

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA

“ESTUDIO COMPARATIVO ECONOMICO ENTRE UN  
FILTRO DE ALTA VELOCIDAD Y UNO DE  
VELOCIDAD MEDIA APLICACION  
GENERAL Y PISCINAS”

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A

JOSE ADRIAN SANCHEZ REYES

MEXICO, D. F.

1973

Sánchez Reyes  
José Adrian



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A DIOS POR DARME  
A MIS PADRES OUE  
CON SUS DESVELOS  
HICIERON POSIBLE  
MI CARRERA.

A MIS ADORADOS PADRES  
POR ESOS DESVELOS Y ESE  
CARIÑO OUE SON BASE DE  
MI PROFESION

A MIS MAESTROS  
QUE CON SU DEDICACION  
Y SABIDURIA ME GUIARON

A LOS SRES. DEL JURADO  
POR SU BONDAD AL AYUDARME  
A ELABORAR MI TESIS

A MIS COMPAÑEROS

A MI QUERIDA Y ADORADA ESPOSA  
POR SU AMOR COMPRENSION  
DE TODA MI VIDA.

A MIS HIJOS  
ADRIAN Y ERIKA  
VALUARTES DE MI VIDA

A MIS AMIGOS  
CON TODO EL CORAZON

	PRESIDENTE:	PROF: PABLO HOPE Y HOPE
	VOCAL:	PROF: VLADIMIR ESTIVIL RIERA
JURADO ASIGNADO:	SECRETARIO:	PROF: CUTBERTO RAMIREZ CASTILLO
	1er. SUPLENTE:	PROF: JORGE SPAMER GARCIA CONDE
	2o. SUPLENTE:	PROF: MA. ELENA ESTERNOD PALACIOS

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: ALBERCAS PADMEX, S. A.

SUSTENTANTE: JOSE ADRIAN SANCHEZ REYES

ASESOR DEL TEMA: PROF: I. Q. VLADIMIR ESTIVIL RIERA

## CONTENIDO DE LA TESIS

CAPITULO I	INTRODUCCION .- Razón de la tesis
CAPITULO II	GENERALIDADES .- Filtros de arena .- Productos químicos usados en las albercas .- Cloro residual .- Coagulantes .- Acido clorhídrico .- Carbonato de sodio .- Alcalinidad.
CAPITULO III	ANALISIS DE MERCADO
CAPITULO IV	FILTRO DE TIPO VELOCIDAD MEDIA DE GRAVA Y ARENA .- Análisis de costos .- Tanque .- Cabezal de Tubería .- Material filtrante .- Motobomba .- Dosificador de Alumbre .- Costo de operación.
CAPITULO V	FILTRO DE ARENA DE ALTA VELOCIDAD .- Análisis de costos .- Costo del Tanque .- Costo de los subdrenajes .- Costo de la válvula múltiple .- Costo del material filtrante .- Costo de la motobomba .- Costo de operación .- Comparación de costos.
CAPITULO VI	CONCLUSIONES .- Filtro de media velocidad .- Filtro de alta velocidad.
CAPITULO VII	BIBLIOGRAFIA.

# ESTUDIO COMPARATIVO ECONOMICO ENTRE UN FILTRO DE ALTA VELOCIDAD Y UNO DE VELOCIDAD MEDIA APLICACION GENERAL Y PISCINAS

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

#### Razón de la tesis:

El presente trabajo está hecho, teniendo en cuenta la gran importancia que reviste el almacenar agua por tiempo indefinido en nuestro país; desperdiciarla perjudica a la mayor parte de la población.

Es causa de estudios costosos en otros países el aprovechar el precioso líquido para las necesidades más fundamentales de los seres humanos y aún para beneplácito.

Esta tesis no pretende hacer un estudio de investigación sino proponer una posible solución al problema, sugiriendo plantas de filtración, más económicas y funcionales de acuerdo con la época.

Una de las aplicaciones que reviste importancia por su desarrollo es el de piscinas, enfocándose principalmente a éstas y proyectándose al futuro a la industria en general donde se tiene necesidad de usar agua sin tratamiento químico de ablandamiento, pero sí, libre de materia orgánica y microorganismos, como lo es el agua de enfriamiento en reactores, obtención de papel y en la industria en donde se tenga necesidad de recircular agua para evitar su pérdida y economizar el proceso.

## CAPITULO 11

### GENERALIDADES

El proceso de filtración es la separación de un material sólido de otro líquido, en el seno del cual se encuentra suspendido, pasando éste último a través de una masa porosa llamada "medio filtrante". De esta definición de la filtración, se comprende fácilmente porqué se considera como un caso particular de un proceso físico más general denominado "separación mecánica".

Las dos importantes variables que deben ser consideradas en la construcción de un filtro, para una suspensión dada, son el material que forma el medio de separación y el método usado para pasar el líquido a través de ese medio. Es evidente que el método escogido será determinado por la resistencia al flujo, ofrecida por el medio filtrante.

La masa filtrante opone una cierta resistencia al flujo, que depende de la naturaleza de la masa filtrante y la suspensión; cuando esta resistencia es relativamente pequeña, la fuerza de la gravedad es suficiente, conociéndose el filtro como "filtro de gravedad". Si la gravedad no es suficiente, la presión de la atmósfera deberá dejarse actuar sobre un lado del medio filtrante, mientras que se le quita del otro, llamándose al filtro un "filtro de vacío". Si al flujo se le introduce en un recipiente cerrado y se le aplica una presión, para pasar sobre el medio filtrante, se le conoce al filtro como "filtro de presión".

**FILTROS DE ARENA.**— El filtro más sencillo posible de este tipo, es un recipiente con un fondo perforado, lleno con arena sílice.

En la parte inferior del tanque está colocado un fondo falso con una serie de coladores, de bronce, plástico u otro material no corrosivo, provistos de canales estrechos. Sobre los coladores se encuentra una capa de gravas de diferentes tamaños, colocándose la más gruesa en la parte inferior y la más delgada en la parte superior y sobre ellas una capa de arena silicosa que forma el medio filtrante. Los espesores de las gravas y la arena silicosa varían según el tamaño del filtro.

Al introducir el agua por la parte superior choca con una placa de desviación, que impide la corriente directa que revolvería la arena. Cuando el precipitado obstruye la arena de tal modo que el flujo es retardado, se quita con un lavado en contracorriente. Esta operación consiste en introducir agua a través de los coladores, de tal modo que pase las gravas y la cama de arena y salga por la placa de desviación y posteriormente a la conexión que sirve de entrada. Esta agua se tira.

Frecuentemente sucede que la cantidad de material que deberá ser separado es tan pequeña, o que el material está tan finamente dividido, que los filtros de arena no retienen el precipitado. En procesos que contienen materiales orgánicos puede ser peligrosa una infección bacteriana y el filtro de arena no puede retener las bacterias tal y como se encuentran. Cuando se presenta este problema, se acostumbra añadir un coagulante al agua antes de la filtración. Este coagulante puede ser sulfato ferroso o sulfato de aluminio; ambas sales son hidrolizadas por la alcalinidad de la mayoría de las aguas normales con la producción de un precipitado floculento de hidróxidos de fierro o aluminio. Este precipitado absorbe la materia suspendida, finamente dividida y aún a ciertas bacterias, no obstante que haya sido agregado al agua en cantidades muy pequeñas. Los flóculos resultantes, no obstante su pequeñez son -

retenidos por el filtro de arena. (16)

El método de filtración por arena se utilizó por primera vez en servicios municipales de abastecimiento de agua, en el año de 1829 en Inglaterra, en la creencia de que se eliminaban únicamente las partículas sólidas. No fué sino hasta 1887 cuando se llegó a comprobar que los filtros de arena eliminaban también parte de las bacterias contenidas en el agua, usándose coagulantes.

Es bien sabido que los desechos contienen gran cantidad de gérmenes patógenos capaces de provocar enfermedades peligrosas, tales como: el cólera ((vibrión colérico)), disenteria, producidas por bacterias tales como: amiba histolítica, bacilos, etc., fiebre tifoidea producida por un bacilo tífico llamado Salmonella typhosa, etc. De aquí la importancia de filtrar el agua y tratarla con productos químicos capaces de destruir tales bacterias. (3)

PRODUCTOS QUIMICOS USADOS EN LAS ALBERCAS .- La historia del tratamiento del agua de las albercas se remonta a los primeros estanques de los romanos aproximadamente 2000 años A. C. (10), en donde tenían almacenada agua, la cual conservaban libre de algas, introduciendo peces, de aquí el nombre de piscina.

Más tarde se probaron otros medios de purificación, como el "vitriolo azul" o sulfato de cobre, que destruye hongos y algas; pero con poco efecto sobre las bacterias; además causa serios daños de incrustación en equipos de filtrado.

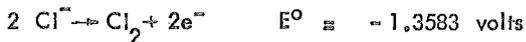
El tratamiento más conocido es el del "cloro", que se usa en forma de gas, líquido como hipoclorito de sodio y sólido como hipoclorito de calcio.

Cuando se agrega cloro al agua, la acción desinfectante y sanitaria que resulta es efectuada, principalmente mediante un producto químico intermedio, que es el ácido hipocloroso. El cloro y el agua reaccionan para formar el ácido hipocloroso de acuerdo con la reacción de equilibrio siguiente:



Nótese que el átomo de cloro del ácido hipocloroso tiene una carga positiva. Este es el denominado cloro "activo". El cloro del ácido clorhídrico no contribuye a las reacciones de purificación.

El potencial de oxidación del cloro en una celda de medición de un electrodo de  $\text{AgCl} - \text{Ag}$  tiene un valor de  $-1.3583$  volts (9)



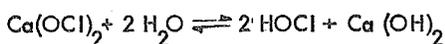
Otros investigadores han encontrado valores parecidos; así por ejemplo Latimer (6) indica un valor de  $-1.3595$  volts y Snyder (13) da un valor de  $-1.36$  volts a  $25^\circ\text{C}$ .

Para el ácido hipocloroso el potencial de reducción a  $25^\circ\text{C}$ . es de:

$\text{ClO}^-$		
con $\text{Cl}^-$ (aq)	$E^\circ = + 1.5$ volts	} En solución ácida
con $\text{Cl}_2$ (g)	$E^\circ = + 1.63$ volts	
$\text{ClO}^-$		
con $\text{Cl}^-$ (aq)	$E^\circ = + 0.89$ volts	} En solución alcalina
con $\text{Cl}_2$ (g)	$E^\circ = + 0.42$ volts	

por lo que se ve que el ácido hipocloroso es más activo en medio ácido.

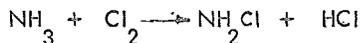
Las reacciones de obtención del ácido hipocloroso a partir del hipoclorito de sodio y del hipoclorito de calcio con el agua son las siguientes:



Otros productos químicos similares a los hipocloritos aún están en proceso de experimentación y se basan en el mismo principio de obtención del ácido hipocloroso.

**CLORO RESIDUAL** .- El cloro residual es el término que se aplica al cloro disponible que permanece después que la demanda de cloro (cantidad de cloro que se requiere para destruir la materia orgánica) ha sido satisfecha. (4)

Hay dos tipos de cloro residual: cloro disponible "libre" y cloro disponible "combinado". El primero está presente en la solución como ácido hipocloroso, hipoclorito ó, como cloro; en el caso del cloro disponible "combinado", el cloro está presente ya sea como cloramina orgánica o inorgánica. Las cloraminas se forman cuando el cloro reacciona con los compuestos de nitrógeno en el agua, siendo la más sencilla la monocloramina y su reacción de obtención se puede expresar como sigue:



**COAGULANTES** .- Entre los coagulantes que se usan con mayor frecuencia está el sulfato de aluminio con fórmula  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ , el sulfato de aluminio y potasio hidratado y que co

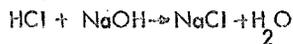
munmente se conoce como "alumbre" con fórmula  $Al_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24 H_2O$ , sulfato ferroso  $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ , etc. Tienen gran uso en los filtros de arena de velocidad media, ya que en medio alcalino se hidrolizan para formar coágulos, los cuales ayudan a retener en el filtro partículas pequeñas de materia. En los filtros de alta velocidad su uso es poco, debido a la velocidad con que operan, pasando los coágulos a través de todo el material filtrante.

ACIDO CLORHIDRICO .- Bajo el nombre de ácido "muriático", nombre comercial, se usa para bajar el Ph, cuando este es mayor de 8, se sugiere su uso hasta un pH neutro de 7 ó cercano a éste como 7.2 a 7.4. Este procedimiento deberá hacerse en forma lenta para no causar un ataque químico a las partes metálicas y al acabado de la alberca,

El pH aumenta, en el tratamiento del agua con el uso de hipocloritos debido a los iones oxhidrilo que se producen en la reacción. Ejemplo:

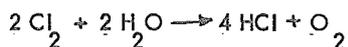


El ácido hipocloroso reacciona con la materia orgánica presente, liberando ácido clorhídrico el cual a su vez reacciona con la base, formando una sal. Ejemplo:



Si no hay suficiente materia orgánica, no reacciona el ácido hipocloroso y por lo tanto no libera al ácido clorhídrico y éste no neutraliza la base, resultando una elevación en el pH.

CARBONATO DE SODIO .- Generalmente se utiliza en albercas que aplican cloro puro en estado gaseoso. La reacción al usarlo en el tratamiento del agua es:



El ácido clorhídrico que se produce es necesario neutralizarlo usándose para ello el carbonato de sodio. En albercas comerciales su uso es muy generalizado, efectuándose la reacción siguiente:



ALCALINIDAD .- La alcalinidad de aguas naturales está asociada a la presencia de sales de ácidos débiles, los bicarbonatos representan a una gran parte de la alcalinidad ya que se forman en cantidades considerables por la acción del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) sobre materiales básicos en el suelo. (5)

La alcalinidad es causada principalmente por las siguientes sustancias que pueden ser clasificadas como sigue:

- 1 ) hidróxidos
- 2 ) carbonatos
- 3 ) bicarbonatos

## CAPITULO III

### ANALISIS DE MERCADO

La investigación del mercado de los filtros de arena se llevó a cabo en compañías dedicadas a la venta de equipo y construcción para albercas, organizaciones particulares y dependencias gubernamentales; obteniéndose un criterio del consumo y del mercado potencial.

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público, en su dependencia "Coordinación General de Organización y Estadística; registra en sus archivos de importación en forma global el número de filtros importados hasta la fecha; pero no especifica el tipo de los mismos, razón por la cual no es posible determinar el número de filtros de arena que se importan. Los registros incluyen todo tipo de filtros tanto industriales como de uso doméstico.

Por la misma fuente de información se sabe que la importación actual es mínima, ya que hay patentes vigentes y la fabricación nacional cubre las demandas nacionales, reduciéndose sólo a ciudades fronterizas.

La Cámara Nacional de la Industria de la Transformación, registra en sus archivos unas cinco compañías dedicadas a la fabricación de tanques para filtros de arena usados en las albercas; las demás que se dedican al negocio de albercas, compran a las compañías mencionadas.

La producción de las 5 compañías para cubrir la demanda del país se estima en aproximadamente 1 000 tanques anuales de diferentes tamaños.

En la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción, en sus archivos de -- 1970, considera que la población de la República Mexicana es de 50,000,000 de personas y considerando un promedio de 5 personas por familia, existen aproximadamente 10,000,000 -- de familias, de los cuales 135,000 tienen un ingreso de \$10,000.00 al mes, representando -- al 1.35% de la población total y familias que tienen ingresos arriba de los \$10,000.00 men-- suales, se estima en 50,000 que representa el 0.5% de la población total.

La población que económicamente puede construir una alberca es de 185,000 fa-- milias aproximadamente, representando un 1.85% de la población total con los costos actua-- les.

El Departamento del Distrito Federal en sus oficinas de "Licencias e Inspección de Construcciones Privadas" y de "Servicio de Tomas de Agua y Construcciones de Albañales" -- se investigó el número de licencias de construcciones y tomas de agua para albercas que se -- han construído en la República Mexicana; encontrándose desafortunadamente que las licen-- cias de construcción se registran en forma global y que cada estado registra sus construccio-- nes.

En residencias con un costo superior a los \$500,000.00 es probable que se constru-- yan con alberca, aunque la cantidad de éstas residencias se desconoce.

En casas comerciales que venden equipos para albercas y que hacen construcciones de las mismas, se obtuvieron datos referentes al número de albercas que se han construído a -- la fecha en la República Mexicana.

Del año de 1945 al año de 1952, se construyeron de 3 a 6 albercas por año en la ciudad de México. Este dato es muy aproximado debido a que en éste período de tiempo se regularizó el abastecimiento de agua para albercas construídas a partir de 1945 y que carecen de equipo de filtrado.

En el período de 1953 a 1956, se construyeron 10 albercas mensuales en promedio en la ciudad de México.

Del año de 1957 al año de 1961, se construyeron 18 albercas mensuales aproximadamente, incrementándose en éste período las albercas con equipo de filtrado; pero sin cifras de cuantas albercas. Este dato es también para la ciudad de México.

Del año de 1962 al año de 1970, el promedio de albercas construídas con equipo de filtrado y sin él, se aumentó a 23 aproximadamente por mes.

En éste período, el Departamento del Distrito Federal, concedió licencias para tomas de agua para albercas que tuvieran equipo de filtrado exclusivamente; registrándose 1029 construcciones con equipo de filtrado. Este dato es para la ciudad de México.

En cantidades aproximadas, la construcción de albercas en la ciudad de México del año de 1945 al año de 1970, según los datos anotados, se resume en la tabla No. 1

En la ciudad de Cuernavaca el número de albercas construídas del año de 1950 al año de 1970 es de aproximadamente 3 000, según datos de las compañías de venta de equipo para albercas y que cuentan con oficinas en esa ciudad.

TABLA No. 1

AÑOS	Número aproximado de Albercas construídas
1945 a 1952	300
1953 a 1956	380
1957 a 1961	864
1962 a 1970	2,208
Total aproximado de albercas construídas en la ciudad de México.	
	3,752

La construcción de albercas en Acapulco, Gro., se ha estimado del año de 1950 al año de 1970 en 3550, según los datos recopilados en la tabla No. 2

TABLA No. 2

AÑOS	Número aproximado de Albercas construídas
1950 a 1957	800
1958 a 1970	2,750
Total aproximado de albercas construídas en Acapulco, Gro.	
	3,550

Los datos obtenidos para el interior de la República Mexicana son estimativos a partir de ventas de equipo y construcciones realizadas por las compañías que venden accesorios y de algunos profesionales en construcción; como son: Ingenieros, Arquitectos y maestros

de obra civil. La cantidad estimada es de aproximadamente 2 500 albercás.

En la tabla No. 3 se resume el número de albercas aproximadas en la República Mexicana, teniendo como base los datos obtenidos.

TABLA No. 3

LUGAR	Número de albercas construidas de 1945 a 1970
México, D. F.	3,752
Cuernavaca, Mor.	3,000
Acapulco, Gro.	3,550
Interior República Mexicana	2,500
TOTAL	12,802

Se considera que el 30% del total no tiene equipo de filtrado, representando un número de 3840 albercas.

En la gráfica No. 1 se estima el número de albercas que se construirán con equipo en la República Mexicana en el período de los años de 1971 a 1975 y que es de 4 000 albercas.

La cámara Nacional de la Industria Química, menciona en sus archivos que el uso de agua sin tratamiento de ablandamiento, sólo de recirculación en la industria química, se estima en 10,000 industrias y que actualmente carecen de filtro. En el período de 1971 a 1975 se estima que el 10% de éstas industrias instalarán filtros de arena, representando 1 000 filtros.

Otras industrias, como son las tintorerías, granjas, etc. han empezado a usar filtros de arena para sus necesidades, con resultados positivos. Estas industrias representan un mercado potencial, no investigado, estimándose que la instalación de filtros de arena en el período de 1971 a 1975 será de 373 filtros.

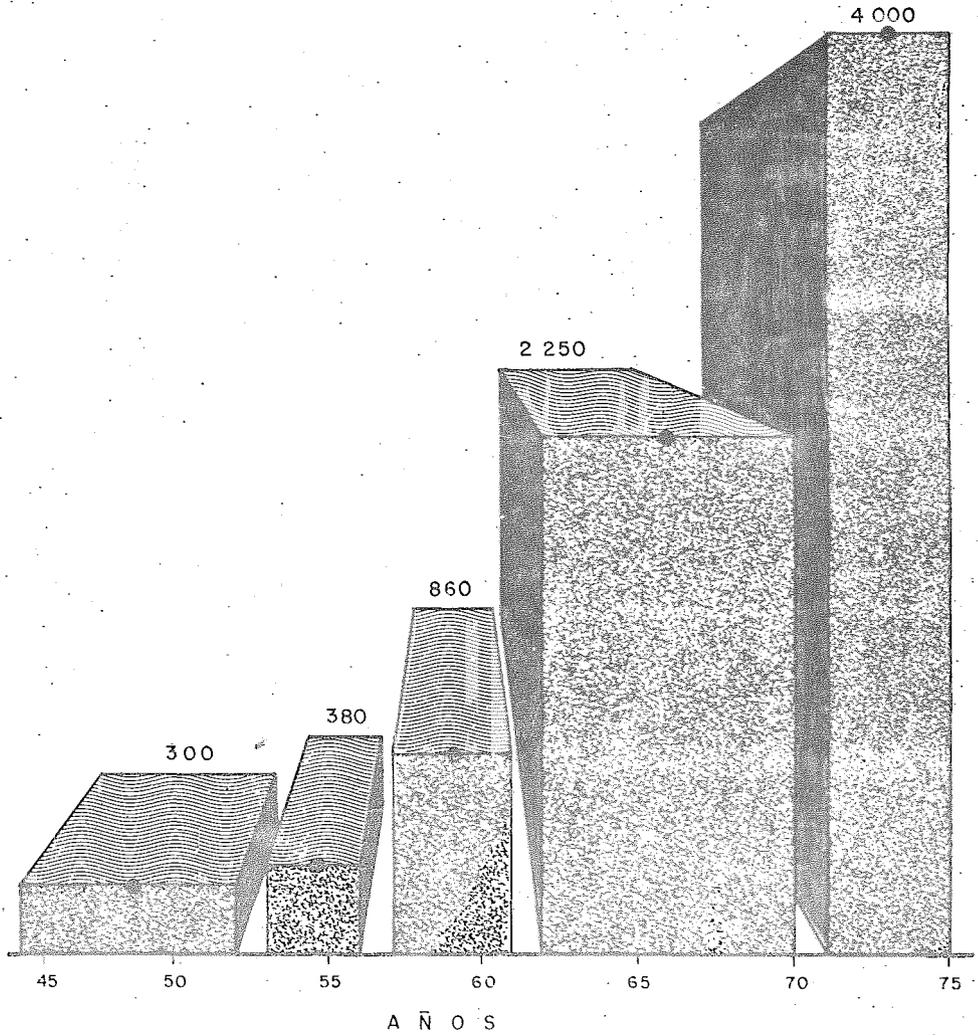
Una estimación global del mercado futuro a 5 años según los datos obtenidos se resume en la tabla No. 4

TABLA No. 4

USOS	Número de Filtros
Albercas construídas que no tienen equipo.	3,840
Albercas por construirse	4,000
Industrias Químicas	1,000
Otras Industrias	373
<b>Total de filtros requeridos</b>	<b>9,213</b>

Las industrias dedicadas a la fabricación de filtros cubre un total de 1 000 tanques anuales. En 5 años produciría 5 000 para la demanda de 9 213 tendría una deficiencia de 4213 tanques.

# N.º DE FILTROS INSTALADOS EN LA REPUBLICA MEXICANA



## CAPITULO IV

### FILTRO DE TIPO VELOCIDAD MEDIA DE GRAVA Y ARENA

#### ANALISIS DE COSTOS

El análisis económico de un filtro de velocidad media de gravas y arena se hizo con un filtro tipo convencional compuesto por lo siguiente: tanque, sub-drenaje, tubería frontal, manómetros, válvula de alivio, dosificador de productos químicos, vaso de observación para retrolavado, medio filtrante y motobomba. (12)

El filtro tipo se diseñó en la forma siguiente:

Se toma como tipo un tanque de diámetro de 0.91 m.

La razón de filtrado para filtros convencionales de grava y arena de 204 lpm/m<sup>2</sup>

La razón de retrolavado para los mismos filtros es de 490 lpm/m<sup>2</sup>. (7)

Con los datos anteriores, se calcula el área filtrante y se determina el gasto.

El área de un círculo es:  $a = \pi r^2$  . . . . 1

en donde  $\pi = 3.1416$  y  $r = 0.455$  m

Se sustituye en 1

$$a = 3.1416 \times (0.455)^2$$

$$a = 3.1416 \times (0.207$$

$$a = 0.650 \text{ m}^2$$

Para calcular el gasto de filtrado, se multiplica el área por la razón de filtrado y se obtiene:

$$\text{gasto de filtrado} = 0.650 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2} \times \frac{204 \text{ lpm}}{\text{m}^2}$$

$$\text{gasto de filtrado} = 133 \text{ lpm}$$

El gasto de retrolavado se obtiene multiplicando el área por la razón de retrolavado.

$$\text{gasto de retrolavado} = 0.650 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^2} \times \frac{490 \text{ lpm}}{\text{m}^2}$$

$$\text{gasto de retrolavado} = 318 \text{ lpm}$$

Teniendo el gasto de retrolavado se calcula el diámetro de la tubería frontal, por tablas de rozamiento, según la fórmula de Williams and Hazen. (17)

Para un gasto de 318 lpm, la tabla indica una tubería de 51 mm de diámetro con una velocidad de 2.65 m/seg. y una pérdida por rozamiento para una longitud de 1.80 m de 0.48 m; lo cual es correcto para el gasto mencionado.

Para el cálculo de la potencia del motor se emplea la siguiente fórmula.

$$\text{HP} = \frac{G \times H}{K \times E} \dots \dots 2$$

en donde HP = potencia del motor

G = gasto en l/seg.

H = carga en m

K = constante

E = eficiencia

para bombas centrífugas el valor de K = 76 (17) y la eficiencia es aproximadamente el 50%.

Para el cálculo se fija la distancia de la bomba a la alberca de 5 m máximo.

Por lo tanto sustituyendo los valores en 2 se obtiene la potencia del motor.

$$HP = \frac{5.3 \times 5}{76 \times .50} = .7 \text{ HP} \cong 3/4 \text{ HP}$$

La bomba tiene las características siguientes:

un gasto 318 lpm y una carga de 5 m de columna de agua.

El medio filtrante se encontró prácticamente siendo las cantidades de grava y arena las de la tabla No. 4

TABLA No. 4

NUMERO	CANTIDAD EN Kg.
Grava del No. 5 de 32 mm de espesor	60
Grava del No. 4 de 25 mm de espesor	30
Grava del No. 3 de 13 mm de espesor	30
Arena silícea No. 20	240
T O T A L      360	

Los costos del filtro tipo según los precios actuales son los que se dan a continuación:

TANQUE .- El costo del tanque tipo de 91 cms. de diámetro construido de acero = 18 =

ro para una presión de trabajo de 3.57 Kg/cm<sup>2</sup>, según especificaciones del Código ASME, (2) con tapas cóncavas, colectores inferiores, deflector superior, uniones hembra de entrada y salida, soporte del tanque y entrada de hombre con tapa es de \$1,650.00 M.N. (15).

CABEZAL DE TUBERIA .- La tubería frontal de fierro galvanizado, con válvulas de compuerta, pintura, mano de obra, se resume en la tabla No. 5, con sus respectivos costos.

El cabezal tipo fué proporcionado por la compañía Paddock Engineering Co. de México (11) y los costos tomados de la compañía "Tubos Monterrey, S. A." (15).

T A B L A No. 5

No.	PIEZAS DESCRIPCION DE PARTES	COSTOS EN M. N.	
		Unitario	Total
12	unión macho galvanizada de 80 mm X 51 mm	3.40	40.80
2	unión macho galvanizada de 420 mm X 51 mm	13.71	27.42
1	unión macho galvanizada de 520 mm X 51 mm	15.33	15.33
2	unión macho galvanizada de 400 mm X 51 mm	13.71	27.42
1	unión macho galvanizada de 80 mm X 10 mm	0.76	0.76
4	unión macho galvanizada de 100 mm x 6 mm	0.85	3.40
3	codos galvanizados de 51 mm X 90°	15.41	46.23
2	codos galvanizados de 6 mm X 90°	2.59	5.18
2	tuerca unión galvanizada de 51 mm	27.99	55.98
4	Te galvanizada de 51 mm	22.19	88.76
4	válvula de bronce, tipo compuerta de 51 mm	339.43	1,357.72
1	válvula de bronce, tipo globo de 10 mm	14.50	14.50
1	ventanilla de observación completa de 38 mm	80.00	80.00
2	manómetros de presión de 0 a 4 Kg/cm <sup>2</sup> de 63 mm	32.25	64.50
3 Lts.	pintura	17.00	51.00
	mano de obra para armar y pintar		93.33

TOTAL 1,972.33

MATERIAL FILTRANTE .- El costo del material filtrante se considera en la tabla No. 6, obtenido en la compañía Albercas "Delfin" dedicada a la venta de equipo para albercas. (1)

T A B L A      N o . 6

CANTIDAD EN Kg.	TAMAÑO DEL MATERIAL FILTRANTE	PRECIO EN M. N.
45	Grava No. 5 de 32 mm de espesor	12.00
45	Grava No. 4 de 25 mm de espesor	12.00
90	Grava No. 3 de 13 mm de espesor	24.00
360	Arena silicosa No. 20	90.00
T O T A L		\$ 138.00

MOTOBOMBA .- Hay varias marcas de motobombas que existen en el mercado, seleccionándose la motobomba "BARNES" por su bajo costo y su diseño cómodo, ya que la trampa de pelo, la bomba y el motor se encuentran en una sola pieza.

Las características de la motobomba son las siguientes: Trampa de pelo de fierro colado, con canasta para detener hojas y pelos, bomba centrífuga con capacidad de 318 lpm, una carga de 8 m de columna de agua y motor eléctrico de 1/2 HP, monofásico, 115/330 volts, 50/60 Hertz, 2900 rpm, con un costo de \$ 1,875.00

DOSIFICADOR DE ALUMBRE .- Consiste de un depósito de fierro colado o de bronce con capacidad máxima para un kilo de alumbre, con tuberías, conexiones y válvulas para ajuste de capacidad

Las partes que lo constituyen se resumen en la tabla No. 7, proporcionadas por la compañía Paddock Engineering Co. de México (11) y los costos por la compañía "Tubos Monterrey, S. A." (15)

T A B L A No. 7  
DOSIFICADOR DE ALUMBRE

CANTIDAD	DESCRIPCION DE PARTES	PRECIO EN M. N.	
		Unitario	Total
1	Depósito de fierro colado, con capacidad de un kilo y tornillo ajustable.	248.62	248.62
2	Válvula de bronce, tipo globo de 10 mm	14.50	29.00
2	Unión macho galvanizada de 80 mm X 10 mm	0.76	1.52
2	Conector de cobre de 10 mm	2.97	5.94
2	Codo terminal de cobre de 10 mm X 90°	3.60	7.20
4	Tuerca hexagonal de cobre de 10 mm	1.88	7.52
1	Tubo flexible de cobre tipo "L" de 2.00 m X 10 mm	8.80	17.60
1	Tubo flexible de cobre tipo "L" de 0.75 m X 10 mm	8.80	6.60
		<b>TOTAL \$ 324.00</b>	

COSTO DE OPERACION .- Se considera un mes de operación del filtro, el costo de operación se obtiene por el consumo de energía eléctrica y el alambre empleado.

El consumo de energía eléctrica se obtiene de la potencia del motor y el tiempo de trabajo del mismo.

El motor de 3/4 HP consume 550 watts / hora.

Se considera un tiempo de operación diario de 8 hrs., en un mes de 30 días con-

sumiría 132,000 watts.

El costo del kilowatt-hora es de \$0.44 por lo tanto el costo de energía eléctrica es \$58.92

El costo del alambre, estimando que se usen 500 g. después de cada retrolavado del filtro, siendo este una vez a la semana. La cantidad empleada de alambre al mes es de 2 Kg. con un costo de \$ 6.00

En la tabla No. 8 se resumen los costos obtenidos del filtro de velocidad media, teniéndose el costo de fabricación y el costo de operación mensual, con el objeto de compararlo con el filtro de alta velocidad.

T A B L A No. 8

PARTES DEL FILTRO TIPO	COSTO M. N.
Tanque con tapas cóncavas, colectores inferiores, deflector superior, uniones hembra de entrada y salida, soportes del tanque y entrada de hombre.	1,650.00
Tubería frontal, conexiones galvanizadas, válvulas, ventanilla de observación, manómetros de presión, pintura y mano de obra.	1,972.33
Material filtrante con gravas y arena silicosa	
Motobomba con trampa y canasta para detener hojas y pelo.	1,875.00
Dosificador de alambre, depósito, conexiones, válvulas y tubería.	324.00
TOTAL	\$ 5,959.33

El costo del filtro de velocidad media es de \$ 5,959.33

El costo de operación del mismo es de \$ 64.92

En el costo de fabricación, que se ha obtenido de compañías establecidas, se incluye el costo de la materia prima, la mano de obra directa e indirecta y supervisión.

No se encuentran incluidos, el costo de mantenimiento, artículos de planta, seguros y gastos generales.

Las compañías que fabrican los filtros, no solamente venden éstos, sino también otros artículos relacionados con las albercas, de aquí que se tendría que dar un diseño y organización de planta para obtener el costo real de los filtros, objetivo fuera de este estudio.

## CAPITULO V

### FILTRO TIPO DE ARENA DE ALTA VELOCIDAD

#### ANALISIS DE COSTOS

La patente de los filtros de alta velocidad en México la tiene una compañía dedicada a la venta de equipo para albercas. El análisis económico se determinó a partir de esa patente.

Para establecer la comparación de los filtros, el filtro de alta velocidad se diseñó de acuerdo a la capacidad del filtro tipo de velocidad media diseñado anteriormente.

La razón de filtrado y retrolavado, dato fundamental para el diseño se ha establecido a partir de 611 lpm/m<sup>2</sup>, a partir de ésta razón el NSPI (7) de los EE.UU., ha llamado a los filtros de alta velocidad.

El cálculo del filtro de alta velocidad se da a continuación:

Los datos que se tienen son: razón de filtrado = 611 lpm/m<sup>2</sup> y gasto de filtrado 133 lpm.

Para calcular el tanque se toma la ecuación No. 2 y se despeja el área filtrante.

Gasto de filtrado = área filtrante x razón de filtrado por lo tanto el área filtrante es:

$$\text{área filtrante} = \frac{\text{Gasto de filtrado}}{\text{razón de filtrado}}$$

Sustituyendo:

$$\text{área filtrante} = \frac{133}{6\pi}$$

$$\text{área filtrante} = 0.217 \text{ m}^2$$

Para sacar el diámetro del tanque, de la ecuación No. 1 se despeja el radio.

$$a = \pi r^2$$

$$r^2 = \frac{a}{\pi}$$

Sustituyendo:

$$r^2 = \frac{0.217}{3.141}, r^2 = 0.692$$

$$r = \sqrt{0.692}, r = 0.261$$

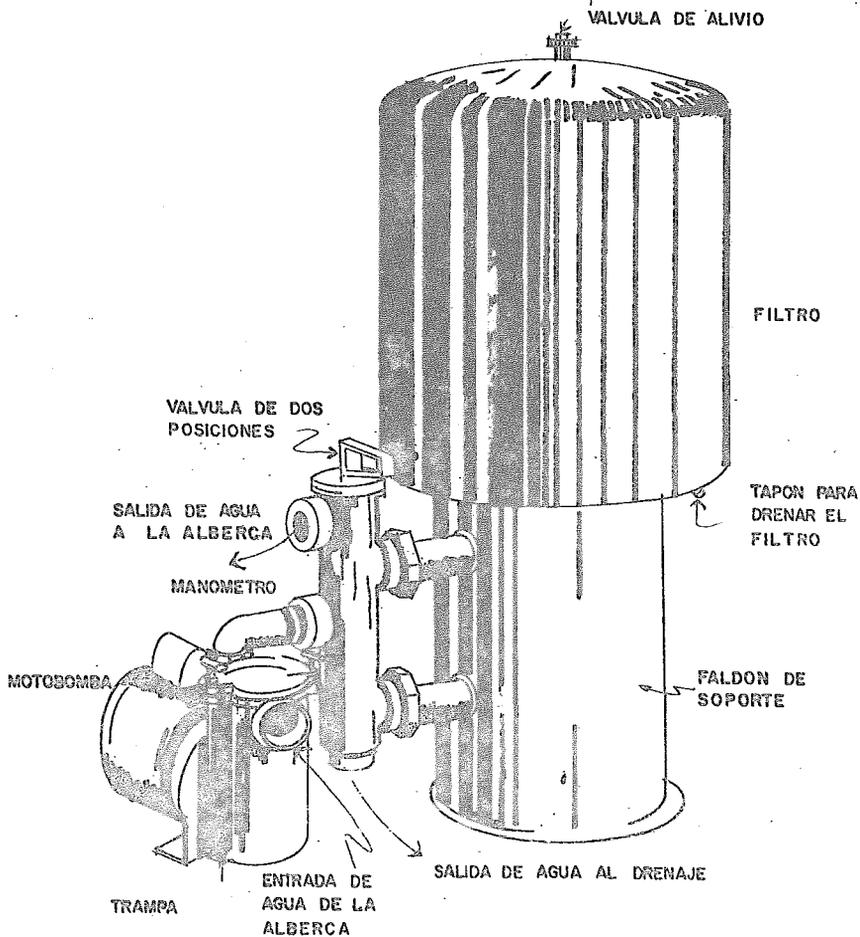
El diámetro del tanque es de 0.52 m.

Para el cálculo de la motobomba, se siguen los mismos pasos del cálculo anterior, siendo la misma motobomba.

El medio filtrante que es arena sílica del No. 20 E.S.B.S. de abertura de 0.84 mm y se encuentra prácticamente la cantidad, que es de 90 K.

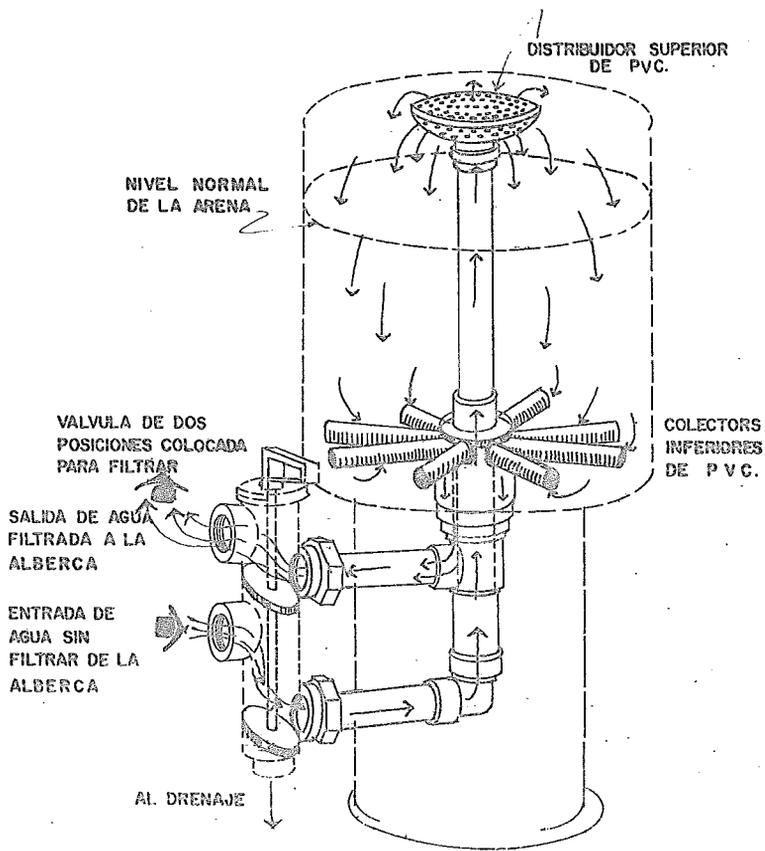
Los subdrenajes y tubería frontal son de diseño especial, constituyendo una sola unidad de plástico y tubería y conexiones de PVC.

La válvula múltiple constituye en éste caso parte del cabezal del filtro, haciéndolo más sencillo en su diseño. ( ver dibujo No. 1)



detalle nº1

FILTRO DE ALTA VELOCIDAD



detalle nº2

DISTRIBUIDORES DEL FILTRO DE ALTA VELOCIDAD

**COSTO DEL TANQUE .-** El tanque de 0.52 m de diámetro, construido de acero, para una presión de trabajo de 3.57 Kg/cm<sup>2</sup>, según especificaciones del código ASME ( ), con tapas cóncavas, registro para entrada de hombre, con empaque y tornillos de ajuste, uniones hembra para drenaje del filtro y válvula de alivio, soporte del tanque tipo faldón, de lámina acerada, para anclarse al piso, válvula de alivio tipo globo de bronce de 10 mm, pintura anticorrosivo y mano de obra.

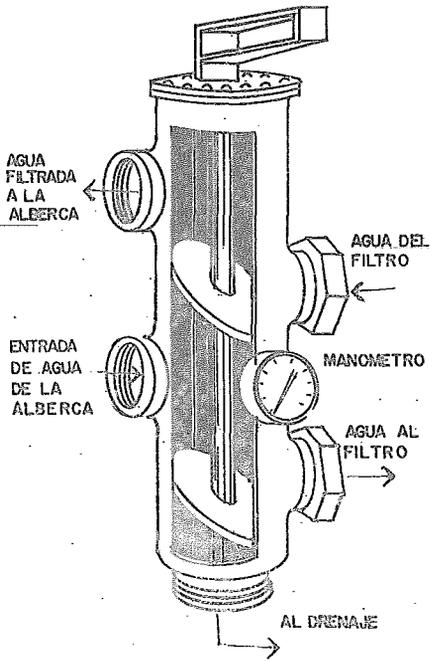
Precio \$ 1,467.18

**COSTO DE LOS SUBDRENAJES .-** Son de plástico Cycloc, moldeado a inyección manual, con distribuidor superior, soportado en un tubo vertical que sostiene en su parte inferior los colectores. El agua de entrada circula por el interior del tubo hasta el distribuidor superior, pasa a través del material filtrante, colectándose en un tubo sobre puesto y por la parte exterior del tubo de soporte. Los dos tubos conectan al cabezal de entrada y salida por medio de tubería y conexiones de PVC cédula 80, y de éstos a su vez a la válvula múltiple de dos posiciones, vaso de observación. ( ver dibujo No. 2 )

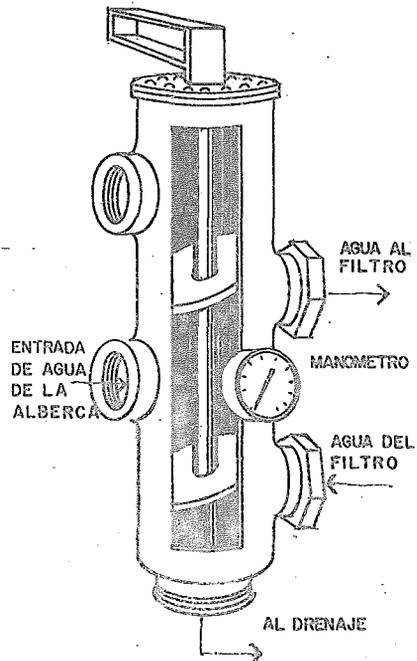
Precio \$ 493.32

**COSTO DE LA VALVULA MULTIPLE .-** La válvula múltiple se diseñó para efectuar los ciclos de filtrado y retrolavado del filtro con un movimiento de palanca, simplificando su operación. ( ver dibujo No. 3 ). Se fabrica de plástico Cycloc, con manómetro de presión de 0 a 4 Kg/cm<sup>2</sup> de 63 mm de diámetro, adicional.

Precio \$ 471.25



POSICION N°1 PARA FILTRAR



POSICION N°2 PARA RETROLAVAR

detalle nº2

VALVULA DE DOS POSICIONES

COSTO DEL MATERIAL FILTRANTE .- El material filtrante constituido -  
de arena sílice tiene un costo para los 90 K. requeridos de:

Precio \$ 22.50

COSTO DE LA MOTOBOMBA .- La motobomba completa con, trampa, -  
canasta para detener hojas y pelo, bomba y motor eléctrico integral de las mismas ca-  
racterísticas anotadas para el filtro de velocidad media tiene un costo de:

Precio \$ 1,875.00

COSTO DE OPERACION .- El tiempo establecido para la comparación es  
de un mes, se considera el consumo de energía eléctrica como único costo de opera-  
ción, ya que el alumbre no se usa debido a la velocidad de operación.

El consumo de energía eléctrica es el mismo que el de velocidad media.

Precio \$ 58.92

En la tabla No. 9 se muestran los costos de las partes del filtro de alta velo-  
cidad, así como el costo del mismo.

T A B L A No. 9

PARTES DEL FILTRO TIPO	COSTO M. N.
Tanque con tapas cóncavas, registro para entrada de hombre, empaque y tornillo de ajuste, uniones, hembra para drenaje del filtro, válvula de alivio, soporte del tanque tipo faldón para anclarse al piso, válvula de alivio.	1,467.18
Subdrenajes de plástico Cyclac, con distribuidores superiores, colectores inferiores, cabezal de PVC cédula 80 y vaso de observación.	493.32
Válvula múltiple de plástico Cyclac de dos posiciones, con manómetro de 0 a 4 Kg/cm <sup>2</sup> de 63 mm de diámetro.	471.25
Material filtrante de arena sílice en cantidad de 90 K.	22.50
Motobomba con trampa y canasta para detener hojas y pelo.	1,875.00
TOTAL \$	4,329.25

El costo de fabricación del filtro de alta velocidad es de

\$ 4,329.25

El costo de operación del mismo es de

\$ 58.92

En el costo de fabricación se incluye el costo de materia prima, la mano de obra directa e indirecta y supervisión.

No se encuentran incluidos, el costo de mantenimiento, artículos de planta, seguros y gastos generales; ya que las compañías fabricantes no solamente venden filtros.

En la tabla No. 10 se da un resumen de los costos de los filtros tipos de -  
acuerdo a sus partes que los constituyen.

T A B L A No. 10

COMPARACION DE COSTOS

PARTES DEL FILTRO	FILTRO DE VELOCIDAD MEDIA COSTO EN M. N.	FILTRO DE ALTA VELOCIDAD COSTO EN M.N.
Tanque con tapas cóncavas con lectores inferiores, deflector superior, uniones hembra de entrada y salida, soportes del tanque y entrada de hombre.	\$ 1,650.00	
Tanque con tapas cóncavas, re gistro para entrada de hombre empaques y tornillo de ajuste, uniones para drenaje del filtro, válvula de alivio, soporte del tanque tipo faldón para anclar se al piso y válvula de alivio.		\$ 1,467.18
Tubería frontal, conexiones - galvanizadas, válvulas, venta nilla de observación, manóme tros de presión, pintura y ma no de obra.	\$ 1,972.33	
Subdrenajes de plástico Cyco lac con distribuidores superiores colectores inferiores, cabezal de PVC cédula 80 y vaso de ob servación.		\$ 493.32
Dosificador de productos quími cos, conexiones y válvulas.	\$ 324.00	
Válvula múltiple de plástico - Cycolac de dos posiciones, con manómetro de 0 a 4 Kg/cm <sup>2</sup> de 63 mm de diámetro.		\$ 471.25
Material filtrante.	\$ 138.00	\$ 22.50
Motobomba con Trampa.	\$ 1,875.00	\$ 1,875.00
TOTAL	\$ 5,959.33	\$ 4,329.25

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

El análisis económico de los filtros Tipo, indica que el costo más bajo de producción corresponde al filtro de alta velocidad.

Las ventajas y desventajas de dichos filtros, pueden dar un criterio para elegir el que sea más conveniente a las necesidades de purificación de agua, aunque el más económico y eficiente será el recomendable.

#### FILTRO DE MEDIA VELOCIDAD

-Ventajas .- El ciclo de filtrado es más amplio con respecto al de alta velocidad y el uso de un coagulante como el sulfato de aluminio o el alumbre que actúan como ayuda del filtro, detienen partículas muy pequeñas en suspensión, dando una claridad mayor al agua.

-Desventajas .- Ocupa un volumen mayor; por lo tanto implica un costo más alto en el cuarto de máquinas.

-Su operación es más complicada, ya que hay que operar por lo menos 4 válvulas, para los ciclos de filtrado y retrolavado.

El costo de instalación es más alto y más complicado.

#### FILTRO DE ALTA VELOCIDAD

Ventajas .- Ocupa un espacio pequeño con respecto al filtro de media velocidad.

La operación del filtro, resulta sencilla por su válvula múltiple.

No requiere coagulantes por la velocidad de filtración a la que opera, pa-

sando este a través del material filtrante.

Su instalación es barata por la cantidad de materiales y mano de obra empleados que es mínima.

Desventajas .- El ciclo de filtrado es muy pequeño, esto es, que el filtro se ensucia rápidamente y hay necesidad de retrolavar más seguido.

No detiene partículas muy pequeñas debido a la falta de coagulantes como ayuda en la filtración.

El bajo costo y sus ventajas del filtro de alta velocidad lo hacen ser una posible solución al problema planteado de recircular el agua en piscinas, industrias y usos generales.

La demanda estimada de filtros de este tipo, ayudará a crear industrias y fuentes de trabajo en el futuro, con un beneficio social para la mayor parte de la población, evitando desperdiciar el agua, de necesidad imperativa en el desarrollo de la vida.

## CAPITULO VII

### B I B L I O G R A F I A

- 1.- Albercas "Delfín", Av. Rfo Magdalena, 330 C., México 20, D. F., Información personal, 1971
- 2.- A.S.M.E. "Boiler and Pressure Vessel Code, Unfired Pressure Vessels" Mc Graw Hill, Book Co, Inc, New York, 17, N. Y. 1962
- 3.- Benton W., Editor, "Enciclopedia Barsa", Encyclopaedia Britannica, Inc, México-Buenos Aires, Chicago, 2, ( 1969 )
- 4.- FMC Corporation, "Some Common Pool Terms and How they Relate to Swim - Pool Sanitizing," Inorganic Chemical División, FMC Corporation, 633 Third - Ave. New York 17, ( 1969 )
- 5.- Hsley P., "Cuidado y Mantenimiento de la Alberca", Paddock Pool Equip - ment, Co., Los Angeles, Calif., ( 1959 )
- 6.- Latimer, W. M., "Oxidations of the Elements and their Potencial In Aqueous Solutions", Prentice-Hall, Suc. New York, ( 1952 )
- 7.- National Swimming Pool Institute, "Minimum Standard for Residential Pools - of the National Swimming Pool Institute", N.S.P.I., Harvard Illinois, USA, 1961
- 8.- National Swimming Pool Institute, "The Role of Corrosion-Resistant Materials in Swimming Pools", N.S.P.I. Committee, Washington, D.C., USA, 1964
- 9.- Mantell, C. L., "Electro Chemical Engineering", Mc Graw Hill, Book Co, - Inc, New York, ( 1960 )
- 10.- Olin Mathieson Chemical Corporation, "Hipocloración del agua", Chemical - División Olin, International Marketing Department, New York, ( 1960 )
- 11.- Paddock Engineering Co. de México, Av. Universidad, 1627, México 20, - D. F. Información personal, 1971
- 12.- Sánchez R. J. A. "Estudio Técnico Comparativo del filtro de alta velocidad - con los filtros existentes para alberca", Tesis U.N.A.M., México, D. F. - - ( 1972 )
- 13.- Snyder, K. M., "Chemistry Structure and Reactions", Holt, Rinehart and - - Winston, Inc., New York, ( 1966 )
- 14.- Tanques Garza, S. A., Calz. Tulyehualco, 58, México 13, D. F., Informa - ción personal, 1971

- 15.- Tubos Monterrey, S. A., Av. l. la Católica, 154, México 8, D. F., Lista de Precios, 1971
- 16.- Uribe J.J. de J., "Filtración, Condiciones Optimas", tesis UNAM México, D. F. ( 1936 )
- 17.- Williams H., "Hydraulic Tables", John Wiley and Sons, New York, ( 1905 )