancia he desarrollado un gran número de proyectos, por tal motivo a continuación muestro un diagrama de flujo (Fig. 19) general de las operaciones realizadas a lo largo del proceso, a partir de lo cual he desarrollado un flujo de proceso, con base en la norma ECO 207 (**Anexo B**).



**Fig. 19: Proceso de trabajo**

Para realizar la instalación de los equipos y su capacidad, primero hay que realizar las mediciones y operaciones necesarias, las cuales llevan un trayecto paso a paso, y por tal motivo elaboré un proceso de cálculo mostrado en la Fig. 20.



**Fig. 20: proceso general de cálculo**

### 3.1 CASO DE ESTUDIO 1

#### Planteamiento del problema

Con la idea de conocer el estado de las instalaciones, realizamos un diagnóstico, de donde encontramos los siguientes problemas:

El problema principal fue la avería de una motobomba que tenía un desgaste sumamente excesivo en las alabes, dejándola inservible, ya que esta motobomba averiada no era de la capacidad de potencia requerida para la piscina

Otro problema fue la falta de filtración, generando así que el agua se presentaba turbia.

El siguiente problema se encuentra en las bombas de calor, con base en lo estipulado por el fabricante, los conductos hidráulicos se encontraban en un orden incorrecto, provocando un mal funcionamiento, y por ende, un mal calentamiento elevando el costo de operación ya que los equipos se encontraban funcionando casi las 24 horas del día, todos los días de la semana.

Cabe mencionar que dos de las cuatro bombas de calor que se encuentran instaladas, las encontramos sin servicio.

#### Características:

Se tienen las siguientes características de la piscina 12x9x1.2 [m].

Opera con una temperatura de 27°C.

Su uso es en escuela de natación para niños de entre 8 y 14 años, lo cual implica cubrir los requerimientos mostrados en la Tabla 1.

**Tabla 1: Parámetros máximos y mínimos.**

<b>Parámetro</b>	<b>Margen mínimo (ppm)</b>	<b>Margen máximo (ppm)</b>
Cloro libre	2	3
Cloraminas	0	0.3
PH	7.4	7.6
Alcalinidad	80	125
Dureza	150	250
Metales	0	Mínimo
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	0	1200



En este apartado se muestra el arreglo de la tubería con la cual se encontraban las bombas de calor (Fig. 24) las cuales están instaladas de una manera incorrecta y de tal modo que no concuerdan con la (Fig. 13) proporcionada por el fabricante. Por este motivo se necesitaba permanecer funcionando casi las 24 horas, ya que, en el caso de las bombas de calor más alejadas a la motobomba no generaban la energía calorífica óptima.



**Fig. 24: Bombas de calor antes de modificar**

En el caso de los filtros de arena, podemos observar (Fig. 25) que se encuentran en un orden desproporcional, generando más presión en el que se encuentra en la parte derecha, generando una mayor carga dinámica y de manera gradual a la parte central y por último hacia el ubicado en la parte izquierda, por tanto, la filtración no es adecuada, provocando el principal problema con el filtrado y con las motobombas



**Fig. 25: Filtros de arena antes de modificar**

A continuación se presenta el arreglo de las tres motobombas instaladas antes de la modificación (Fig. 26).

En este caso hay dos puntos importantes a considerar. El primero es que al observar las especificaciones de las tres motobombas, vimos que la potencia era de 2 HP, lo cual es bastante deficiente. El segundo punto es que se logra observar un encharcamiento, ya que se encuentran en un metro por debajo de la superficie, provocando que en lluvias suba el nivel de agua, provocando fallas, y por tal motivo se encuentran en malas condiciones.



**Fig. 26: motobombas preinstaladas**

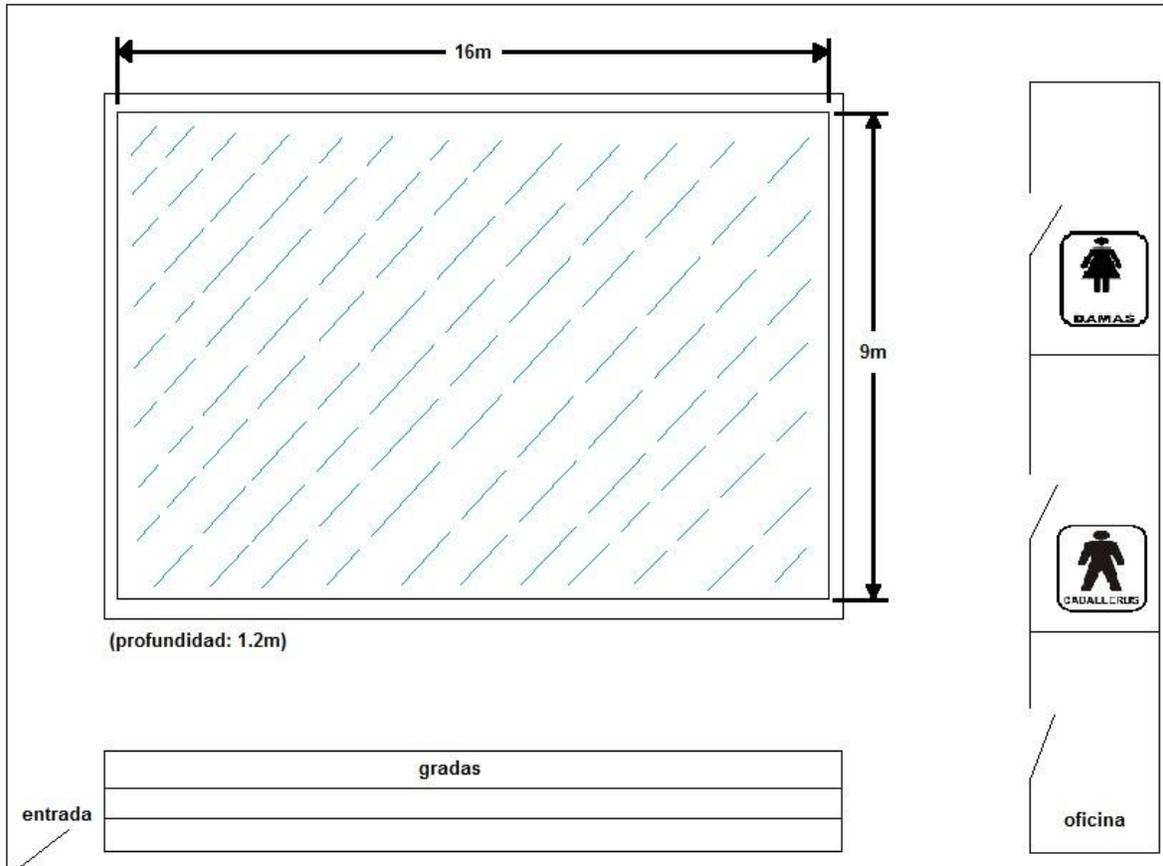
Como ya se había mencionado anteriormente, el siguiente desgaste de las alabes de la motobomba se presenta, porque esta recibía una mayor carga dinámica, a diferencia de las otras dos motobombas ya instaladas, En la (Fig. 27) se muestra un círculo mostrando el diámetro que debería tener y dos líneas que muestran el desgaste mayor a una pulgada de radio.



**Fig. 27: Desgaste en alabes mayor a 1"**

### Desarrollo del problema:

Realicé el siguiente plano, para representar de manera gráfica las medidas necesarias para el cálculo del volumen del contenedor (Fig. 28)



**Fig. 28: Plano de salón de natación, colegio Gabriela Mistral**

El primer paso para conocer el caudal es calcular el volumen del contenedor y con ayuda del plano anterior, se tienen los siguientes datos:

$$V=16 \times 9 \times 1.2=172.8 (m^3)$$

Donde:

V=volumen contenido de agua en ( $m^3$ )

Por consiguiente, realizo la conversión a litros de agua, por lo que:

$$1 m^3= 1000 \text{ litros}$$

Entonces:

$$L=172.8 \times 1000=172,800 \text{ litros de agua.}$$

### **Cálculo de flujo mínimo (tasa de rotación)**

Para este cálculo aplico la ecuación:

$$\frac{v}{t} = Q_{min}$$

Sustituyendo:

$$\frac{172,800}{8} = Q_{min} = 21,600 \frac{l}{h}$$

Expresando este valor en litros por minuto:

$$\frac{21,600 \frac{l}{h}}{60} = 360 \frac{l}{min.}$$

Este valor nos servirá para calcular el flujo deseado.

### **Cálculo de flujo máximo (velocidad de agua)**

De acuerdo a la tabla 1 (**ver anexo A**) el flujo máximo permitido es de **520 LPM** a 1.8 m/s.

### **Cálculo de flujo deseado**

Flujo mínimo: 360 LPM

Flujo máximo: 520 LPM

$$\text{Flujo deseado} = \frac{360+520}{2} = 440 \text{ LPM}$$

El flujo deseado servirá para obtener las pérdidas por fricción a lo largo de la tubería.

### **Determinación de pérdidas por fricción**

En las figuras 29-32, se presenta la modificación realizada. En este caso decidí realizar primero la instalación de la tubería para obtener las pérdidas por fricción con las cuales operará en régimen permanente. Debido a una inspección durante la instalación, realicé un recuento de los accesorios y los metros de tubería recta instalada.



**Fig. 29: Instalación de válvulas**



**Fig. 30: Conexión tipo "Y" para filtros**



**Fig. 31: Tubería de motobomba a filtro**



**Fig. 32: Tubería de filtro a retorno**

Para conocer el estado de las instalaciones, realicé un levantamiento de las instalaciones hidráulicas y de esta manera, me fue posible determinar la cantidad de accesorios instalados, así como las distancias y calidad de las instalaciones actuales, y por medio de la Tabla 2 se presenta los tipos y cantidad de accesorios instalados.

**Tabla 2: Cantidad de accesorios instalados**

Ø	Accesorios									
	Válvula globo	Válvula check	Codo de 90°	Conector	Conector tipo Yee	Conector tipo Tee	Codo de 45°	Tuerca unión	Reducción bushing 6"-2"	Reducción bushing 4"-2"
6"	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0
2"	17	3	41	17	1	0	20	14	10	1

En cuanto a la longitud realicé una medición de la tubería, tanto de 6 como de 2 pulgadas, mostrada en la Tabla 3

**Tabla 3: longitud de las tuberías**

Ø	Longitud
6"	6.6 (m)
2"	41(m)

**1) Cálculo de pérdidas por fricción en tubería de 6 pulgadas:**

**a) Tubería recta:**

Con ayuda de la fórmula de Hazen-Williams, se tiene lo siguiente:

$$hf = 1.21 \times 10^{10} \times L \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times d_{int}^{-4.87}$$

Datos obtenidos:

$$D = 161.2 \text{ mm}$$

$$Q = 7.33 \text{ l/s}$$

$$C = 150$$

$$L = 6.6 \text{ m}$$

Sustituyendo:

$$hf = 1.21 \times 10^{10} \times 6.6 \times \left(\frac{7.33}{150}\right)^{1.852} \times 161.2^{-4.87}$$

$$hf = 5.31 \times 10^{-3} \text{ m}$$

### b) Accesorios de 6 pulgadas:

Los valores del coeficiente de fricción dinámico están contenidos en la tabla 2 (**Ver anexo A**), que servirán para realizar la sumatoria de pérdidas por fricción de los accesorios de 6 pulgadas, realizados con base en la ecuación de Darcy-Weilbach mostrada a continuación:

$$h_p = K \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Con una velocidad de:

$$V = 1.8 \text{ m/s}$$

Conforme a los datos obtenidos de la tabla 2 se tiene lo siguiente:

$$6 \text{ conexión tipo Tee} \quad h_{Tee} = \left(1.3 \frac{1.8^2}{2(9.78)}\right) \times 6 = \mathbf{1.29m}$$

$$2 \text{ codos de } 90^\circ \quad h_{\text{codos}90} = \left(1.3 \frac{1.8^2}{2(9.78)}\right) \times 2 = \mathbf{0.43m}$$

$$1 \text{ conexión tipo yee} \quad h_{Yee} = \left(0.5 \frac{1.8^2}{2(9.78)}\right) \times 1 = \mathbf{0.083m}$$

$$\sum h_p = 1.29 + 0.43 + 0.083 = \mathbf{1.803 m}$$

### 2) Cálculo de pérdidas por fricción en tubería de 2 pulgadas:

#### a) Tubería recta:

$$hf = 1.21 \times 10^{10} \times L \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times d^{-4.87}$$

Datos obtenidos:

$$D = 56.4 \text{ mm}$$

$$Q = 7.33 \text{ l/s}$$

$$C = 150$$

$$L = 41 \text{ m}$$

Sustituyendo:

$$hf = 1.21 \times 10^{10} \times 41 \times \left(\frac{7.33}{150}\right)^{1.852} \times 56.4^{-4.87}$$

$$\mathbf{hf = 5.49 m}$$

### b) Accesorios de 2 pulgadas:

Los valores del coeficiente de fricción dinámico están contenidos en la tabla 2 (**Ver anexo A**), que servirán para realizar la sumatoria de pérdidas por fricción de los accesorios de 2 pulgadas, realizados con base en la ecuación de Darcy-Weilbach mostrada a continuación:

$$h_p = K \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$V = 1.8 \text{ m/s}$$

Conforme a los datos obtenidos de la tabla 2 se tiene lo siguiente:

$$17 \text{ válvulas tipo globo} \quad h_{v\u00e1lvulas} = \left(6.9 \frac{1.8^2}{2(9.78)}\right) \times 17 = \mathbf{19.43m}$$

$$41 \text{ codos de } 90^\circ \quad h_{codos90} = \left(1.3 \frac{1.8^2}{2(9.78)}\right) \times 41 = \mathbf{8.83m}$$

$$17 \text{ conectores} \quad h_{conectores} = \left(0.2 \frac{1.8^2}{2(9.78)}\right) \times 17 = \mathbf{0.56m}$$

$$1 \text{ conector tipo Yee} \quad h_{yee} = \left(0.5 \frac{1.8^2}{2(9.78)}\right) \times 1 = \mathbf{0.083m}$$

$$20 \text{ codos } 45^\circ \quad h_{codos45} = \left(0.5 \frac{1.8^2}{2(9.78)}\right) \times 20 = \mathbf{1.66m}$$

$$14 \text{ tuercas unión} \quad h_{T \text{ unión}} = \left(0.21 \frac{1.8^2}{2(9.78)}\right) \times 14 = \mathbf{0.49m}$$

$$10 \text{ reducciones bushing } 6''\text{-}2'' \quad h_{bushing} = \left(3.5 \frac{1.8^2}{2(9.78)}\right) \times 10 = \mathbf{5.8m}$$

$$1 \text{ reducciones bushing } 4''\text{-}2'' \quad h_{bushing} = \left(1.3 \frac{1.8^2}{2(9.78)}\right) \times 1 = \mathbf{0.22m}$$

$$3 \text{ válvulas check} \quad h_{check} = \left(2 \frac{1.8^2}{2(9.78)}\right) \times 3 = \mathbf{0.99m}$$

$$\Sigma h_p = 19.43 + 8.83 + 0.56 + 0.083 + 1.66 + 0.49 + 5.8 + 0.22 + 0.99$$

$$\Sigma h_p = \mathbf{38.063 m}$$

### 3) Sumatoria de pérdidas por fricción total:

En la tabla 4 se muestra la recopilación de datos obtenidos en metros de columna de agua (m.c.a.)

**Tabla 4: Recopilación de datos**

$\emptyset$	Accesorios (m.c.a.)	Tubería recta (m.c.a.)
6"	1.803	$5.31 \times 10^{-3}$
2"	38.063	5.49

#### a) Sumatoria en accesorios:

$$\sum h_p = 38.063 + 1.803 = 39.866m$$

#### b) Sumatoria total:

$$h_{f\ total} = h_f + \sum h_p$$

$$h_{f\ total} = 5.31 \times 10^{-3} + 5.49 + 39.866 = 45.361\ m$$

### Determinación de carga dinámica de trabajo

Utilizo la ecuación de Bernoulli, la cual es:

$$H_B = h_{f\ total} + \left[ \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + Z_2 \right] - \left[ \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + Z_1 \right]$$

Para este caso, se obtuvieron los siguientes datos:

$$h_{f\ total} = 45.361\ m$$

$$P_2 = 23\ \text{psi} = 16.17\ \text{m.c.a.}$$

$$P_1 = 0\ \text{m.c.a.}$$

$$V_2 = 1.8\ \text{m/s}$$

$$V_1 = 0\ \text{m/s}$$

$$\rho = 1000\ \text{kg/m}^3$$

$$g = 9.78\ \text{m/s}^2$$

$$Z_2 = 1.2\ m$$

$$Z_1 = -0.3\ m$$

Sustituyendo:

$$H_B = 45.361 + \left[ \frac{16.17}{9780} + \frac{3.24}{19.56} + 1.2 \right] - (-0.3)$$

$$H_B = 47.03 \text{ m}$$

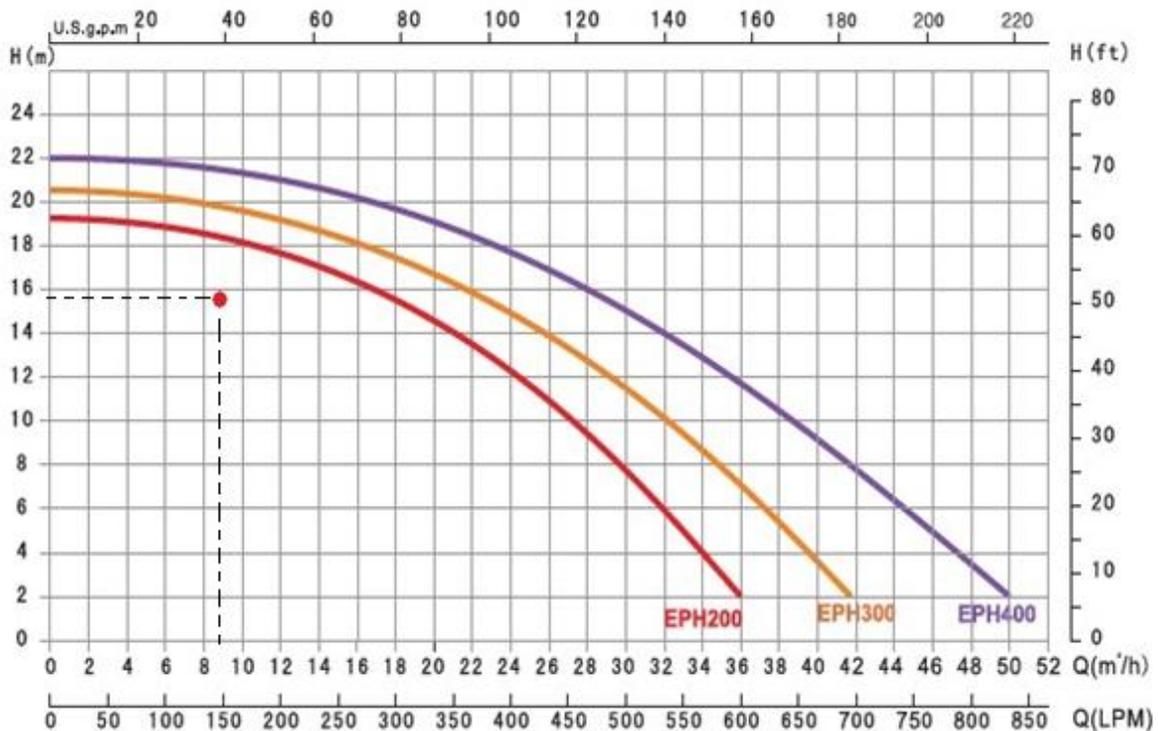
En la tabla 5, la presión total en la motobomba y la reparto en cada una de las 3 motobombas existentes.

**Tabla 5: Tabla de resultados**

motobomba	Presión (m.c.a.)	Caudal (LPM)
1	15.68	146.66
2	15.68	146.66
3	15.68	146.66
$\Sigma$	<b>47.03</b>	<b>440</b>

### Selección de motobomba

Hay un grupo variado de motobombas a elegir, pero para este caso la motobomba de alto rendimiento, marca “Emaux” de la serie EPH es la apropiada, por lo que a continuación muestro la tabla de rendimiento (Fig. 33) con un punto correspondiente a los valores calculados, con los cuales seleccionaré la motobomba adecuada.



**Fig. 33: Tabla de rendimiento motobomba Emaux modelo EPH**

### **Opción 1:**

En la Fig. 33 se puede observar que la motobomba EPH 200 se acerca a las prestaciones requeridas, pero con un exceso mínimo en la presión de operación, razón que para este tipo de piscina es de gran utilidad, porque presenta un uso comercial, y esto es preferente para que las motobombas contengan un excedente de presión, para satisfacer la demanda de filtración que presenta cuando se realizan competencias regionales.

### **Opción 2:**

La motobomba EPH 300 presenta un rendimiento excedido, así que la motobomba es la adecuada para realizar el trabajo de operación. Se les comentó a los clientes la necesidad de realizar el cambio de las 2 motobombas restantes.

### **Criterio de selección:**

Con ayuda de la tabla 6 se les indico a los clientes las opciones de solución, con las características más importantes de cada motobomba.

**Tabla 6: rendimiento y precio**

<b>Modelo</b>	<b>Potencia (HP)</b>	<b>Presión de Operación</b>	<b>Presión Máxima</b>	<b>Diferencia De presión</b>	<b>Precio (MXN)</b>
EPH 200	2.5	15.68 (m.c.a.)	18.25 (m.c.a.)	2.57 (m.c.a.)	7,205.00
EPH 300	3	15.68 (m.c.a.)	20 (m.c.a.)	4.32 (m.c.a.)	9,185.00

En la tabla 6 se observa que la motobomba Emaux, modelo EPH 300 es la adecuada para realizar las prestaciones requeridas, por lo tanto, es la que se le recomendó al cliente, sin embargo, el cliente optó por la bomba más económica, a pesar de las justificaciones dadas, el cliente solicitó la instalación de dicha motobomba.

Además se le recomendó realizar el cambio de las motobombas inicialmente instaladas, que presentan una potencia de 2 HP, potencia que es inferior a la requerida por la instalación

A continuación en las Figuras 34 y 35 se muestra la instalación final, con una motobomba blanca de alto rendimiento, marca Emaux, modelo EPH 200



**Fig. 34 Vista lateral de instalación final**



**Fig. 35 Vista frontal de las motobombas instaladas**

Al final de la instalación de los equipos, se presentó la instalación de la tubería hidráulica funcionando sin problema alguno. En cuanto al caudal y presión de operación de la motobomba, se encontraron en parámetros normales, oscilando de 20 a 24 P.S.I. Parámetros máximos y mínimos que se deben de controlar en estos filtros que son muy frágiles, elaborados a base de fibra de vidrio.

Regresamos días después para observar el comportamiento de filtración y se presentó menores tiempos de operación, oscilando de 7 a 9 horas, tiempo que disminuyó, en comparación al tiempo anterior que era de casi las 24 horas

### 3.2 CASO DE ESTUDIO 2

#### Planteamiento del problema

El lugar es un salón de fiestas, en el que requirieron nuestros servicios para instalar una piscina en la parte posterior interna del salón, que tuviera dos características principales, las cuales son:

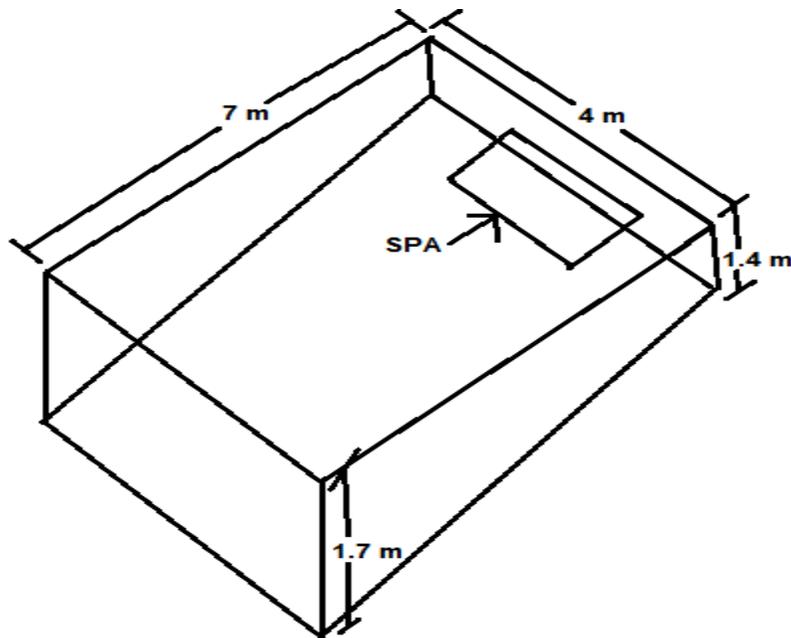
La primera que contara con un sistema de calefacción

La segunda, que en un costado de la piscina se contara con un sistema similar a un spa.

En este caso de estudio fuimos partícipes desde el inicio de la construcción e instalación de la conexión hidráulica y eléctrica de la piscina, y tiempo después de la construcción del contenedor, instalamos el equipo electro-mecánico, el equipo de filtración y el equipo de calefacción requerido por el cliente

#### Características:

Medida del contenedor: 7x4 (m) en la superficie y en la parte de profundidad, se tiene en un costado una medida de 1.3 (m) con una inclinación tal que en el otro extremo tiene una altura de 1.7 (m), mostrado en el siguiente croquis Fig. 36.



**Fig. 36 Croquis de la piscina con spa en un costado**

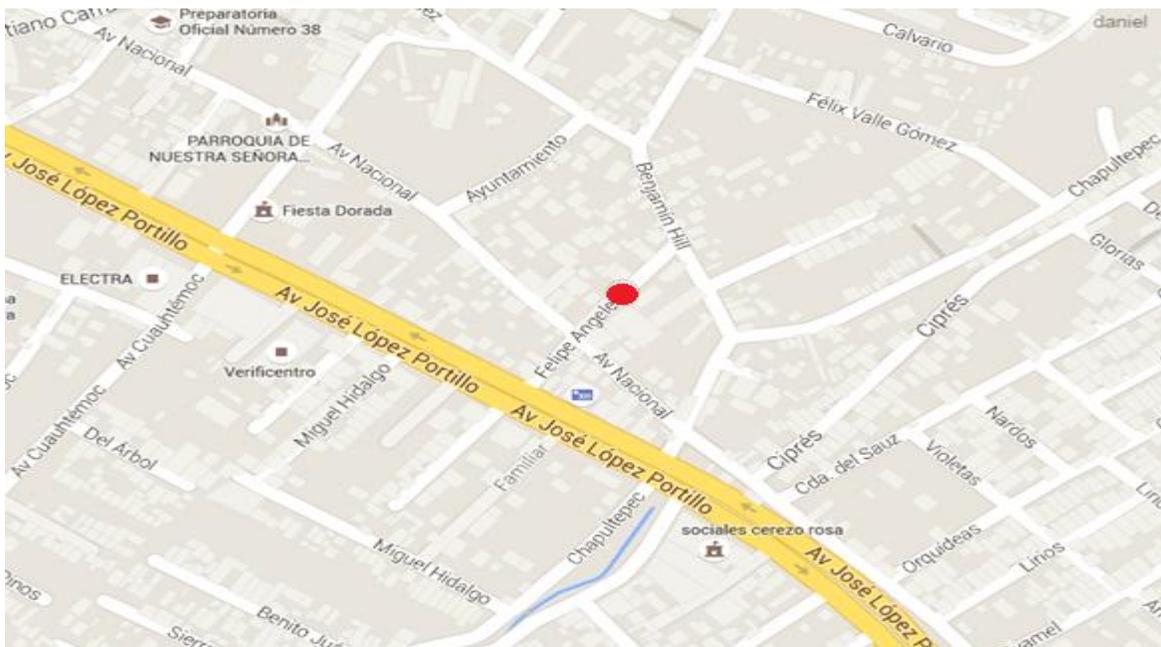
La temperatura de operación deseada es de 28 (°C)

Su uso es para un salón de eventos, por lo que está destinado para todo tipo de público, con una estancia máxima por evento de 8 horas, lo cual implica cubrir los requerimientos mostrados en la Tabla 7

**Tabla 7: Márgenes y parámetros para piscinas techadas**

Parámetro	Margen mínimo (ppm)	Margen máximo (ppm)
Cloro libre	2	3
Cloraminas	0	0.3
PH	7.4	7.6
Alcalinidad	80	125
Dureza	150	250
Metales	0	Mínimo
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	0	1200

Lugar: Calle Felipe Ángeles, Colonia Guadalupe I. Ramírez, C.P. 55000. Coacalco. Estado de México (Fig. 37)



**Fig. 37: Ubicación de salón de fiestas**

En la Fig. 38 se muestra el contenedor vacío



**Fig. 38: Contenedor vacío, previo a modificación alguna**

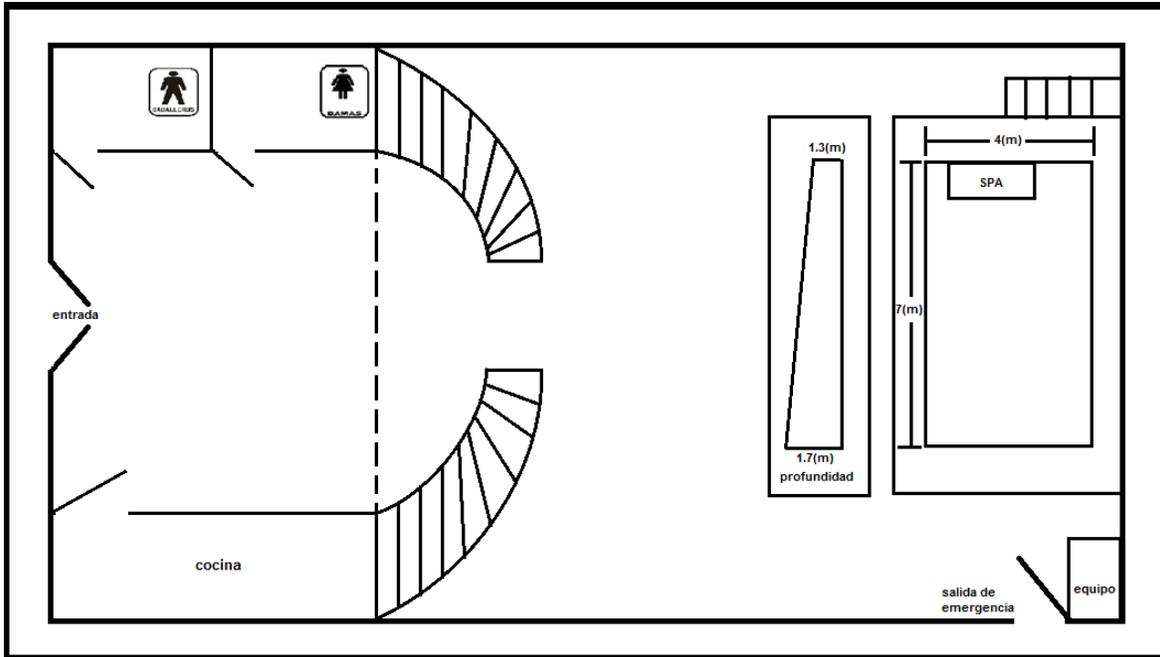


En la fig. 39 se puede observar la instalación de tubería hidráulica necesaria que realizamos con anticipación, la cual se encuentra en el costado posterior interno del salón de fiestas. Cabe mencionar que este lugar lo seleccionamos porque, tanto la salida de flujo, ya sea emisiones o flujo de aire, en caso de ser bomba de calor (mas adelante la seleccionaremos), tanto como la toma de energía eléctrica se encuentran en este lugar de trabajo.

**Fig. 39: Lugar donde se realizará la instalación**

### Desarrollo del problema:

Realicé el siguiente croquis, para representar de manera gráfica las medidas necesarias para el cálculo del volumen del contenedor (Fig. 40)



**Fig. 40: Plano de salón de fiestas**

El primer paso para conocer el caudal es calcular el volumen del contenedor y con ayuda de los datos anteriormente obtenidos se tiene lo siguiente:

$$H_{m\acute{a}x.} = 1.7 \text{ (m)}$$

$$H_{m\acute{i}n.} = 1.3 \text{ (m)}$$

$$\text{Promedio} = 1.5 \text{ (m)}$$

$$V = 7 \times 4 \times 1.5 = 42 \text{ (m}^3\text{)}$$

Donde:

V=volumen contenido de agua en ( $m^3$ )

Por consiguiente, realizo la conversi3n a litros de agua, por lo que:

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litros}$$

Entonces:

$$L = 42 \times 1000 = 42,000 \text{ litros de agua.}$$

### **Cálculo de flujo mínimo (tasa de rotación)**

Para este cálculo aplico la ecuación:

$$\frac{V}{t} = Q_{min}$$

Sustituyendo:

$$\frac{42,000}{6} = Q_{min} = 7,000 \frac{l}{h}$$

Expresando este valor en litros por minuto:

$$\frac{7,000 \frac{l}{h}}{60} = \mathbf{116.66 \frac{l}{min.}}$$

Este valor nos servirá para calcular el flujo deseado.

### **Cálculo de flujo máximo (velocidad de agua)**

De acuerdo a la tabla 1 (**ver anexo A**) el flujo máximo permitido es de **240 LPM** a 1.8 m/s.

### **Cálculo de flujo deseado**

Flujo mínimo: 116.66 LPM

Flujo máximo: 240 LPM

$$\text{Flujo deseado} = \frac{116.66+240}{2} = \mathbf{178.33 LPM}$$

El flujo deseado servirá obtener las pérdidas por fricción a lo largo de la tubería.

### **Determinación de pérdidas por fricción**

Realizaré dos cálculos de pérdidas por fricción en tuberías, ya que hay dos de manera independiente. Una es para la filtración, y la otra es para la instalación del spa.

### **Determinación de pérdidas por fricción en equipo para filtración**

En la Fig. 41, se presenta la instalación hidráulica, esto para el caso de la filtración.



**Fig. 41: Conexión de válvulas en conexión hidráulica de 1 ½ pulgada**

Para verificar que el responsable de construir el contenedor respetó las instalaciones hidráulicas que realizamos, inicié una verificación de estas, y de esa manera, me fué posible determinar la cantidad de accesorios instalados, así como las distancias y calidad de las instalaciones, y por medio de la Tabla 8 presento los tipos y cantidad de accesorios instalados.

**Tabla 8: Cantidad de accesorios instalados**

Ø	ACCESORIOS							
	Válvula globo	Válvula check	Codo de 90°	Conector	Conector tipo Tee	Codo de 45°	Tuerca unión	Reducción bushing 2-11/1
2"	0	0	4	2	0	0	2	5
1 ½"	6	1	9	4	5	13	4	0

En cuanto a la longitud realicé una medición de la tubería, tanto de 2 como de 1 ½ pulgadas, mostrada en la Tabla 9.

**Tabla 9: longitud de las tuberías**

Ø	Longitud
2"	1.4 (m)
1 ½"	15.6(m)

**1) Cálculo de pérdidas por fricción en tubería de 2 pulgadas:**  
**a) Tubería recta:**

Con ayuda de la fórmula de Hazen-Williams, se tiene lo siguiente:

$$hf = 1.21 \times 10^{10} \times L \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times d^{-4.87}$$

Datos obtenidos:

$$d = 56.4 \text{ mm}$$

$$Q = 2.97 \text{ l/s}$$

$$C = 150$$

$$L = 1.4 \text{ m}$$

Sustituyendo:

$$hf = 1.21 \times 10^{10} \times 1.4 \times \left(\frac{2.97}{150}\right)^{1.852} \times 56.4^{-4.87}$$

$$hf = \mathbf{0.035 \text{ m}}$$

**b) Accesorios de 2 pulgadas:**

Los valores de coeficiente de fricción dinámico están contenidos en la tabla 2 (**Ver anexo A**), que servirán para realizar la sumatoria de pérdidas por fricción de los accesorios de 2 pulgadas, realizados con base en la ecuación de Darcy-Weilbach mostrada a continuación:

$$h_p = K \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Con una velocidad de:

$$V = 1.8 \text{ m/s}$$

Conforme a los datos obtenidos de la tabla 2 se tiene lo siguiente:

$$4 \text{ codos de } 90^\circ \quad h_{\text{codos } 90} = \left(1.3 \frac{1.8^2}{2(9.78)}\right) \times 4 = \mathbf{0.86 \text{ m}}$$

$$2 \text{ conectores} \quad h_{\text{conectores}} = \left(0.2 \frac{1.8^2}{2(9.78)}\right) \times 2 = \mathbf{0.07 \text{ m}}$$

2 tuercas unión  $h_{T \text{ unión}} = (0.21 \frac{1.8^2}{2(9.78)}) \times 2 = \mathbf{0.07 \text{ m}}$

5 reducciones bushing 2"-1 $\frac{1}{2}$ "  $h_{bushing} = (0.9 \frac{1.8^2}{2(9.78)}) \times 5 = \mathbf{0.75 \text{ m}}$

$$\Sigma h_p = 0.86 + 0.07 + 0.07 + 0.75$$

$$\Sigma h_p = \mathbf{1.75 \text{ m}}$$

**2) Cálculo de pérdidas por fricción en tubería de 1 $\frac{1}{2}$  pulgadas:**

**a) Tubería recta:**

$$hf = 1.21 \times 10^{10} \times L \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times d^{-4.87}$$

Datos obtenidos:

d = 44.6 mm

Q = 2.97 l/s

C = 150

L = 15.6 m

Sustituyendo:

$$hf = 1.21 \times 10^{10} \times 15.6 \times \left(\frac{2.97}{150}\right)^{1.852} \times 44.6^{-4.87}$$

$hf = \mathbf{1.23 \text{ m}}$

**b) Accesorios de 1 $\frac{1}{2}$  pulgadas:**

Los valores coeficiente de fricción dinámico están contenidos en la tabla 2 (**Ver anexo A**), que servirán para realizar la sumatoria de pérdidas por fricción de los accesorios de 1 $\frac{1}{2}$  pulgadas, realizados con base en la ecuación de Darcy-Weilbach mostrada a continuación:

$$h_p = K \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

V = 1.8 m/s

Conforme a los datos obtenidos de la tabla 2 se tiene lo siguiente:

8 válvulas tipo globo  $h_{v\acute{a}lvulas} = (6.9 \frac{1.8^2}{2(9.78)}) \times 6 = \mathbf{6.85 m}$

15 codos de 90°  $h_{codos90} = (1.3 \frac{1.8^2}{2(9.78)}) \times 9 = \mathbf{1.94 m}$

4 conectores  $h_{conectores} = (0.2 \frac{1.8^2}{2(9.78)}) \times 4 = \mathbf{0.13 m}$

13 codos 45°  $h_{codos45} = (0.5 \frac{1.8^2}{2(9.78)}) \times 13 = \mathbf{1.08 m}$

4 tuercas unión  $h_{T\ uni\acute{o}n} = (0.21 \frac{1.8^2}{2(9.78)}) \times 4 = \mathbf{0.14 m}$

1 válvulas check  $h_{check} = (2 \frac{1.8^2}{2(9.78)}) \times 1 = \mathbf{0.33 m}$

5 conexión tipo Tee  $h_{Tee} = (1.3 \frac{1.8^2}{2(9.78)}) \times 5 = \mathbf{1.08 m}$

$$\sum h_p = 6.85 + 1.94 + 0.13 + 1.08 + 0.14 + 0.33 + 1.08$$

$$\sum h_p = \mathbf{11.55 m}$$

### 3) Sumatoria de pérdidas por fricción total:

En la tabla 10 se muestra la recopilación de datos obtenidos

**Tabla 10: Recopilación de datos**

Ø	Accesorios (m.c.a.)	Tubería recta (m.c.a.)
2"	1.75	0.035
1½"	11.55	1.23

### 4) Sumatoria de accesorios:

$$\sum h_p = 1.75 + 11.55 = \mathbf{13.3 m}$$

### 5) Sumatoria total:

$$h_{f\ total} = h_f + \sum h_p$$

$$h_{f\ total} = 0.035 + 1.23 + 13.3 = \mathbf{14.6 m}$$

### Determinación de carga dinámica de trabajo

Utilizo la ecuación de bernoulli, la cual es:

$$H_B = h_{f total} + \left[ \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + Z_2 \right] - \left[ \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + Z_1 \right]$$

Para este caso, se obtuvieron los siguientes datos:

$$h_{f total} = 14.6 \text{ m}$$

$$P_2 = 20 \text{ psi} = 14.06 \text{ m.c.a.}$$

$$P_1 = 0 \text{ m.c.a.}$$

$$V_2 = 1.8 \text{ m/s}$$

$$V_1 = 0 \text{ m/s}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.78 \text{ m/s}^2$$

$$Z_2 = 0 \text{ m}$$

$$Z_1 = -0.5 \text{ m}$$

Sustituyendo:

$$H_B = 14.6 + \left[ \frac{14.06}{9780} + \frac{3.24}{19.56} \right] - (-0.5)$$

$$H_B = 15.27 \text{ m}$$

En la tabla 11, se presentan los resultados generales obtenidos.

**Tabla 11: Tabla de resultados**

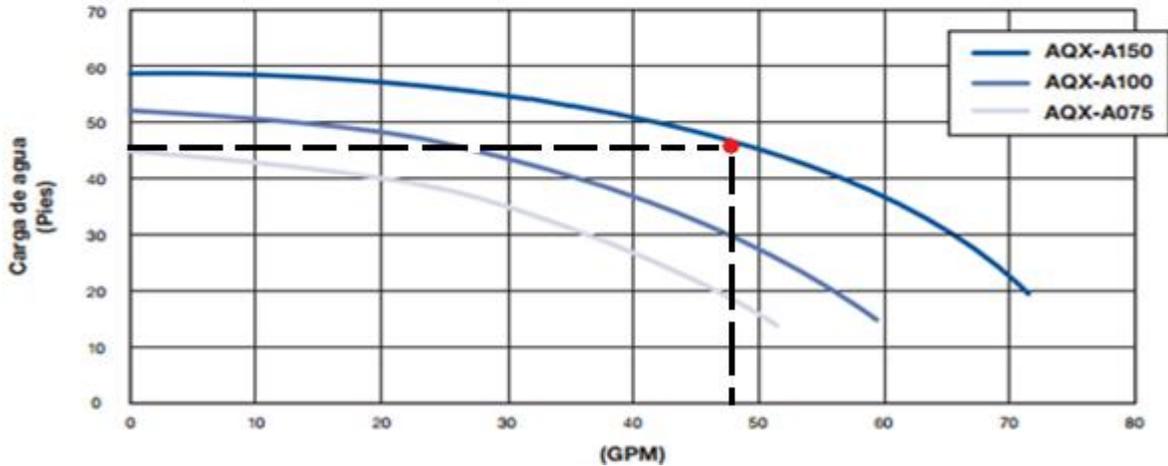
Presión total (m.c.a.)	Caudal total (LPM)
15.27	178.33
Presión total (pies)	Caudal total (GPM)
48.85	46.93

### Selección de motobomba

Hay un grupo variado de motobombas a elegir, pero para este caso la motobomba serie AQX-A, marca "Aquex" es la apropiada, por lo que a continuación se presenta la tabla de rendimiento (Fig. 42) con un punto correspondiente a los valores calculados, y servirá para seleccionar la motobomba adecuada.



Código	Modelo	HP	Volts	Amperes	Fases
111081	AQX-A075-1	¾	110	8.4	1F
111082	AQX-A075-2	¾	220	4.6	1F
111083	AQX-A100-1	1	110	10.5	1F
111084	AQX-A100-2	1	220	5.8	1F
111085	AQX-A150-1	1-½	110	14.0	1F
111086	AQX-A150-2	1-½	220	7.0	1F



**Fig. 42: Tabla de rendimiento motobomba Aquex modelo AQX-A**

**Opción 1:**

En la Fig. 42 se puede observar que la motobomba AQX-A150 se acerca a las prestaciones requeridas, encontrándose levemente por debajo de la curva de rendimiento, pero en este caso, al ser una piscina considerada de uso residencial y situada en el interior del salón de eventos, es la motobomba que mejor se ajusta a las necesidades de la piscina

**Opción 2:**

La motobomba AQX-A100 presenta un déficit de presión, esta podría instalarse, pero presentaría periodos más largos de operación, por lo que no es recomendable realizar su instalación.

**Criterio de selección:**

En la tabla 12 le indicamos al cliente los precios de la motobomba, indicando las características más importantes, los cuales son: potencia, presión y precio para un fácil reconocimiento.

**Tabla 12: rendimiento y precio**

Modelo	Potencia (HP)	Presión de Operación	Presión Máxima	Diferencia De presión	Precio (MXN)
AQX-A100	1	48.85 (ft.)	30 (ft.)	-18.85 (ft.)	6,090.00
AQX-A150	1.5	48.85 (ft.)	49 (ft.)	0.15 (ft.)	6,620.00

En la tabla 12 se observa que la **motobomba AQX-A150** es la adecuada para realizar las prestaciones requeridas, por lo tanto, es la que se le recomendó al cliente, y la que será instalada para realizar el trabajo de filtración.

### Determinación de pérdidas por fricción en spa

Para verificar que el responsable de construir el contenedor respetó las instalaciones hidráulicas, realicé una verificación de estas, y de esta manera, me fué posible determinar la cantidad de accesorios instalados, así como las distancias, y por medio de la Tabla 13 se presenta los tipos y cantidad de accesorios instalados.

**Tabla 13: Cantidad de accesorios instalados**

Ø	ACCESORIOS							
	Válvula globo	Válvula check	Codo de 90°	Conector	Conector tipo Tee	Codo de 45°	Tuerca unión	Reducción bushing 2-1 $\frac{1}{2}$
2"	2	1	14	6	3	3	2	5

En cuanto a la longitud realicé una medición de la tubería de 2 pulgadas, que se muestra en la Tabla 14.

**Tabla 14: longitud de las tuberías**

Ø	Longitud
2"	24(m)

Para la velocidad del flujo, se debe de volver a realizar el cálculo de flujo mínimo, ya que la motobomba del spa, trabaja independiente de la filtración y por tanto, trabaja a una mayor velocidad de flujo, y también contiene un caudal mayor, por lo que se deben de realizar los cálculos que se muestran a continuación.

### Cálculo de flujo mínimo (tasa de rotación)

Para este cálculo aplico la ecuación:

$$\frac{V}{t} = Q_{min}$$

Sustituyendo:

$$\frac{42,000}{6} = Q_{min} = 7,000 \frac{l}{h}$$

Expresando este valor en litros por minuto:

$$\frac{7,000 \frac{l}{h}}{60} = \mathbf{116.66 \frac{l}{min.}}$$

Este valor nos servirá para calcular el flujo deseado.

### **Cálculo de flujo máximo (velocidad de agua)**

De acuerdo a la tabla 1 (**ver anexo A**) el flujo máximo permitido es de **320 LPM** a 2.4 m/s.

### **Cálculo de flujo deseado**

Flujo mínimo: 116.66 LPM

Flujo máximo: 320 LPM

$$\text{Flujo deseado} = \frac{116.66+320}{2} = \mathbf{218.33 LPM}$$

### **1) Cálculo de pérdidas por fricción en tubería de 2 pulgadas en spa:**

#### **a) Tubería recta de 2 pulgadas en spa:**

Con ayuda de la fórmula de Hazen-Williams, se tiene lo siguiente:

$$hf = 1.21 \times 10^{10} \times L \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \times d^{-4.87}$$

Datos obtenidos:

$$d = 56.4 \text{ mm}$$

$$Q = 3.64 \text{ l/s}$$

$$C = 150$$

$$L = 24 \text{ m}$$

Sustituyendo:

$$hf = 1.21 \times 10^{10} \times 24 \times \left(\frac{3.64}{150}\right)^{1.852} \times 56.4^{-4.87}$$

$$hf = \mathbf{0.88 \text{ m}}$$

## b) Accesorios de 2 pulgadas en spa:

Los valores de coeficiente de fricción dinámico están contenidos en la tabla 2 (**Ver anexo A**), que servirán para realizar la sumatoria de pérdidas por fricción de los accesorios de 2 pulgadas, realizados con base en la ecuación de Darcy-Weilbach mostrada a continuación:

$$h_p = K \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Con una velocidad de:

$$V = 2.4 \text{ m/s}$$

Conforme a los datos obtenidos de la tabla 2 se tiene lo siguiente:

$$2 \text{ válvulas tipo globo} \quad h_{\text{válvulas}} = \left(6.9 \frac{2.4^2}{2(9.78)}\right) \times 2 = \mathbf{4.06 \text{ m}}$$

$$14 \text{ codos de } 90^\circ \quad h_{\text{codos90}} = \left(1.3 \frac{2.4^2}{2(9.78)}\right) \times 14 = \mathbf{5.36 \text{ m}}$$

$$6 \text{ conectores} \quad h_{\text{conectores}} = \left(0.2 \frac{2.4^2}{2(9.78)}\right) \times 6 = \mathbf{0.35 \text{ m}}$$

$$3 \text{ codos } 45^\circ \quad h_{\text{codos45}} = \left(0.5 \frac{2.4^2}{2(9.78)}\right) \times 3 = \mathbf{0.44 \text{ m}}$$

$$2 \text{ tuercas unión} \quad h_{T \text{ unión}} = \left(0.21 \frac{2.4^2}{2(9.78)}\right) \times 2 = \mathbf{0.12 \text{ m}}$$

$$1 \text{ válvulas check} \quad h_{\text{check}} = \left(2 \frac{2.4^2}{2(9.78)}\right) \times 1 = \mathbf{0.59 \text{ m}}$$

$$3 \text{ Tee} \quad h_{\text{Tee}} = \left(1.3 \frac{2.4^2}{2(9.78)}\right) \times 3 = \mathbf{1.15 \text{ m}}$$

$$5 \text{ reducción bushing} \quad h_{\text{bushing}} = \left(0.9 \frac{2.4^2}{2(9.78)}\right) \times 5 = \mathbf{1.33 \text{ m}}$$

$$\sum h_p = 4.06 + 5.36 + 0.35 + 0.44 + 0.12 + 0.59 + 1.15 + 1.33$$

$$\sum h_p = \mathbf{13.4 \text{ m}}$$

## 2) Sumatoria de pérdidas por fricción total:

En la tabla 15 se muestra la recopilación de datos obtenidos

**Tabla 15: Recopilación de datos**

$\emptyset$	Accesorios (m.c.a.)	Tubería recta (m.c.a.)
2"	13.4	0.88

**3) Sumatoria total:**

$$h_{f\ total}=h_f + \sum h_p$$

$$h_{f\ total}= 13.4+0.88=\mathbf{14.28\ m}$$

**Determinación de carga dinámica de trabajo**

Utilizo la ecuación de bernoulli, la cual es:

$$H_B = h_{f\ total} + \left[ \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + Z_2 \right] - \left[ \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + Z_1 \right]$$

Para este caso, se obtuvieron los siguientes datos:

$$h_{f\ total}= 14.28\ m$$

$$P_2= 20\ \text{psi} =14.06\ \text{m.c.a.}$$

$$P_1= 0\ \text{m.c.a.}$$

$$V_2= 2.4\ \text{m/s}$$

$$V_1= 0\ \text{m/s}$$

$$\rho= 1000\ \text{kg/m}^3$$

$$g= 9.78\ \text{m/s}^2$$

$$Z_2= 0\ \text{m}$$

$$Z_1= -0.5\ \text{m}$$

Sustituyendo:

$$H_B = 14.28 + \left[ \frac{14.06}{9780} + \frac{5.76}{19.56} \right] - (-0.5)$$

$$\mathbf{H_B = 15.1\ m}$$

Para la instalación del spa, por lo menos se debe de tener una motobomba que pueda superar la presión de carga dinámica calculada, para posteriormente realizar la selección de la motobomba con el número de boquillas de spa venturi\*

que dependiendo del número instalado, es el caudal de operación necesario de la motobomba.

En esta piscina, se requirió la instalación de 5 boquillas tipo venturi, y por cada una es necesario contar con una disponibilidad de 20 GPM, por lo que siendo 5 las boquillas, será necesario contar con una motobomba con **100 GPM** de operación disponibles.

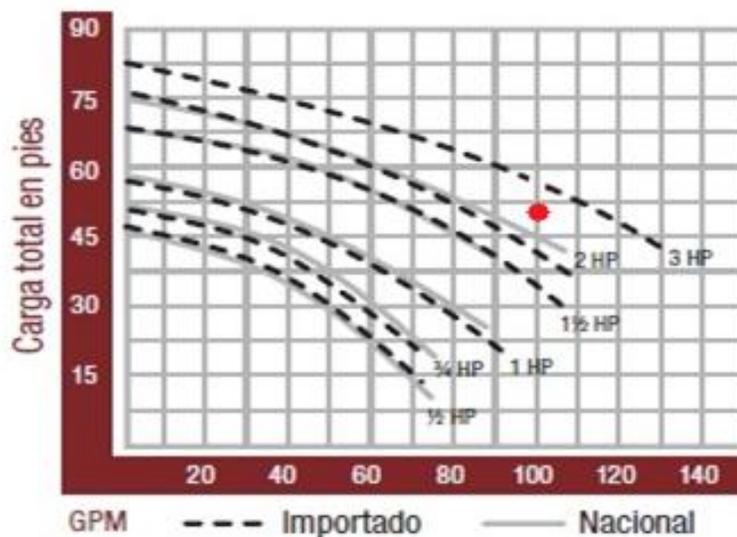
En la tabla 16, se presentan los resultados generales obtenidos.

**Tabla 16: Tabla de resultados**

Presión total (m.c.a.)	Caudal total (LPM)
15.1	378
Presión total (pies)	Caudal total (GPM)
49.53	100

### Selección de motobomba

Hay un grupo variado de motobombas a elegir, pero para este caso la motobomba serie Orum, marca “VERTEX” es la apropiada, por lo que a continuación presento la tabla de rendimiento (Fig. 43) indicando con un punto los resultados obtenidos.



**Fig. 43: Tabla de rendimiento motobomba VERTEX modelo Orum**

[11] Manual técnico de boquillas venturi waterway plastics

En la Fig. 43 se puede observar que la motobomba adecuada es la de 3 HP, porque puede soportar el flujo necesario para las 5 boquillas y operar con la carga dinámica obtenida.

### Selección de tamaño del filtro

Para la selección del filtro se tienen dos factores importantes, el primero es la cantidad de caudal que circula a través del filtro, el cual debe de ser inferior al máximo permitido y el segundo factor es el área efectiva filtrante. A continuación realizaré los cálculos necesarios para la selección del filtro:

De acuerdo a la tabla 11, se tienen **178.33 LPM** por lo que se tiene disponibles las siguientes dos opciones de filtros:

#### Opción 1:

La primera opción es un filtro de mallado de arenas de la marca Hayward modelo proseries, el cual es una excelente opción ya que el mantenimiento de estos filtros es bastante económico, porque solo requieren un retro lavado y enjuague, que se realiza con el cambio de posición en la válvula multivias. En la Fig. 44, podemos observar cuales son las opciones disponibles, con el caudal de operación de la piscina, con 6 horas de operación, que en esta piscina es de 64199 litros en 6 horas.

HAYWARD		Código	Descripción	Arena requerida	Área filtrante	6 hrs (Lts)	Bomba sugerida*	Alto (A)	Ancho (B)
	Pro™ Series	110530	Filtro Pro Series 16"	46 kgs	1.40 pies <sup>2</sup>	38,160	¾ HP	0.84 m	0.42 m
		110531	Filtro Pro Series 18"	68 kgs	1.75 pies <sup>2</sup>	47,700	¾ HP	0.89 m	0.47 m
		110532	Filtro Pro Series 20"	91 kgs	2.20 pies <sup>2</sup>	59,940	1 HP	0.96 m	0.52 m
		110533	Filtro Pro Series 22"	114 kgs	2.64 pies <sup>2</sup>	71,940	1 HP	1.04 m	0.57 m
		110534	Filtro Pro Series 24"	136 kgs	3.14 pies <sup>2</sup>	85,840	1½ HP	1.06 m	0.62 m
		110535	Filtro Pro Series 30"	227 kgs	4.90 pies <sup>2</sup>	138,985	2 HP	1.22 m	0.77 m
		110536**	Filtro Pro Series 36"	318 kgs	6.78 pies <sup>2</sup>	180,987	2½ HP	1.35 m	0.90 m
		110537	Filtro Pro Series 36"	318 kgs	6.50 pies <sup>2</sup>	161,862	2½ HP	1.35 m	0.90 m

Fujos calculados a razón de 20 GPM/pie<sup>2</sup> de área filtrante. Si el material filtrante es Zeolita, el flujo máximo no debe exceder 15 GPM/pie<sup>2</sup>. La capacidad del filtro podrá variar por el tipo de bomba y las condiciones de la instalación.  
\*\*El código de producto 110536 NO incluye válvula.

**Fig. 44: Opciones disponibles en filtros de arena**

El filtro mínimo que podría instalarse es el de 22", pero a partir de ese tamaño, se puede realizar la instalación de los filtros de mayor capacidad de área filtrante, razón por la que al cliente se le recomendó que realizara la elección del filtro de mayor tamaño que se encuentre dentro de su presupuesto.

## Opción 2:

Dentro de la gran variedad de filtros, el filtro de cartucho Hayward, modelo swimclear es la mejor opción en este tipo de filtros, porque la capacidad de área filtrante es superior a cualquier otro tipo de filtros, además de contar con una elevada capacidad de área de filtración, pero su principal inconveniente, es el precio del equipo y el mantenimiento anual, ya que el mantenimiento es de elevado costo. En la Fig. 45 se muestran las opciones disponibles en filtros de cartucho. Para realizar la selección de filtro, se debe de instalar un filtro que tenga un caudal inferior al máximo permitido.

		Área filtrante	6 hrs (Lts)	Bomba sugerida*	Alto (A)	Ancho (B)
	<b>Código Descripción</b>					
	110818 Filtro SwimClear 225	225 pies <sup>2</sup>	115,000	1 HP	32½"	24"
	110819 Filtro SwimClear 325	325 pies <sup>2</sup>	166,000	1½ HP	34½"	24"
	110820 Filtro SwimClear 425	425 pies <sup>2</sup>	204,000	2 HP	40½"	24"
	110821 Filtro SwimClear 525	525 pies <sup>2</sup>	204,000	2 HP	46½"	24"

Flujos calculados a razón de 0.375 GPM/pie<sup>2</sup> de área filtrante.  
La capacidad del filtro podrá variar por el tipo de bomba y las condiciones de la instalación.

**Fig. 45: Opciones disponibles en filtros de cartucho.**

Para este tipo de filtros, se tiene la opción de instalar cualquier modelo, porque el flujo de esta piscina es de 64199 litros por las 6 horas y cualquier modelo de filtro de cartuchos, se encuentra por encima del flujo de operación, por lo que se le recomienda al cliente que realice la instalación del mayor tamaño del filtro, o el que se encuentre dentro de su presupuesto.

### Criterio de selección

Por medio de la tabla 17 le mostramos los precios del equipo de filtración al cliente, indicando los puntos más importantes, los cuales son: área filtrante, capacidad máxima de filtración y precio, para un fácil reconocimiento.

**Tabla 17: Rendimiento y precio**

Modelo	Área filtrante (pies <sup>2</sup> )	Capacidad 6 hrs (lts)	Precio (MXN)
Pro series 22"	2.64	71,940	17,270.00
Pro series 30"	4.90	138,985	30,945.00
Pro series 36"	6.50	161,862	44,875.00
Swim clear 225	225	115,000	36,240.00
Swim clear 325	325	166,000	43,335.00

Le hicimos la recomendación al cliente que realizara la selección del filtro de mayor tamaño, porque tienen una mayor área filtrante y una gran capacidad máxima de filtración, sin embargo, el cliente seleccionó un filtro de arena, tanto por la facilidad de mantenimiento en los retrolavados, así como estar dentro de su presupuesto, por lo que se decide instalar el filtro **Hayward, modelo pro series 30" de arena.**

### **Selección de quipo térmico**

Para la selección del equipo térmico se debe de tener en cuenta dos puntos importantes. El primero, que se encuentre de los parámetros de caudal máximo y mínimo del equipo. Y el segundo, que dentro de las 6 horas de operación sea capaz de proporcionar la misma cantidad de energía térmica que se pierde a lo largo de cada día.

### **Pérdidas por carga térmica**

Las pérdidas de carga térmica, se debe de realizar tanto en las paredes de la piscina, así como en la tubería ya instalada, por lo que se debe de conocer el material con el que está construida la piscina, además se debe de realizar el cálculo de pérdidas tanto como por conducción, como por convección.

### **Pérdidas de carga térmica en paredes**

Comúnmente las paredes están construidas de 4 elementos principales. En la parte exterior, se coloca tepetate, que es para dar la forma inicial a la piscina, posteriormente se coloca cemento gris con varilla para realizar la construcción del contenedor de agua y por último se colocan vitrales de aproximadamente un centímetro cada cuadro, los cuales son colocados con cemento blanco.

### **Pérdida de carga térmica por conducción**

Para conocer el estado de las instalaciones, realicé un levantamiento de las instalaciones y de esta manera, me fue posible determinar el espesor de los materiales instalados, así como la medida de la superficie total y la calidad de las instalaciones y por medio de la Tabla 18 se presenta los espesores y además se incluye el coeficiente conductivo obtenido con ayuda de la tabla 3 **(Ver anexo A).**

**Tabla 18: Espesor y características de los materiales del contenedor**

Materiales	Vitral	Cemento blanco	Cemento gris	Tepetate
Espesor (m)	0.005	0.005	0.015	0.2
Conductividad térmica (k)	0.6	0.7	1.05	0.6

Con ayuda de la ley de Fourier de la conducción del calor a través de una superficie plana se tiene la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{q}{A} = \frac{T_1 - T_n}{\frac{L_a}{K_a} + \frac{L_b}{K_b} + \dots + \frac{L_n}{K_n}} \left( \frac{W}{m^2} \right)$$

Donde:

$T_1$  = Temperatura deseada del agua (K)

$T_n$  = Temperatura ambiente del material (K)

$L_n$  = Espesor de cada material (m)

$K_n$  = Coeficiente conductividad térmica  $\left( \frac{W}{m^2.K} \right)$

Sustituyendo:

$$Q = \frac{q}{A} = \frac{301.15 - 288.15}{\frac{0.005}{0.6} + \frac{0.005}{0.7} + \frac{0.15}{1.05} + \frac{0.2}{0.6}}$$

$$Q = \frac{q}{A} = \mathbf{26.44 \frac{W}{m^2}}$$

Se debe de obtener el área total de la superficie del contenedor para multiplicarlo por el calor perdido por unidad de superficie.

$$A_{\text{piso}} = 7 \times 4 = 28 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{paredes}} = 4 \times 1.3 = 5.2 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{paredes}} = 4 \times 1.7 = 6.8 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{paredes}} = 7 \times 1.3 \times 2 = 18.2 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{paredes}} = \left( \frac{7 \times 4}{2} \right) 2 = 2.8 \text{ m}^2$$

$$\sum 28 + 5.2 + 6.8 + 18.2 + 2.8 = \mathbf{61 \text{ m}^2}$$

$$Q = 26.44 \times 61 = \mathbf{1612.9 \text{ (w)}}$$

**Pérdida de carga térmica por convección**

Para conocer la pérdida de calor a través de la superficie del agua, se utiliza la ley de Newton de enfriamiento, la cual es la siguiente:

$$Q_{conv} = h_c A_s (T_s - T_{amb})$$

Donde:

$$h_c = \text{Coeficiente de transferencia de calor por convección } \left(\frac{W}{m^2k}\right)$$

$$A_s = \text{Área superficial } (m^2)$$

$$T_s = \text{Temperatura de la superficie } (k)$$

$$T_{amb} = \text{Temperatura ambiente } (k)$$

Primero se debe conocer el coeficiente de transferencia de calor por convección, y, para esto, se utiliza la ley de Stefan-Boltzmann, la cual es la siguiente:

$$h_c = \varepsilon \sigma (T_s^2 + T_{amb}^2)(T_s + T_{amb})$$

Donde:

$$\varepsilon = \text{Emisividad del agua (Ver tabla 4, anexo A)}$$

$$\sigma = \text{Constante de Stefan - Boltzmann } [5.67 \times 10^{-8} \left(\frac{W}{m^2k^4}\right)]$$

$$T_s = \text{Temperatura de la superficie } (k)$$

$$T_{amb} = \text{Temperatura ambiente } (k)$$

Sustituyendo:

$$h_c = 0.91 \times 5.67 \times 10^{-8} (301.15^2 + 288.15^2)(301.15 + 288.15)$$

$$h_c = 5.28 \left(\frac{W}{m^2k}\right)$$

Con ayuda del coeficiente de transferencia de calor por convección, calculo la pérdida de calor por convección, la cual es la siguiente:

$$Q_{conv} = 5.28 \times 28(301.15 - 288.15)$$

$$Q_{conv} = 1921.92 \text{ (w)}$$

**Pérdidas de carga térmica por conducción en tubería**

A lo largo de la instalación de todas las tuberías de pvc, se debe de realizar el cálculo de transferencia de calor y para esto existe la ley de conducción de calor de Fourier para tuberías, la cual es la siguiente:

$$Q_{cond} = \frac{T_s - T_{amb}}{\frac{\ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right)}{2\pi L_t k_2}} (w)$$

Donde:

$r_{ext}$  = Radio exterior (m)

$r_{int}$  = Radio interior (m)

$L_t$  = Longitud total de la tubería (m)

$k_2$  = Coeficiente de conductividad térmica  $\left(\frac{W}{m^2k}\right)$

### **Pérdida de calor en tubería de 2"**

Primero realizaré la pérdida de calor a través del total de la tubería hidráulica de 2" instalada, y con ayuda de la tabla 3 (**Ver anexo A**) obtengo el valor de coeficiente de conductividad térmica.

Sustituyendo:

$$Q_{cond} = \frac{301 - 288}{\frac{\ln\left(\frac{0.0603}{0.0564}\right)}{2\pi \times 25.5 \times 0.18}} (w)$$

$$Q_{cond} = 5607.26 (w)$$

### **Pérdida de calor en tubería de 1 $\frac{1}{2}$ "**

Sustituyendo:

$$Q_{cond} = \frac{301 - 288}{\frac{\ln\left(\frac{48.3}{44.6}\right)}{2\pi \times 15.6 \times 0.18}} (w)$$

$$Q_{cond} = 2877.9 (w)$$

## Pérdida de carga térmica por convección en tubería

Generalmente, en las instalaciones hidráulicas de las piscinas, no se realiza la instalación de aislantes térmicos por presupuesto, y por tal motivo, realizaré el cálculo de pérdidas por convección sin algún aislante o material alguno, y con ayuda de la ley de enfriamiento de Newton, mostrada a continuación, realizaré los cálculos necesarios.

$$Q_{conv} = \frac{T_s - T_{amb}}{\frac{1}{h_c(2\pi r_{ext}L_t)}} (w)$$

Para obtener el coeficiente de transferencia de calor por convección se debe de utilizar la ecuación de Estefan-Boltzmann, mostrada a continuación, y con ayuda de la tabla 4 (**Ver anexo A**) obtendremos el valor de la emisividad de la tubería de pvc.

$$h_c = \varepsilon\sigma(T_s^2 + T_{amb}^2)(T_s + T_{amb})$$

Sustituyendo:

$$h_c = 0.94 \times 5.67 \times 10^{-8} (301^2 + 288^2)(301 + 288)$$

$$h_c = 5.45 \left( \frac{W}{m^2k} \right)$$

## Cálculo de pérdidas por convección en tubería de 2"

$$Q_{conv} = \frac{301 - 288}{\frac{1}{5.45(2\pi \times 0.0603 \times 25.4)}} (w)$$

$$Q_{conv} = 681.82 (w)$$

## Cálculo de pérdidas por convección en tubería de 1 $\frac{1}{2}$ "

$$Q_{conv} = \frac{301 - 288}{\frac{1}{5.45(2\pi \times 0.0483 \times 15.6)}} (w)$$

$$Q_{conv} = 335.42(w)$$

### Sumatoria total en pérdidas.

$$\sum 1612.9 + 1918.3 + 5607.26 + 2877.9 + 681.82 + 335.42$$

$$\sum 13033.6 (w)$$

Este valor obtenido, son watts perdidos por hora, y se debe de tener en cuenta que durante las 24 horas del día hay pérdidas, así que multiplicando por 24 queda:

$$Q_{dia} = 13033.6 \times 24 = 312,806.4 (w)$$

Recordando que por la norma ECO 207, debe de funcionar entre 6 y 8 horas, que para este caso es una piscina que tiene clasificación como uso residencial, se toman como 6 horas, por tanto, se debe de dividir entre las 6 horas de operación y queda:

$$Q_{6h} = \frac{312,806.4}{6} = 52,134.4 (w)$$

En la Tabla 19 muestro la equivalencia del valor en Watts por cada hora que debe generar el equipo a instalar, en distintos sistemas de unidades que son los que brindan los proveedores, esto, para facilitar la selección de equipos térmicos.

**Tabla 19: Valor en distintos sistemas de unidades**

<b>W</b>	<b>BTU/h</b>	<b>Kcal/h</b>
52,134.4	177,889.9	44,857.5

Para la selección de equipo térmico, existen 3 opciones, como anteriormente se había mencionado, son: Bombas de calor, calentadores de gas y paneles solares, pero para piscinas como esta, se le recomendó al cliente que primero realizara la elección de una Bomba de calor o un calentador de gas, porque los paneles solares solo se utilizan como apoyo y no lograrían mantener la temperatura deseada, por lo que solo mostraré a continuación, las dos opciones mostradas al cliente:

#### **Opción 1:**

La Bomba de calor, la recomendamos en primera instancia, por el costo beneficio que brinda, por que funciona con energía eléctrica. Además de ser amigable con el usuario, al no generar emisiones contaminantes en donde se encuentra instalada, pero tiene dos desventajas principales, la primera es el costo que

implica adquirir un equipo de este tipo. La segunda es que en relación a los calentadores de gas, brindan poca energía térmica y en muchos casos es necesario instalar más de un equipo para desempeñar el funcionamiento necesario. En cuanto a la marca que recomendamos por presentar tanto un mayor rendimiento y durabilidad general, es la bomba de calor Hayward modelo Heat pro.

### **Opción 2:**

Su principal ventaja del calentador de gas es que proporciona una gran cantidad de energía térmica y existen una gran variedad de tamaños, por lo que solo se requiere adquirir un solo equipo y no varios, como los otros equipos térmicos disponibles, pero tiene dos desventajas muy importantes. La primera, son las emisiones contaminantes que genera, y la segunda es el costo beneficio más elevado en comparación a los otros equipos térmicos disponibles. Y para piscinas de este tamaño, recomendamos los calentadores de inducción forzada de la marca Pentair modelo Master Temp, por brindar mayor energía térmica y excelente durabilidad en cada uno de sus accesorios.

Existen dos variantes dentro de esta opción de calentador, uno genera 400,000 BTU/h y otro 300,000 BTU/h, por lo tanto, continuación realizaré las pérdidas en un 4% de eficiencia por cada 300 metros de altura:

Altura sobre nivel del mar en Coacalco 2440 (m)

$$\eta_{perdida} = - \left[ 400,000 \times 0.04 \times \left( \frac{2440}{300} \right) \right] + 400,000$$

$$\eta_{perdida}^{400,000} = 269,866.66 \text{ (BTU/h)}$$

$$\eta_{perdida} = - \left[ 300,000 \times 0.04 \times \left( \frac{2440}{300} \right) \right] + 300,000$$

$$\eta_{perdida}^{300,000} = 202,400 \text{ (BTU/h)}$$

### **Criterio de selección:**

Por medio de la tabla 20, muestro los valores más importantes para la selección de un equipo térmico, los cuales son: modelo, calor generado, calor requerido, diferencia de calor y precio de adquisición.

**Tabla 20: rendimiento y precio**

Modelo	Q (BTU/h)	Q requerido	Diferencia de Q	Precio (MXN)
Master Temp 400	269,866.66	177,889.9	+91,976.76	135,390.00
Master Temp 300	202,400	177,889.9	+24,510.1	120,125.00
Heat Pro 125	125,000	177,889.9	-52,889.9	198,555.00
Heat Pro 140	140,000	177,889.9	-37,889.9	216,770.00
Heat Pro 95 (2)	95,000	177,889.9	+2,110.1	168,335.00 (2) 336,670.00

En la tabla 19 se observa que tanto el calentador Master Temp 300 y 400 son los indicados, tanto por cubrir las necesidades, como por el precio. Tomando en cuenta el caso del calentador Heat Pro 95, al instalar 2 se podrían cubrir las necesidades térmicas de la piscina.

Para tener una mejor idea del consumo que implica comprar cada equipo, a continuación mostraré en la tabla 21 las características de cada equipo, así como su consumo con precios de kwh y litro de gas al momento de la instalación

**Tabla 21: Costo de operación**

Modelo	consumo	Precio (\$)	Consumo por hora (\$)	Consumo por 6 hrs. (\$)	Consumo mensual (\$)	Consumo anual (\$)
Mastertemp400	7 LPM	7	49	294	8,820	105,840
Mastertemp 300	5 LPM	7	35	210	6,300	75,600
Heat Pro 125	5.22 kw/h	2.9	15.14	90.84	2,725.2	32,702.4
Heat Pro 140	5.96 kw/h	2.9	17.28	103.68	3,110.4	37,324.8
Heat Pro 95 (2)	7.45 kw/h	2.9	21.61	129.66	3,889.8	46,678.8

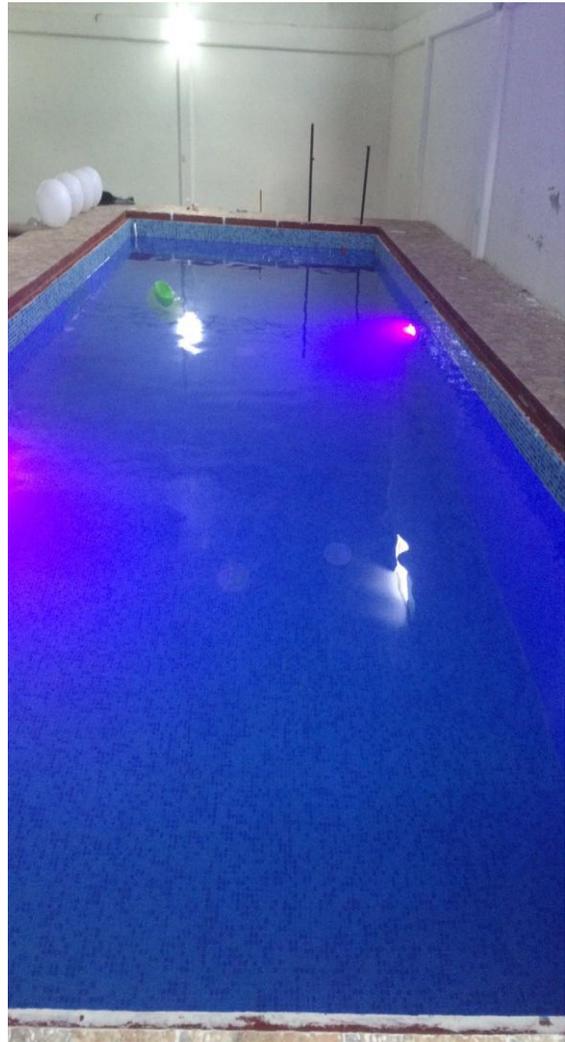
La opción que recomendamos es el calentador Master Temp 400, que tiene mayor capacidad de la energía térmica requerida, esto, porque hay días que existen fenómenos ambientales como frentes fríos o en temporada invernales, la temperatura ambiente baja y por lo tanto el agua, siendo hasta 8 o 9 (°C) inferior a la temperatura deseada, pero también la opción que recomendamos por ahorro a largo plazo es la instalación de dos bombas de calor Heat Pro 95, recuperando la inversión entre 3 y 4 años, tomando en cuenta el costo de operación de cada equipo.

Después de explicarle tanto las características, como los costos de operación de cada equipo al cliente. El decidió elegir la opción del calentador **marca Pentair modelo Master Temp 400**

Por lo que a continuación en las imágenes siguientes (Fig. 46-49) muestro la instalación del equipo que eligió el cliente.



**Fig. 46: Instalación en proceso.**



**Fig 47: Focos led de varios colores**



**Fig. 48: Instalación finalizada**



**Fig. 49: Focos led de varios colores**

Después de realizar la instalación, regresamos días después que llenaron la piscina para poner en marcha la operación total del equipo, tanto electromecánico, como térmico, y nos retiramos.

Volvimos a regresar y nos comentaron que se tardó cerca de un día en alcanzar los 28 (°C). En cuanto a la operación del calentador de gas, de las 6 horas programadas, opera de 3 a 4 horas por día.

En cuanto a los servicios de retrolavados, los están realizando dos veces por semana. Esto, porque nos comentaron que independientemente del uso en cada evento, le brindan un uso particular.

## CONCLUSIONES

Se desarrolló y verificó el flujo de proceso elaborado por el autor, el cual se comprobó en los casos de estudio mostrados, realizando el diseño de la red hidráulica adecuada para cada equipo electromecánico y en el caso de ser requerido por el cliente, la selección, instalación y puesta en marcha de un equipo térmico.

El principal problema de la empresa highpool era la realización de instalaciones sin ningún proceso, por tal motivo elaboré este manual, indicando cada uno de los pasos a seguir, y contando con los conocimientos, realizar el diseño de la red hidráulica, instalando los equipos de la capacidad necesaria para cada piscina.

Yo me di cuenta que la termodinámica, hidráulica, mecánica y eléctrica eran necesarias por lo que al inicio de la elaboración de este informe profesional, me dí a la tarea de investigar más a fondo cada una de las áreas de estudio contenidas, dejándome así una gran retribución para elaborar de manera formal procesos de trabajo para el personal a cargo, justificados con los conocimientos adquiridos en ingeniería.

A lo largo de la trayectoria en la Facultad de Ingeniería fuí participe en un gran número de asignaturas relacionadas a este tema, brindándome cada una de ellas las herramientas para realizar el diseño y la instalación de los equipos electromecánicos y térmicos. Con ayuda de algunas asignaturas, como lo son: Termodinámica, Mecánica de Fluidos, Maquinas Térmicas, Electricidad y Magnetismo, Electrónica, entre otras. Y gracias a los cursos impartidos en la misma, recibí la capacitación para aprender a delegar de manera correcta, responsabilidades al personal que en distintos proyectos que se me fueron asignados.

## BIBLIOGRAFIA

- [A] Frank M White. (2004). Mecánica de Fluidos. España: McGrawHill.
- [B] Juan G. Saldarriaga V. (2007). Hidráulica de Tuberías. Colombia: McGrawHill.
- [C] Jairo Alberto Roberto Rojas. (1999). Potabilización del agua. colombia: Alfaomega.
- [D] Cafaggi Félix, E. A. Rodal Canales, A. Sánchez Huerta. (2011). Sistemas de Bombeo. México: F. I. U.N.A.M.
- [E] Yunus A. Cengel. (2007). Transferencia de Calor y Masa. México: McGrawHill.
- [F] Yunus A. Cengel . (2009). Termodinámica. México: McGrawHill.
- [G] Testo. (2015). Tabla de emisividad. 2016, de testo S.A. Sitio web: [https://www.testo.com.ar/es/home/formacion/curso\\_online\\_de\\_termografia\\_/tabla\\_de\\_emisividades/3\\_1\\_\\_emissivity\\_table\\_mastercontent.jsp](https://www.testo.com.ar/es/home/formacion/curso_online_de_termografia_/tabla_de_emisividades/3_1__emissivity_table_mastercontent.jsp)
- [H] plasticbages. (2015). características técnicas del pvc. 2016, de plasticbages industrial S.L. Sitio web: \* <http://www.plasticbages.com/caracteristicaspvc.html>
- [I] José B. Arapa Quispe. (2007). Curso de especialización en riego tecnificado en cultivos de agroexportación.. 2016, de U.N.A.L.M. Sitio web: <http://www.lamolina.edu.pe/agronomia/web/index.php>

## REFERENCIAS

- [1] ksb. (2002). selección y aplicación de bombas centrifugas. 2016, de ksb bombas S.A. Sitio web: [http://www.hidroterm.com.ve/documentacion/tutoriales/Manual\\_Entrenamiento\\_KSB\\_CSB.pdf](http://www.hidroterm.com.ve/documentacion/tutoriales/Manual_Entrenamiento_KSB_CSB.pdf)
- [2] Juan G. Saldarriaga V. (2007). Hidráulica de Tuberías. Colombia: McGrawHill.
- [3] José B. Arapa Quispe. (2007). Curso de especialización en riego tecnificado en cultivos de agroexportación.. 2016, de U.N.A.L.M. Sitio web: <http://www.lamolina.edu.pe/agronomia/web/index.php>
- [4] hayward. (2006). owners manual. 2016, de hayward pool Sitio web: <https://es.hayward-pool.com/shop/es/pools/manuals#FiltersSand>
- [5] industrias mass. (2012). ficha técnica. 2016, de industrias mass Sitio web: <http://www.indmass.com.mx/detalle.php?dt=25>
- [6] pentair. (2015). installation and user's guide heater. 2016, de pentair pool Sitio web: <http://www.pentairpool.com/es/products/calentadores-y-bombas-de-calor-calentadores-enterrados-mastertemp-calentador-95.htm>
- [7] pentair. (2015). installation and user's guide heat pump. 2016, de pentair pool Sitio web: <http://www.pentairpool.com/es/products/calentadores-y-bombas-de-calor-calentadores-enterrados-mastertemp-calentador-95.htm>
- [8] U.N.A.M.. (2000). el potencial de la radiación solar. 2016, de U.N.A.M. Sitio web: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/277/A5.pdf?sequence=5>
- [9] inter water. (2012). Manual de instalación. 2016, de inter water Sitio web: [http://www.inter-water.com/01-InterWater/01-Piscinas/13-Panel\\_Solar/03-Manual/Manual-Instalacion-Paneles-Solares.pdf](http://www.inter-water.com/01-InterWater/01-Piscinas/13-Panel_Solar/03-Manual/Manual-Instalacion-Paneles-Solares.pdf)
- [10] gob. (2012). requisitos sanitarios y calidad del agua que deben cumplir las albercas. 2016, de diario oficial de la federación Sitio web: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5256066&fecha=25/06/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5256066&fecha=25/06/2012)

## ANEXO A

**Tabla 1: Flujo mínimo y máximo recomendado**

Diámetro del tubo Pulgadas (")	Flujo máximo	
	1.8 m/s (LPM)	2.4 m/s (LPM)
1 ½	145	190
2	240	320
2 ½	340	450
3	520	700
4	900	1,200
6	2,100	2,800
8	3,600	4,800

**Tabla 2: perdida por fricción en tubería de pvc**

ACCESORIO	DIAMETRO (pulgadas)	Km
Tuerca unión	2	0.21
Codo 90°	2	1.3
Codo 45°	2	0.5
Tee flujo directo	2	0.3
Tee flujo lateral	2	1.3
Reducción bushing	2-1 ½	0.9
Reducción bushing	4-2	1.3
Reducción bushing	6-2	3.5
Yee flujo directo	2	0.3
Yee flujo lateral	2	0.5
Unión tipo macho	2	0.2
Unión tipo hembra	2	0.2
Válvula esférica	2	6.9
Válvula check	2	2

**Tabla 3: Coeficiente conductivo de algunos materiales**

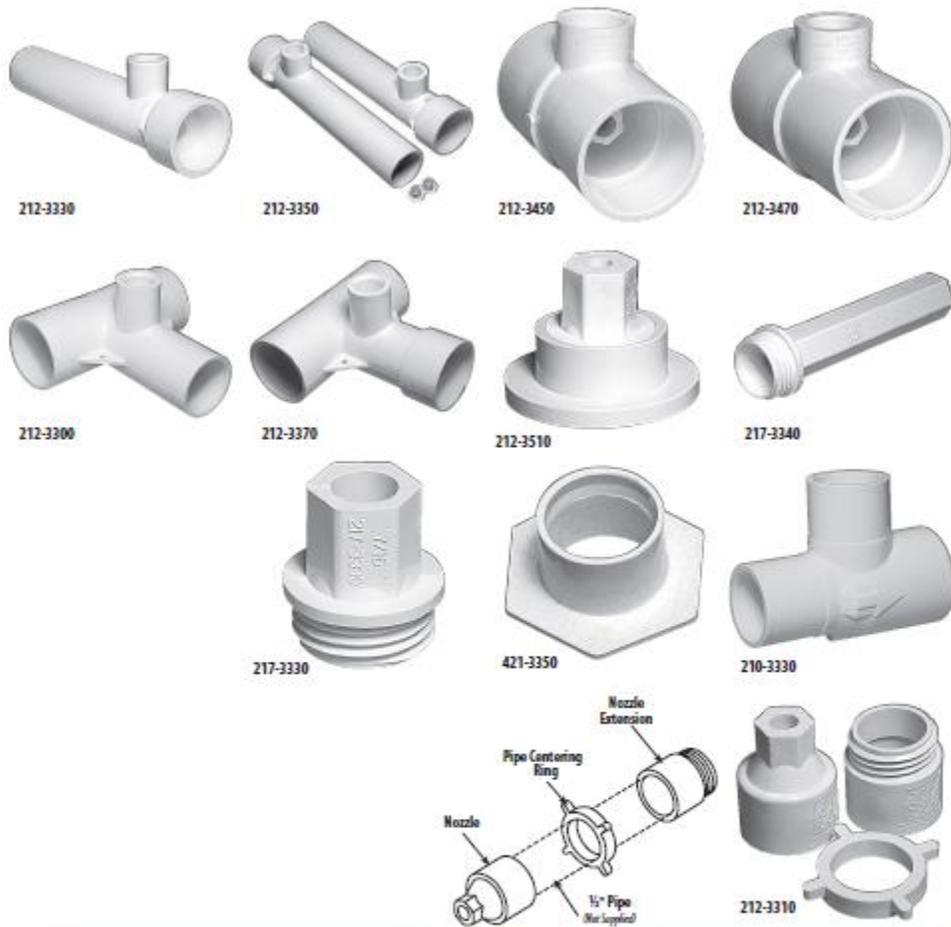
Materiales	Vitral	Cemento blanco	Cemento gris	Tepetate	PVC
Conductividad térmica (k)	0.6	0.7	1.05	0.6	0.18

**Tabla 4: Emisividad de algunos materiales**

Material	agua	PVC
emisividad	0.91	0.94

ANEXO B

Boquillas de spa Gunite venturi /Jets



Gunite Venturi Tees						
Part No.	Description	Orifice	GPM	Case Weight	Case Quantity	List (US \$)
212-3330*	10" Tee - 1 1/2" S x 1/2" S - 3/4" Spigot x 1/2" Spigot	3/8"	17-20	32 lbs.	50 (2/bag)	13.27
212-3340*	10" Tee - 1 1/2" S x 1/2" S - 1" Spigot x 1 1/2" Spigot	3/8"	17-20	32 lbs.	50 (2/bag)	13.27
212-3350*	10" Tee - 1 1/2" S x 1/2" S - 1" Spigot x 1 1/2" Spigot	3/8"	10-12	32 lbs.	50 (2/bag)	13.27
212-3440	Tee with Nozzle - 1 1/2" S / 2" Spigot x 3/4" S / 1" Spigot	3/8"	17-20	18 lbs.	50	5.14
212-3450	Tee with Nozzle - 1 1/2" S / 2" Spigot x 3/4" S / 1" Spigot	1/4"	7-9	18 lbs.	50	5.14
212-3470	Tee with Nozzle - 1 1/2" S / 2" Spigot x 3/4" S / 1" Spigot	3/8"	17-20	8 lbs.	50	5.14

## Norma ECO 207 estándar de competencia.

2. El equipo de circulación y filtración operando entregado:
- Está funcionando dentro de los parámetros normales indicados por el fabricante,
  - Tiene los tiempos de rotación del agua acordes a los diferentes tipos de instalaciones:
    - Piscina 6 horas,
    - Spas 30 minutos,
    - Piscinas para chapotear 1 a 2 horas,
    - Balnearios/parques acuáticos y piscinas especializadas 1-4 horas,
    - Piscinas terapéuticas 3 horas.
  - Tiene las rejillas de los drenes de fondo y los tapones de boquillas de aspirado/succión instaladas, aseguradas, y en buenas condiciones conforme a los parámetros del fabricante, y
  - Tiene grabados los estándares ANSI/ASME A112.19.8-2007 en las rejillas de los drenes de fondo.

### GLOSARIO

1. ASME: Es el acrónimo de American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). Es una asociación profesional, que además ha generado un código de diseño, construcción, inspección y pruebas para equipos. Entre otros, calderas y recipientes a presión.
2. Tiempo de rotación: Es el tiempo requerido para que el sistema de circulación mueva la cantidad de litros

Formato de Estándar de Competencia  
N-FO-02

Versión:  
6.0

Página:  
10 de 16

## Diámetro y espesor de PVC hidráulico.

Diámetro Nominal	PVC CÉDULA 40				PVC CÉDULA 80			CPVC CÉDULA 80			
	Diámetro Exterior (D <sub>1</sub> )	Espesor Mínimo (e)	Presión de Trab. a 23°C	Peso Promedio	Espesor Mínimo (e)	Presión de Trab. a 23°C	Peso Promedio	Diámetro Exterior (D <sub>1</sub> )	Espesor Mínimo (e)	Presión de Trab. Ex. Lisos	Presión de Trab. Ex. Rosc.
	pulg	mm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/m	mm	kg/cm <sup>2</sup>	kg/m	pulg	pulg	psi (23°C)	psi (23°C)
½	21.4	2.8	41.0	0.25	3.7	59.0	0.31	0.840	0.147	850	420
¾	26.8	2.9	33.0	0.34	3.9	48.0	0.42	1.050	0.154	690	340
1	33.5	3.4	31.0	0.49	4.6	43.0	0.63	1.315	0.179	630	320
1 ¼	42.3	3.6	26.0	0.67	4.9	36.0	0.87	1.660	0.191	520	260
1 ½	48.3	3.7	23.2	0.75	5.1	33.0	1.02	1.900	0.200	470	240
2	60.3	3.9	19.7	1.00	5.5	28.1	1.41	2.375	0.218	400	200
2 ½	73.0	5.2	21.1	1.59	7.0	29.5	2.11	2.875	0.276	420	210
3	88.9	5.5	18.3	2.10	7.6	26.0	2.88	3.500	0.300	370	190
4	114.3	6.0	15.4	2.97	8.6	22.5	4.34	4.500	0.337	320	160
6	168.3	7.1	12.6	5.23	11.0	19.0	8.27	6.625	0.432	280	140*
8	219.1	8.2	11.2	8.01	12.7	17.0	12.5	8.625	0.500	250	120*
10	273.1	9.3	9.9	11.7	15.1	16.2	18.6	-	-	-	-
12	323.9	10.3	9.1	15.5	17.5	16.2	25.5	-	-	-	-
14	355.0	11.1	9.1	18.3	19.1	15.5	30.5	-	-	-	-
16	400.0	12.7	9.1	23.9	21.4	15.5	39.3	-	-	-	-

\*No se sugiere roscar tubería de más de 4" de diámetro.

**NOTA:** El diámetro interior y el peso promedio de las tuberías RD, así como la cantidad de tubos por camión, pueden tomarse de la tabla de "Tubería Hidráulica con Campana Sistema Inglés" en la página 7.

## Fórmula de Hazen-Williams



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
OFICINA ACADÉMICA DE EXTENSIÓN Y  
PROYECCIÓN SOCIAL



## Formula de Hazen - Williams

$$hf = 1.21 \times 10^{10} \times L \times \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.852} \times d^{-4.87}$$

Donde

hf :Perdida de carga debido al rozamiento (m)

C: Factor de fricción de Hasen Williams.

L: Longitud de la tubería (m)

d: Diámetro interior (mm)

Q:Caudal del agua en la tubería (l/s)

## Calentador Pentair Master Temp de gas

### VALVES

When any equipment is located below the surface of the pool or spa, valves should be placed in the circulation piping system to isolate the equipment from the pool or spa. Check valves are recommended to prevent back-siphoning. Back-siphoning is most likely to occur when the pump stops, creating a pressure-suction differential. Do NOT sanitize the pool by putting chlorine tablets or sticks into the skimmer(s). When the pump is off, this will cause a high concentration of chlorine to enter the heater, which could cause corrosion damage to the heat exchanger.

### CAUTION

Exercise care when installing chemical feeders so as to not allow back siphoning of chemical into the heater, filters or pump. When chemical feeders are installed in the circulation of the piping system, make sure the feeder outlet line is down stream of the heater, and is equipped with a positive seal noncorrosive "Check Valve", (P/N R172288), between the feeder and heater.

### MANUAL BY-PASS

Where the water flow rate exceeds the maximum 120 GPM, a manual bypass should be installed and adjusted. After installing the valve, adjust the valve to bring the flow rate within the acceptable range. Then remove the valve handle or lock it in place to avoid tampering. See Figure 4.

Model	Min. (GPM) (LPM)	Max. (GPM) (LPM) *
175	20 (76)	120 (454)
200	20 (76)	120 (454)
250	25 (95)	120 (454)
300	30 (114)	120 (454)
400	40 (152)	120 (454)

\* Do not exceed the maximum recommended flow rate for the connecting piping.

\* Pumps 2 HP or larger can produce water pressure flow in excess of 120 GPM. For these pumps, a BY-PASS VALVE is recommended.

Table 1.

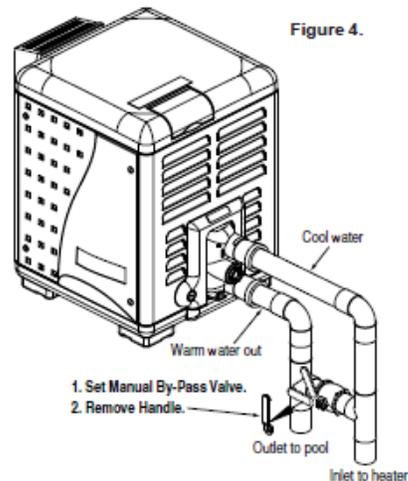


Figure 4.

**See page 46 for Pressure Relief Valve Installations.**

### BELOW POOL LEVEL INSTALLATION

## Filtro de arena Hayward Pro series 30"

### SPECIFICATIONS

MODEL NUMBER	EFFECTIVE FILTRATION AREA		DESIGN FLOW RATE*		PRESSURE LOSS AT DESIGN FLOW RATE*		MAXIMUM WORKING PRESSURE		REQUIRED CLEARANCE				MEDIA REQUIRED		
	FT <sup>2</sup>	M <sup>2</sup>	GPM	LPM	PSI	BAR	PSI	BAR	SIDE		ABOVE		FILTER SAND**	AMOUNT	
									INCH	MM	INCH	MM			
S310T	4.9	0.46	98	371	4.7	0.33	50	3.45	18	457	18	457	0.45-0.55	500	227

\*Based on 20 GPM/ft<sup>2</sup> or 814 LPM/m<sup>2</sup> (maximum allowable NSF rating).

\*\*Also known as No. 20 or No. 1/2 Silica Sand.

### PARTS Model S310T

REF. NO.	PART NO.	DESCRIPTION	NO. REQ'D.
1a	SP071113	Vari-Flo Control Valve - 1-1/2"	1
1b	SP071620	Vari-Flo Control Valve - 2"	1
2	ECX27081	Pressure Gauge	1
3	GMX600F	Valve/Tank O-Ring	1
4	SX310N	Flange Clamp (Valve - Tank)	1
5	SX202S	Sand Shield	1
6	SX310AA1	Filter Tank with Skirt, Drain and Lateral Ass'y.	1
7	SX310DA	Lateral Assembly with Center Pipe	1
8	SX310HA	Lateral	10
9	SX180G	Gasket	1
10	SX180H	Drain Cap	1
11	SX310J	Filter Support Stand (Skirt)	1

