

8
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"CAMPUS ARAGON"**

**"DISEÑO DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUA PARA LA
INDUSTRIA EMBOTELLADORA"**



**T E S I S
P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO
E L E C T R I C I S T A
P R E S E N T A N :
HECTOR ARELLANO PULIDO**

ASESOR: ING. CUITLAHUAC OSORNIO CORREA



MÉXICO

1997.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Para Zyanya

**Que es el amor de mi vida
que es la persona que desde
que la conocí ha hecho cambiar
mi vida por completo. Con todo
mi amor y mi cariño para mi
hija.**

A la memoria de Germán

Con todo mi cariño a mis padres , mis hermanos y mi sobrino que siempre me han apoyado en todo momento.

A Martha por su apoyo siempre presente en esté trabajo y en mi vida.

Mi mas sincero agradecimiento al Ing.Cuitláuac Osornio Correa por su apoyo incondicional por la realización de ésta tesis.

A todos mis familiares, amigos y todas aquellas personas que de alguna manera han estado presentes para la realización de esté trabajo.

Héctor

Con afecto para:

INTRODUCCION**CAPITULO 1** CARACTERISTICAS GENERALES DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

- 1.1 Generalidades
- 1.2 Características generales del agua para consumo humano.
- 1.3 Condiciones de potabilidad.
- 1.4 Química y constituyentes del agua

CAPITULO 2 APLICACIONES DEL AGUA EN LA INDUSTRIA PROCESADORA DE ALIMENTOS.

- 2.1 Generalidades.
- 2.2 Aplicaciones del agua en la industria de las bebidas
- 2.3 Aplicación del agua en la industria embotelladora.
 - 2.3.1 Tratamiento del agua
 - 2.3.2 Objetivos del tratamiento de agua.
 - 2.3.3 Tipos de tratamiento de agua
 - 2.3.4 Características de calidad del agua para embotellado.
 - 2.3.5 Uso del agua en el tratamiento del azúcar.
 - 2.3.6 Uso del agua en la preparación y embotellado del refresco.
 - 2.3.7 Uso del agua en el lavado de las botellas y cajas.
 - 2.3.8 Uso del agua en saneamiento y limpieza.
 - 2.3.9 Control de calidad del producto.

CAPITULO 3 DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

- 3.1 Generalidades.
- 3.2 Datos generales para el cálculo de filtros de arena.
 - 3.2.1 Cálculo filtros arena.
 - 3.2.2 Fabricación del tanque.
 - 3.2.3 Cálculo de las tapas.
 - 3.2.4 Cálculo del cuerpo o casco cilindrico.
- 3.3 Cálculo de suavizadores.

- 3.3.1 Fabricación del tanque.
- 3.3.2 Cálculo de las tapas.
- 3.3.3 Cálculo del cuerpo o casco cilíndrico.
- 3.4 Purificadores
 - 3.4.1 Cálculo de purificadores
 - 3.4.2 Cálculo de las tapas
 - 3.4.3 Cálculo del cuerpo o casco cilíndrico.
- 3.5 Deaeradores para embotellado
 - 3.5.1 Cálculo de deaeradores
 - 3.5.2 Cálculo de las tapas
 - 3.5.3 Cálculo cuerpo o casco cilíndrico.
- 3.6 Osmosis inversa .
- 3.7 Cálculo del sistema de bombeo
 - 3.7.1 Cálculo de bombas agua filtrada.
 - 3.7.2 Cálculo de bombas agua a proceso y servicios generales.
 - 3.7.3 Cálculo de bombas agua a proceso

CAPÍTULO 4 FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN LA INDUSTRIA EMBOTELLADORA.

- 4.1 Generalidades
- 4.2 Descripción general de la planta de tratamiento de agua.
- 4.3 Descripción general del sistema de embotellado

CAPÍTULO 5 COSTOS DE INVERSIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

- 5.1 Generalidades
- 5.2 Equipo de filtros de arena .
 - 5.2.1 Datos de capacidad por unidad
 - 5.2.2 Especificaciones de construcción.
 - 5.2.3 Datos de diseño.
 - 5.2.4 Material de construcción.
 - 5.2.5 Recubrimiento.
 - 5.2.6 Boquillas.
 - 5.2.7 Internos.
 - 5.2.7.1 Distribuidor superior.
 - 5.2.7.2 Distribuidor inferior.
- 5.2.8 Coladeras.

- 5.2.9 Tuberías integral.
 - 5.2.9.1 Conexiones
- 5.2.10 Válvulas por unidad.
- 5.2.11 Accesorios e instrumentos de control por unidad.
 - 5.2.11.1 Indicadores de presión.
- 5.2.12 Programador.
- 5.2.13 Medidor de flujo.
- 5.2.14 Costo.
- 5.3 Equipo de dealcalizadores de embotellado
 - 5.3.1 Datos de capacidad por unidad.
 - 5.3.2 Especificaciones.
 - 5.3.3 Especificaciones del equipo
 - 5.3.4 Válvulas.
 - 5.3.5 Accesorios incluidos
 - 5.3.6 Costo.
- 5.4 Purificadores.
 - 5.4.1 Capacidad del sistema.
 - 5.4.2 Datos de capacidad por unidad.
 - 5.4.3 Medio filtrante adsorbente
 - 5.4.4 Especificaciones de construcción de tanques.
 - 5.4.5 Datos de diseño.
 - 5.4.6 Material de construcción.
 - 5.4.7 Recubrimiento.
 - 5.4.8 Boquillas.
 - 5.4.9 Internos.
 - 5.4.9.1 Distribuidor superior.
 - 5.4.9.2 Colector inferior.
 - 5.4.9.3 Coladeras.
 - 5.4.10 Tubería integral.
 - 5.4.11 Conexiones.
 - 5.4.12 Válvulas por unidad.
 - 5.4.13 Accesorios e instrumento de control.
 - 5.4.13.1 Indicadores de presión.
 - 5.4.13.2 Programador.
 - 5.4.13.3 Medidor de flujo.
 - 5.4.14 Costo
- 5.5 Equipo de osmosis inversa.
 - 5.5.1 Datos de capacidad del sistema.
 - 5.5.2 Condiciones de operación.

- 5.5.3 Controlador
- 5.5.4 Costo
- 5.6 Equipo de suavizadores
 - 5.6.1 Datos de capacidad por unidad.
 - 5.6.2 Medio de intercambio iónico.
 - 5.6.3 Especificaciones de construcción.
 - 5.6.4 Datos de diseño.
 - 5.6.5 Material de construcción.
 - 5.6.6 Valvula.
 - 5.6.7 Instrumentación de control
 - 5.6.7.1 Indicadores de presión.
 - 5.6.7.2 Medidor de flujo.
 - 5.6.7.3 Sensor de flujo.
 - 5.6.8 Costo.
- 5.7 Equipo de sistema de bombeo.
 - 5.7.1 Bombas de agua cruda.
 - 5.7.2 Costo.
 - 5.7.3 Bombas de agua filtrada.
 - 5.7.4 Costo.
 - 5.7.5 Bombas de agua tratada.
 - 5.7.6 Costo.
- 5.8 Tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico.
 - 5.8.1 Especificaciones.
 - 5.8.2 Costo.
 - 5.8.3 Otros servicios incluidos.
 - 5.8.4 Servicios suministrados por la planta.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

GLOSARIO

INTRODUCCION

En muchos sentidos puede decirse que la historia de la vida del agua es nada menos que la historia de la vida. Es el elemento principal de cuanto vive en el planeta. La humanidad cuenta con ella no solamente para beberla sino para producir energia y aprovecharla para otros fines

A pesar de ser tan comun, el agua es extraordinaria. Esta en todas partes. Adoptando la forma de oceanos campos de hielo, lagos y rios, cubre cerca de las tres cuartas partes de la superficie de la tierra

Comunmente se cree que el agua en la naturaleza esta compuesta por H_2O (dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno) en todos sus estados, siendo esto falso

De todas las sustancias naturalmente presentes en la superficie de la tierra, el agua es la que más se aproxima a la categoria de solvente universal

En realidad constituye un solvente tan bueno, que es rarísimo hallar agua completamente pura, si es que en realidad existe

Por ser el agua un excelente solvente esta contiene muchos materiales disueltos. El agua de lluvia toma dióxido de carbono. El agua almacenada se contamina por partículas que arrastra el aire y que gradualmente se disuelven formando silice con las paredes del depósito. El agua pasa a través del subsuelo tomando minerales adicionales tales como calcio, magnesio, fierro y silice. El agua al ser transferida de su punto natural de almacenaje a través de tuberías se contamina al llegar al usuario final

A medida que la nueva tecnología requiere mas y mas agua, deben idearse nuevas, técnicas para hallarla, y de reusar el agua que el propio hombre ha contaminado.

El proposito de este trabajo es mostrar el diseño y funcionamiento de una planta de tratamiento de agua para una industria embotelladora, teniendo como elemento fundamental el agua.

Mediante una planta de tratamiento de agua se logra obtener esta, con ciertas características y grados de calidad, para así aplicarla a los diferentes usos que se le da.

Esta planta se diseñó aplicando los procedimientos de sistemas hidráulicos, neumáticos, mecánicos, químicos y eléctricos, con la finalidad de obtener agua tratada para una planta embotelladora.

CAPITULO 1

CARACTERISTICAS GENERALES DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

1.1 GENERALIDADES.

A pesar de ser tan común, el agua es extraordinaria. Esta en todas partes, adoptando la forma de océanos, campos de hielo, lagos y ríos, cubre las tres cuartas partes de la superficie de la Tierra están cubiertas de agua. Aún cuando esto es un dato impresionante, se queda corto frente a las espectaculares fotografías que nos han llegado del espacio exterior. Estas revelan un hermoso planeta azul bañado con agua, cubierto parcialmente con un velo de vapor de agua.

La vida comenzó en el agua. Al volver más complejas y especializadas las cosas vivas, abandonaron el mar y se asentaron en la tierra, tomando el agua como componente principal de sus cuerpos. Sobre el planeta Tierra, el agua es vida.

La molécula del agua tiene la fórmula H_2O . Esta únicamente indica su composición y peso molecular. No explica las propiedades extraordinarias que resultan de su arreglo molecular único (figura 1.1). Los dos átomos de hidrógeno están separados entre sí por 105° , adyacentes al átomo de oxígeno, de forma que la molécula es asimétrica, cargada positivamente del lado del hidrógeno y negativamente del lado del oxígeno. Por esta razón, se dice que el agua es dipolar. Esto hace que las moléculas se aglomeren, el hidrógeno de una molécula atrae al oxígeno de la molécula vecina. La unión de las moléculas como resultado de esta fuerza de atracción recibe el nombre de "puentes de hidrógeno".

Una de las consecuencias de los puentes de hidrógeno es que las moléculas de H_2O no pueden abandonar la superficie de un cuerpo tan fácilmente como la harían de no existir esta atracción intermolecular. La energía requerida para romper el enlace con el hidrógeno y liberar una molécula de H_2O para formar vapor es mucho mayor que la requerida por otros compuestos químicos comunes. A causa de esto, el vapor de agua

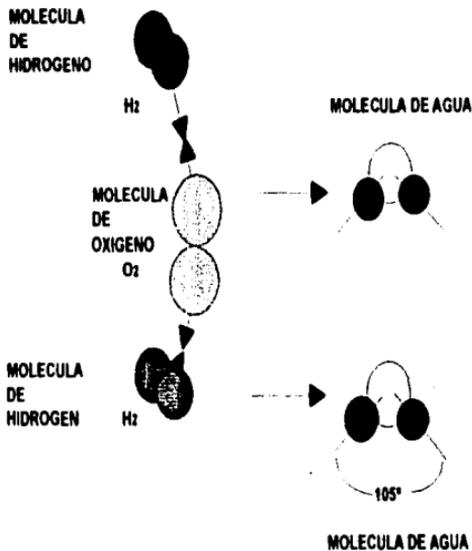


FIGURA 1.1 UNION DE MOLECULAS DIATOMICAS DE HIDROGENO Y OXIGENO PARA PRODUCIR MOLECULAS DE AGUA DE NATURALEZA POLAR.

tiene un alto contenido energético y es un medio efectivo para transferir energía durante las operaciones de una industria, en la construcción y en los hogares

Además, el agua libera más calor durante la congelación que otros compuestos. Más aún, por cada cambio en el aumento de la temperatura, el agua absorbe o libera más calor que muchas otras sustancias (capacidad calorífica), de forma que resulta un medio efectivo de transferencia de calor.

La congelación del agua es bastante distinta a la de otros líquidos. Los puentes de hidrógeno producen un rearrreglo cristalino que hace que el hielo se expanda más allá de su volumen líquido, y el hielo flota. Si este no fuese el caso, los lagos se congelarían empezando por el fondo, y la vida en la forma en que la conocemos no existiría.

En la tabla 1.1 se comparan el punto de ebullición y otras propiedades caloríficas del agua con las de otras moléculas similares, como el sulfuro de hidrógeno, y con compuestos diferentes que son líquidos a temperatura ambiente.

TABLA 1.1 PROPIEDADES TÉRMICAS DEL AGUA Y COMPUESTOS SIMILARES.

H ₂ O	1.00	0	100	540
H ₂ S		83	-62	132
Metanol	0.57	98	65	263
Etanol	0.54	117	79	204
Benceno	0.39	6	80	94

Además de sus extraordinarias propiedades caloríficas, el agua tiene propiedades físicas muy distintas a las de otros líquidos. Su tensión superficial elevada se demuestra fácilmente mediante el experimento de "hacer flotar" una aguja sobre la superficie del agua en un vaso. Esta elevada tensión superficial, debida a los puentes de hidrógeno, hace además que el agua se eleve en un tubo (figura 1.2). Esta capilaridad es parcialmente responsable del sistema de circulación desarrollado por las plantas vivas a través de sus raíces y sistemas tisulares.

FALTA PAGINA

No. 1 1

Con frecuencia, el agua se le llama el disolvente universal. Las moléculas de agua en contacto con un cristal se orientan para neutralizar las fuerzas de atracción entre los iones en la estructura cristalina. Entonces, los iones libres se hidratan con estas moléculas de agua como se muestra en la figura 1.3, evitando que se recombinen y cristalicen. Este efecto de disolución e hidratación se muestra en forma cuantitativa en la relativamente elevada constante dieléctrica del agua.

El agua se ioniza muy ligeramente, produciendo únicamente 10^{-7} moles de iones hidrógeno y 10^{-7} moles de iones hidroxilo por litro, y actúan como aislante, ya que no puede conducir la corriente eléctrica. Al disolver sales u otros materiales ionizantes en el agua, se desarrolla la conductividad eléctrica. La conductividad de las aguas naturales proporciona una medida de su contenido en minerales disueltos (figura 1.4).

Otro fenómeno importante que ocurre en las soluciones acuosas y está relacionado con los materiales disueltos (solutos) más que con el agua (disolvente) es la presión osmótica. Si dos soluciones acuosas están separadas por una membrana, el agua pasará de la más diluida a la más concentrada. Este importante proceso controla la actuación de todas las células vivas; explica también la efectividad de la preservación de los elementos mediante su salado; la sal crea una solución concentrada, separando las células de los organismos que pueden provocar la descomposición de los alimentos; cuando el agua dentro de sus cuerpos los abandona tratando de diluir la solución salina externa.

En celdas de membrana diseñadas especialmente, el flujo osmótico del agua a través de la membrana puede invertirse aplicando una presión lo bastante alta a la solución más concentrada. Este proceso de "osmosis inversa" resulta muy práctico para la desalinización del agua.

La viscosidad es una propiedad final del agua que afecta su tratamiento y su empleo. Es una medida de la fricción interna, es decir, de la fricción de una capa de moléculas que se mueven sobre otra. Al aumentar la temperatura del agua, esta fricción interna disminuye. Debido a este efecto de la temperatura, las sales y gases disueltos pueden difundirse más rápidamente en el agua tibia; el tratamiento químico se acelera y los procesos físicos de sedimentación y desgasificación se efectúan con mayor rapidez. El efecto de la temperatura sobre la viscosidad se muestra en la figura 1.5.

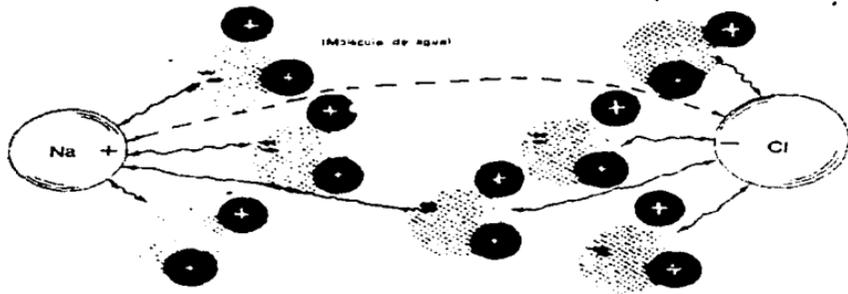
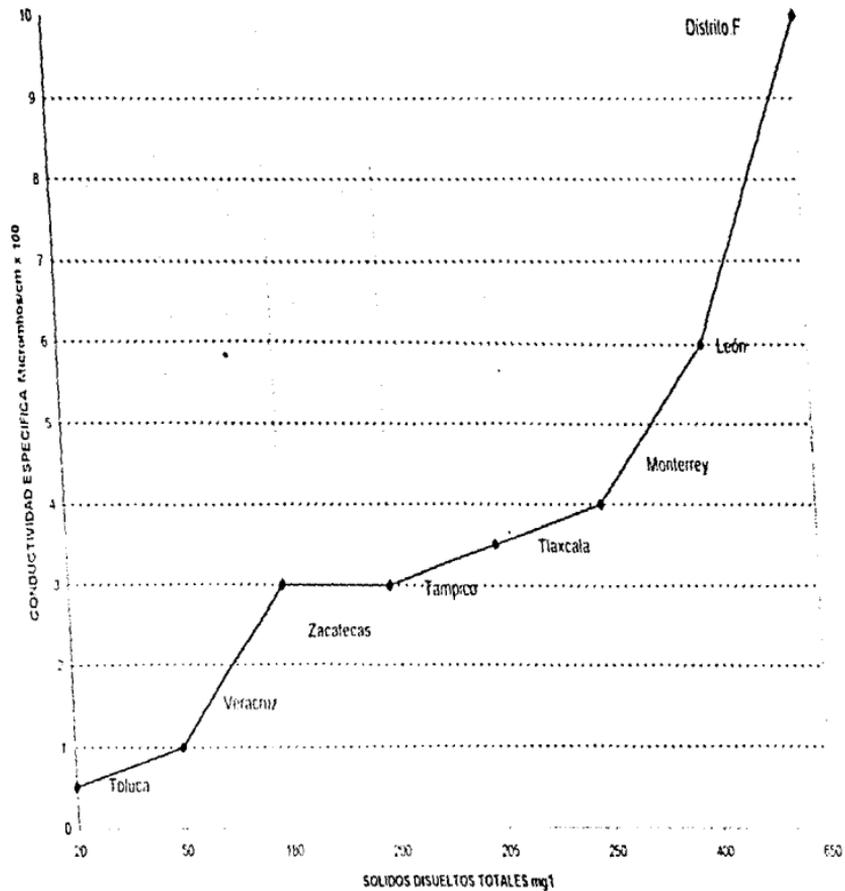


FIGURA 1.3. LA ORIENTACIÓN DE LAS MOLÉCULAS DE AGUA TIENDEN A EVITAR QUE LOS IONES SE RECOMBINEN Y, POR TANTO PRECIPITEN EN LA SOLUCIÓN. ESTO EXPLICA LA CAPACIDAD DEL AGUA COMO DISOLVENTE.

FIGURA 1.4 RELACION DE CONDUCTIVIDAD EN BASE A SOLIDOS DISUELTOS



15

Viscosidad,
Centipoises

Tensión superficial
dinas/cm

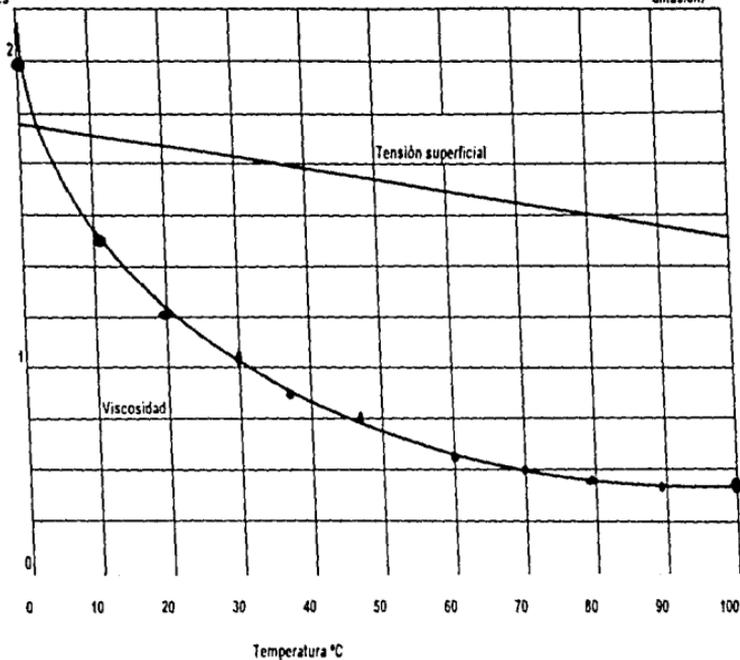


FIGURA 1.5 La tensión superficial y la viscosidad descienden cuando el agua se calienta.

1.2 CARACTERISTICAS GENERALES DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

La gran mayoría de los servicios de agua domiciliaria que surten al país son administrados por sistemas públicos. Estos suministros públicos de agua abastecen a más de 80 % de los hogares de la República Mexicana. La mayor parte de dichas fuentes debe, por ley, incluir un tratamiento de desinfección, tal como la cloración, a fin de proporcionar agua potable segura. Asimismo, se realizan con frecuencia otras etapas de tratamiento previo, como la coagulación y el filtrado de las aguas del tipo superficial.

En otros casos, las fuentes de agua de alta dureza se pueden tratar en la planta central mediante cal sodada o intercambio de iones para ablandarlas parcialmente. Por otra parte, en las regiones donde sólo se dispone de agua salobre, se lleva a cabo un tratamiento de desionización mediante ósmosis inversa que la vuelve apta para el uso general. De esta manera, casi todos los suministros públicos de agua reciben alguna clase de tratamiento antes de llegar a los hogares.

Por el contrario, para la obtención del agua, las residencias y las industrias situadas fuera de las redes de agua urbanas dependen de pozos privados, de poca o mucha profundidad. En los casos en que resulten más convenientes, el agua se bombea desde lagos o ríos.

Existen varios aspectos de las características del agua, tanto en los suministros municipales como la de los pozos privados, que pueden crear condiciones poco favorables para el propietario de una casa o de un establecimiento industrial. Hoy en día se dispone de equipos capaces de solucionar todas esas condiciones adversas y mejorar considerablemente la calidad del agua utilizada en aplicaciones domésticas, agrícolas e industriales.

Los constituyentes del agua que con mayor frecuencia crean problemas de calidad son aquellos que producen incrustaciones, manchas o corrosión, o que presentan riesgos para la salud. Un conjunto secundario de características objetables del agua es la categoría estética o cosmética, entre las que se encuentran el sabor, el olor y la coloración. En las tablas 1.4 se agrupan las condiciones desfavorables y se identifica la causa general de cada una.

En las tablas 1.3 y 1.4, así como en la figura 1.6 se muestran algunas otras características del agua.

**TABLA 1.2 NORMAS GENERALES DE ALGUNOS CONSTITUYENTES Y
CARACTERÍSTICAS DEL AGUA (expresados en ppm).**

	Excelente 0-100	Buena 100-250	Utilizable 250-500	Aceptable 500-1000	Inaceptable 1000	2500
Cloruros (en CaCl ₂)	<3	3-7	7-30	30-50	>50	15 us de color †
Color (APHA)	<0.1	0.1-0.3	0.3-0.5	0.5-1.2	>1.3	40
Fluoruro (como F ⁻)	<0.05	0.05-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	-
Hierro (Fe)	<0.05	0.05-0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	>0.5	0.31
NAAM*	<0.2	0.2-0.5	0.5-1.0	1-2	>2.0	-
Manganeso (Mn)	<0.01	0.01-0.05	0.05-0.10	0.10-0.15	>0.15	0.051
pH	6.5-8.0	7.0-8.5	7.5-9.0	8-9.5	>9.5 o <6.5	6.5-8.5‡
Sulfato (SO ₄)	<100	100-250	250-500	500-750	>750	2500
TSDA (T-00-03)	<200	200-500	500-1000	1000-2000	>2000	5000
Plomo	-	-	-	-	>0.5	0.5‡
Radio 226, 228	-	-	-	-	>5.0	5.0 pCi/l†

* Sustancias activas de azul de metileno (elementos activos)

† Total de sólidos disueltos

‡ Normas actuales para agua primaria de la EPA (U.S.A.)

§ Normas actuales para agua potable secundaria de la EPA (U.S.A.)

**TABLA 1.3 OTROS LIMITES GENERALES DE CONSTITUYENTES Y
CARACTERÍSTICAS DEL AGUA.**

	Criterio admisible	Criterio admisible	Criterio admisible
Arsénico As ³⁺ , As ⁵⁺ , As ⁶⁺	0,05 ppm	Cobre	1,00 ppm
Bario	1,00 ppm	Cromo(hexavalente)	0,05 ppm
Boro	1,00 ppm	Estroncio	10,0 pCi/l
Cadmio	0,01 ppm	Nitratos + nitritos	10,0 ppm (como N)
Cianuro	0,20 ppm	Plata	0,05 ppm
Zinc (como Zn)	5,00 ppm	Selenio	0,01 ppm

TABLA 1.4 CONDICIONES DESEFAVORABLES Y ESTÉTICAS DEL AGUA

CONDICIONES	CAUSA
A. Condiciones desfavorables generales	
Manchas en los accesorios del baño y/o ropa lavada u oxidados	Hierro y manganeso disueltos en el agua.
Corrosión de tuberías ó accesorios, depósitos rojos ó azulverdosos en piletas y bañeras.	Agua de tipo ácida con pH muy inferior a 6,8
Formación de incrustaciones en válvulas, grifos y C.A. - loríferos de agua caliente.	Dureza de calcio y manganeso en el agua.
Riesgos para la salud, tales como bacterias o sustancias tóxicas en suministro de agua local y los pozos privados.	Descargas de cloacas o plantas industriales, escurrimientos de herbicidas y derrames accidentales de sustancias químicas que llegan a los mantos acuíferos o al sistema de agua corriente.
Turbiedad y agua no transparente con presencia de partículas de materia.	Sedimentos de arcilla, limo y productos oxidación en el agua.
B. Condiciones Estéticas	
Sabores desagradables de tipo salobre, metálicos o clorados.	Intrusiones de agua salada, cloración excesiva, pH muy bajo, alcalinidad muy elevada
Olores indeseables (moho, huevos podridos y aceite o gasolina).	Materia orgánica, sulfuro de hidrogeno en el agua, derrames de aceite o gasolina o filtraciones subterráneas.
Coloración del agua (amarillenta o pardo rojiza) o nebulosidad .	Taninos, hierro oxidado, exceso de aire en el sistema de agua corriente.

Como se mencionó anteriormente una de las fuentes principales del suministro de agua son los ríos y lagos que están relacionados con un ciclo hidrológico. El ciclo comienza y nunca cesa, primero como vapor en la atmósfera. Este vapor en la atmósfera son como paredes del agua en lagos y océanos, y están provistos contra condiciones extremas de calor y frío.

El Ciclo Hidrológico. - Este término es comúnmente conocido como ciclo del agua referido a que es ciclo-tierra-ciclo como un circuito, que incluye lluvias, nieve, granizo y el rocío que cae de la atmósfera, al caer a la tierra ésta la evapora y la regresa a la atmósfera y este es un proceso de purificación del agua conocido por el hombre (fig. 1.7).

Los científicos estiman que el sol convierte materia en energía en un promedio de 250 millones de toneladas por minuto y se piensa que la tierra recibe sólo una pequeña porción de esta gran energía (menos de dos millones). En la atmósfera existen varias sustancias que no se combinan químicamente. La composición de la troposfera (la capa más cercana a la tierra) ha sido calculada de la siguiente manera: nitrógeno 78,09%, oxígeno 20,95%, argón 0,93%, dióxido de carbono 0,03% ; juntos con pequeñas cantidades de neón, kriptón, helio, hidrógeno, xenón y ozono. En adición ha estos gases, la atmósfera contiene una variación en porcentajes de vapor de agua, cerca de 9/10 de la masa de la atmósfera que están distribuidos en más de diez mil millas cuadradas de la superficie de la tierra.

Cuando tenemos, una precipitación continua de lluvia durante algún tiempo, la primer cantidad de lluvia que cae contiene una gran cantidad de partículas suspendidas y sólidos disueltos que se siguen presentando durante la lluvia. Un ejemplo es que se toma una muestra de agua durante las primeras cuatro horas de lluvia y después de 22 horas nos muestra la tabla 1.5 (unidades expresadas en partes por millón).

TABLA 1.5 PARTICULAS SUSPENDIDAS Y SOLIDOS DISUELTOS.

Dureza	43	8
Calcio	42	8
Magnesio	1	-
Sodio	11	-
NH₃ (Amonia)	3	5
Carbonatos	19	5
Cloruros	10	5
Sulfato	27	3
Nitrato	1	-

Como se puede observar la lluvia de la atmósfera no remueve todos los sólidos disueltos en 22 horas de lluvia

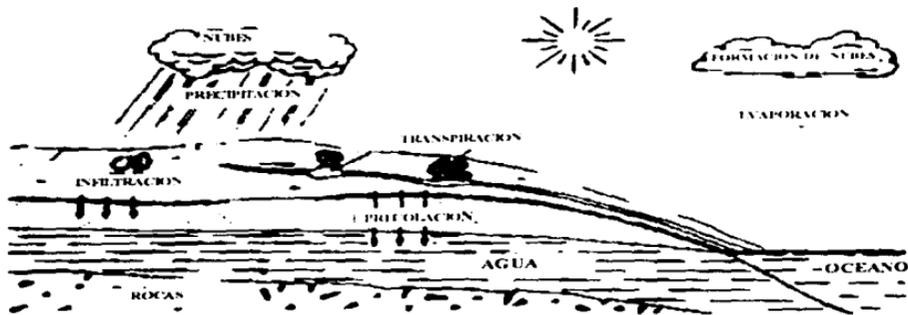


FIGURA 1.7 CICLO HIDROLOGICO

1.3 CONDICIONES DE POTABILIDAD

Para que las aguas sean ingeridas por el hombre de manera que beneficien su salud es necesario que lleven ciertas sustancias que las hacen agradables y nutritivas como el oxígeno, bióxido de carbono y sales minerales de potasio, sodio, calcio y magnesio en cantidades pequeñas; pues el exceso hace impropia el agua para el consumo. Debe estar exenta de materias perjudiciales a la salud, libre de olores, colores y gérmenes infecciosos.

Su temperatura debe fluctuar entre 10°C y 15°C y debe ser de sabor agradable. Las aguas que reúnen estas condiciones son llamadas aguas potables.

1.4 QUÍMICA Y CONSTITUYENTES DEL AGUA

El agua es un compuesto extremadamente estable; difícilmente se rompen bajo el calor las moléculas de hidrógeno y oxígeno. A una temperatura de 3,600° F menos del 2% de las moléculas se disocian en hidrógeno y oxígeno.

En adición, el agua ioniza al $H^+ + OH^-$ muy ligeramente. En agua pura solo una molécula de agua es separada en sus iones de 550,000,000 moléculas. Las concentraciones relativas de OH^- y H^+ son muy importantes en el tratamiento del agua.

El agua químicamente pura es la combinación de dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno, o sea, 11.19 partes en peso de hidrógeno y 88.81 de oxígeno. Su fórmula química es H_2O . En frío se combina con algunos metales muy electropositivos (sodio, potasio, calcio, etc.) y en caliente con algunos otros (hierro, cobre, etc.) descomponiéndose. Forma con los anhídridos de los ácidos y los óxidos las bases. Algunas sales al cristalizar, retiene un número determinado de moléculas de agua que forma parte de su estructura química.

Es el vehículo de una gran parte de combinaciones químicas haciéndose, por esto un elemento industrial de primer orden y se emplea ya en estado natural, ya purificada o privada de sus sales.

El agua químicamente pura no existe en la naturaleza, contiene disueltos gases y sólidos. El agua químicamente pura se prepara en el laboratorio por destilación. Es muy difícil conservarla pura por algún tiempo debido a la solubilidad de los gases de la atmósfera, en particular, del bióxido de carbono. El agua destilada que se usa en los

laboratorios no es químicamente pura, contiene una proporción tan insignificante de impurezas cuyo efecto no se aprecia.

En estado de pureza el agua no conduce la electricidad, pero basta la presencia de cualquier electrolito disuelto para que se ionice y se vuelva conductora: su sabor es desagradable y no es apropiada para la fisiología del organismo humano.

Físicamente es un líquido inodoro, transparente, incoloro, insípido. En grandes volúmenes presenta un matiz azulado. Su punto de ebullición al nivel del mar es de 100°C y su punto de congelación es de 0°C . A los 4°C alcanza su densidad máxima que es de 1 gr. por C.C .

Los elementos minerales más importantes que se encuentran en el agua natural y que producen alcalinidad, dureza y calidad salina pueden subdividirse en cuatro grupos:

Grupo 1 .- Producen solamente alcalinidad: Carbonato de potasio (K_2CO_3); Bicarbonato de potasio (KHCO_3); Bicarbonato de sodio (NaHCO_3); Carbonato de sodio (Na_2CO_3).

Grupo 2 .- Producen dureza carbonatada y alcalinidad: Carbonato de Calcio (CaCO_3); Carbonato de magnesio (MgCO_3); Bicarbonato de calcio [$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$]; Bicarbonato de magnesio [$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$].

Grupo 3 .- Producen calidad salina y dureza no carbonatada: Sulfato de calcio (CaSO_4); Cloruro de calcio (CaCl_2); Nitrato de calcio [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$]; Sulfato de magnesio (MgSO_4); Cloruro de Magnesio (MgCl_2); Nitrato de magnesio ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$).

Grupo 4 .- Producen calidad salina, pero no dureza: Sulfato de potasio (K_2SO_4); Cloruro de potasio (KCl); Nitrato de potasio (KNO_3); Sulfato de Sodio (Na_2SO_4); Cloruro de sodio (NaCl); Nitrato de sodio (NaNO_3).

Las sustancias que producen acidez y que son usadas con frecuencia en el tratamiento de las aguas, son: Acido sulfúrico (H_2SO_4); Sulfato ferroso (FeSO_4); Sulfato de Aluminio [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$] y Acido clorhídrico (HCl).

A continuación mencionaremos una serie de conceptos químicos básicos que se utilizarán en varios procesos químicos que intervienen en el desarrollo del presente trabajo.

OXIDACION Y REDUCCION

El término oxidación significa una reacción química que implica la adición de oxígeno.

En forma similar la disminución de oxígeno se define como reducción.

En años recientes el significado de ambos términos ha sido incrementado el conocimiento de el átomo, sus estructuras y sus reacciones.

La oxidación de un átomo o ion se refiere a un incremento en valencia positiva o un decremento en valencia negativa. La reducción es exactamente lo opuesto, un decremento en valencia positiva o un incremento en valencia negativa.

Un hidróxido es un ion formado por un átomo oxígeno y un hidrógeno, su fórmula es OH⁻. Este ion completo interviene en muchas reacciones químicas como una unidad. En general este se presenta como si fuera una sola carga.

En el proceso de solución muchas moléculas se disocian dentro de dos o más iones las cuales están teóricamente libres para moverse como partículas independientes.

Un ion se diferencia de un átomo o una molécula por que lleva una carga eléctrica.

Existen dos tipos de iones: un catión que es eléctricamente positivo, puede ser un solo átomo con una carga como el calcio (Ca⁺⁺), o un grupo de átomos como (NH₄⁺); y otro anion que es negativo como el cloro (Cl⁻), o un grupo de átomos como el sulfato(SO₄⁻⁻). En el agua, la suma de cargas positivas es igual a la suma de cargas negativas; por lo tanto esta solución permanece neutral.

Los cationes y aniones más comunes que forman las unidades básicas en la química del agua son las siguientes:

CATIONES		- ANIONES	
Hidrógeno	H ⁺	Hidróxido	- OH

Sodio	Na	+	Cloro	- Cl
		+		
Calcio	Ca	+	Bicarbonato	- HCO ₃
		+		
		+		
Magnesio	Mg	+	Carbonato	- CO ₃
		+		
		+		
Aluminio	Al	+	Sulfato	- SO ₄
		+		
		+		
Hierro Férrico	Fe	+	Nitrato	- NO
		+		
		+		
Hierro Ferroso	Fe	+	Fosfato	- PO ₄
		+		
		+		

Cuando varios cationes y aniones se encuentran combinados en el agua, los compuestos resultantes se conocen como bases, ácidos o sales, los cuales definiremos en seguida.

ACIDOS

Los ácidos son compuestos que se relacionan con iones de hidrógeno (H+) en una solución. Todos los ácidos contienen hidrógeno. En general tienen un sabor amargo, cambian de color ante indicadores; y reaccionan con bases para formar una sal y agua.

Acido clorhídrico (fuertemente ácido)



Acido acético

(débilmente ácido)



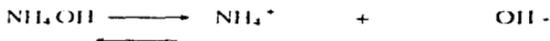
BASES

Las bases son sustancias las cuales pueden realizar iones de hidróxilo (OH^-). El hidróxido de sodio (NaOH) y el hidróxido de amonio (NH_4OH) son ejemplos:

Hidróxido de sodio



Hidróxido de amoniaco



SALES

Las sales están formadas de un ion metálicos con carga positiva y un no metálicos con carga negativa.

Las sales pueden ser de tres tipos : normales, ácidas y básicas.

Una sal normal es un compuesto producido por la unión de cationes de cualquier base y los aniones de un ácido.

Una sal ácida está compuesta de metales, cationes de hidrógeno más aniones de ácidos.



Una sal básica es un compuesto de cationes metálicos, junto con aniones de hidróxido de una base y aniones de un ácido.



ALCALINIDAD

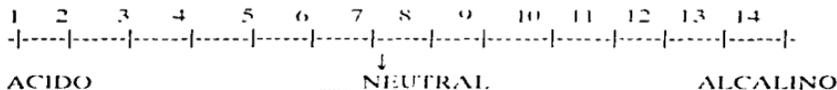
La alcalinidad es causada por la presencia de bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-) en el agua. Excesiva alcalinidad produce un sabor a "soda".

PH

Ningún estudio de la química del agua sería completo sin la referencia del pH. El término pH es usado para indicar el grado de intensidad en relación a la acidez o alcalinidad del agua.

El pH es la concentración del ion de hidrógeno o el potencial de hidrógeno en el agua.

La escala de medida del pH va de 0 a 14, con el 7 como punto neutral.



El pH arriba de 7 indica soluciones alcalinas.

El pH abajo de 7 indica soluciones ácidas.

CAPITULO 2

APLICACIONES DEL AGUA EN LA INDUSTRIA PROCESADORA DE ALIMENTOS

2.1 GENERALIDADES

Debido a la estrecha relación que guarda con la salud pública, la industria alimentaria ha tenido una larga historia en la vigilancia de sus actividades tanto por agencias locales y estatales, como federales. Existen legislaciones no sólo sobre los productos químicos que se añaden directamente a los alimentos - sal, condimentos y conservadores -, sino también sobre otros productos como el pegamento en las envolturas de los alimentos, que puede convertirse indirectamente en aditivo de estos al estar en contacto con ellos.

Además del estricto control sobre los productos químicos, existe una vigilancia especial a las plantas de procesamiento de carnes y aves. No puede incluirse ningún producto químico en una planta de procesamiento de carnes o aves a menos que haya sido aprobado por las autoridades correspondientes para un uso específico, como lavado del equipo o tratamiento del agua.

Debido a lo restrictivo de estos reglamentos, la selección de productos químicos usados en los tratamientos del agua o de los desechos puede ser más limitada en la industria alimentaria que en cualquier otra de las grandes consumidoras de agua.

Existen muchos sectores de la industria de procesamiento de alimentos y entre los que corresponden a la categoría de mayores usuarios de agua están los procesamientos de la caña de azúcar y de la remolacha, el de manufactura de bebidas, el del procesamiento de frutas y verduras, los de la carne y aves, el de procesamiento de granos, los de grasas y aceites y el de lácteos. El consumo de agua de estos sectores se muestra en la tabla 2.1.

TABLA 2.1 USOS DEL AGUA EN EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS

Azúcar	1061	545	518
Bebidas	797	275	226
Frutas y verduras	620	348	324
Carne y aves	468	296	288
Procesamiento de granos	386	218	199
Grasas y aceites	358	107	89
Productos lácteos	218	119	111

Aunque hay amplias variaciones en las etapas del proceso en cada uno de estos sectores de la industria, existe cierto número de operaciones unitarias que le son comunes. El agua en la planta puede dividirse en tres categorías: agua de proceso, agua de enfriamiento y agua de alimentación de las calderas. La distribución porcentual varía considerablemente, desde el alto valor de cerca de 60 % empleado para el procesamiento en la industria de la carne y aves hasta el bajo de sólo 15 % en la industria del azúcar. Sin embargo 75 % del agua en la industria del azúcar se usa para enfriamiento (convirtiéndose después en agua de proceso), siendo este uso de sólo 25 % en la industria de la carne y aves.

En la mayor parte de las plantas de procesamiento de alimentos se genera vapor para el cocimiento o el procesamiento, y el agua empleada para remplazo en las calderas varía desde más a menos 6 % del uso total en el procesamiento de frutas y verduras hasta cerca del 15 % en la sección de grasas y aceites.

Entre los usos del agua de proceso están: el lavado de materias primas y del equipo de proceso; el transporte de productos de una a otra área de proceso; la disolución o la extracción; y la adición al producto terminado.

El agua de enfriamiento puede usarse para operar equipo de refrigeración para condensar vapor de los evaporadores o de las turbinas o para enfriar equipo de proceso como compresoras, ollas de cocimiento y chaquetas de motores.

El vapor puede generarse para cocimiento, para calentar evaporadores o para calefacción. En algunas industrias se utiliza bastante vapor como para justificar la instalación de una turbina que le extraiga energía antes de enviarlo al proceso. Si existe la posibilidad de que el vapor tenga contacto directo con la comida hay límites muy estrictos respecto a los productos químicos usados en el tratamiento de vapor y el del agua de la caldera, así como respecto a las concentraciones máximas de dichos productos.

El conocimiento de las operaciones del proceso en una planta de alimentos es útil para comprender el uso del agua, la que puede usarse sucesivamente para diferentes propósitos. Por ejemplo en la industria del azúcar donde hay gran consumo en el enfriamiento de los condensadores debido a la evaporación y concentración de los jarabes, esta misma agua de enfriamiento se usa para lavar la caña traída del campo antes de que sea descargada, y se le considera agua de enfriamiento más que de proceso.

Hay muchos pasos de proceso en la industria del azúcar (algunos de los cuales son semejantes a los del procesamiento del maíz) La industria de procesamiento del azúcar ofrece un buen ejemplo de uso del agua en el procesamiento de alimentos por tratarse del mayor consumidor en este ramo industrial, que incluye una gran variedad de operaciones de proceso (ver fig. 2.1).

2.2 APLICACIONES DEL AGUA EN LA INDUSTRIA DE LAS BEBIDAS

Este sector de la industria alimentaria es otro gran consumidor del agua, algo de la cual se convierte en parte del producto terminado. La diferencia se emplea para lavar las botellas y envases, enfriar las compresoras y los equipos de refrigeración y reemplazar el agua de las calderas produciendo el vapor usado para cocimiento, evaporación, calentamiento de los pasteurizadores y calefacción.

El agua usada en el producto debe ser, desde luego, potable; además, hay normas dentro de la industria que se refieren al efecto de la calidad del agua sobre el sabor de la bebida terminada. En la industria de las bebidas no alcohólicas, por ejemplo, es común el ablandamiento con resinas de intercambio iónico para reducir su dureza y su alcalinidad, ya que en esta última destruye el sabor de los extractos de frutas ácidas.

En los ablandadores con cal, se practica también la cloración hasta el punto de aumento rápido del cloro residual.

El agua tratada es filtrada y luego pasada a través de filtros de carbón activado como precaución final para la remoción de cloro y cualesquiera sabores u olores residuales. En la mayor parte de las embotelladoras de bebidas no alcohólicas se tienen calderas de agua caliente que proporcionan el calor requerido para el lavado de botellas y de latas.

Las cervecerías y destilerías, por otra parte, operan sus propias plantas de vapor ya que requieren de éste para coqueamiento y para la operación de los evaporadores. En muchas de estas plantas, el vapor pasa a través de turbinas para generar energía y sale a presiones más bajas para su uso en las operaciones de proceso. Las operaciones unitarias en estas plantas son bastante parecidas, en principio, a las que se encuentran en la industria química, pero diseños especiales permiten que el equipo sea lavado fácilmente para prevenir la contaminación microbiana del producto y evitar riesgos para la salud pública.

Algunos diseños especiales de las tuberías y conexiones como los codos de curva abierta, se usan mucho en la industria alimentaria debido a estas necesidad de saneamiento. El acero inoxidable muy bien pulido, el monel o el acero cromado elimina las ralladuras, melladuras y resqueijos que podrían ofrecer alojamiento para cultivos bacterianos. La limpieza cuidadosa del equipo después de cada uso crea un problema especial de control de contaminación debido a que los limpiadores químicos gastados, sobre todo los que contienen biocidas, a menudo interfieren con el funcionamiento del equipo de control de la contaminación.

Existen dos sistemas de uso de agua que son exclusivos de la industria alimentaria y que requieren de especial atención respecto a la calidad del agua: estos son el lavado de botellas, de recipientes y la pasteurización (ver fig. 2.2).

En la operación del lavado de botellas se requiere tanto de limpieza como de esterilización, por lo que se aplican detergentes y biocidas para estar de acuerdo con la severidad del problema. Si en el lavador de botellas se manejan botellas retornables, puesto que no hay modo de saber que puede haber estado dentro de ellas cuando se encontraban en las manos del público, es muy importante usar limpiadores químicos efectivos. Estos son bastante alcalinos. Debido a esto, es benéfico tener agua ablandada

con resinas para el lavado y para el enjuague, ya que así se reduce la demanda de detergente y también se facilita mucho el drenado de la botella después del enjuague, ya que así se reduce la demanda de detergente y también se facilita mucho el drenado de la botella después del enjuague para tener superficies libres de manchas .

Cuando se usan limpiadores fuertemente alcalinos, estos proporcionan un efecto biocida que depende tanto de la duración del contacto entre el agente y la botella como de lo caustica que sea la solución limpiadora . Sin embargo, aun con esta precaución, con frecuencia se aplica cloro al agua del lavado final para asegurar la esterilidad .

En la operación de pasteurizado, tal y como se practica en las cervecerías, el producto embotellado es movido a través del pasteurizador, pasando primero por una zona de refrigeración para detener el crecimiento de organismos de desperdicios específicos; después se lleva lentamente la bebida hasta aproximadamente 160°F (70°C) en un baño de temperatura controlada y ahí se mantiene durante el tiempo requerido para asegurar que todo el contenido de la botella ha sido pasteurizado .

En general, se emplean dos etapas de calentamiento para prevenir el choque térmico y el rompimiento de la botella. Esta se pasa después a un compartimiento de refrigeración antes de salir del pasteurizador para ser empacada, también es útil tener agua ablandada con resinas de intercambio iónico para esta operación, para no manchar las botellas o las latas. La temperatura en la sección de pasteurización se mantiene por la circulación de agua caliente; y la sección de refrigeración (también por etapas para evitar el choque térmico) puede conectarse a una torre de enfriamiento y completarse con un sistema cerrado de agua helada, aunque el agua de enfriamiento de un solo paso se usa ampliamente todavía.

En el caso de que una botella se rompa, estos sistemas de agua son inoculados con nutrientes (la bebida) y se puede perder rápidamente el control sobre la actividad microbiana. Se usan tratamientos con biocidas o con cloro-biodispersante para mantener esta actividad bajo control.

La mayor parte de las aguas de desecho de la industria de bebidas es manejada por los sistemas de alcantarillado municipal. Por esto puede ser que la planta deba contar con instalaciones de igualación para unificar la composición y el caudal. También puede ser necesario manejar dentro de la planta los desechos fuertes, como los limpiadores químicos, para que el programa de igualación resulte efectivo.

Varias grandes destilerías tienen sus propias instalaciones independientes de tratamiento de desechos, que en general consisten en un tratamiento biológico convencional.

2.3 APLICACION DEL AGUA EN LA INDUSTRIA EMBOTELLADORA

Para la elaboración de bebidas embotelladas (refrescos) se requieren los siguientes elementos en cuyos procesos interviene el agua (ver fig. 2.3)

- a) Agua tratada
- b) Azúcar refinada
- c) Concentrado
- d) Gas Carbónico (CO_2)

2.3.1.- TRATAMIENTO DEL AGUA

Aproximadamente el 90 % del producto es agua. Las plantas embotelladoras obtienen el agua que requieren de muy variadas fuentes de origen: pozos profundos, presas, ríos, manantiales, plantas municipales de tratamiento, lagos y en algunos casos aún del mar.

Las características del agua varían considerablemente con la fuente de origen, varían también de lugar a lugar y pueden presentar cambios estacionales aún para el mismo lugar. Esto hace necesario someter al agua que llega a la planta embotelladora a un tratamiento tendiente a eliminar las impurezas y uniformar su composición química.

Las impurezas más comúnmente presentes en el agua, que pueden afectar a los refrescos son:

Turbidez y sedimentos. - Es materia insoluble suspendida en el agua que se asienta en reposo.

Color. - Generalmente causado por materia orgánica.

Microorganismos. - Los microorganismos más comunes son bacterias y algas. Algunos microorganismos pueden afectar la salud y otros causan mal sabor y mal olor en la bebida.

Sales alcalinas.- Las sales alcalinas disueltas en el agua pueden afectar el sabor y estabilidad de la bebida al neutralizar parte de la acidez de producto.

El método de tratamiento de agua comúnmente usado para eliminar las impurezas descritas es el de intercambio iónico ó "Coagulación" con reducción de alcalinidad y superclorinación en un reactor durante dos horas, seguida por filtración en un lecho de arena, purificación con carbón activado y finalmente "pulido" o filtración muy fina. El agua así acondicionada y purificada por el tratamiento es adecuada para usarse en el refresco.

2.3.2 OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO DE AGUA

- a) Obtener agua adecuada para el embotellado.
- b) Reducir la alcalinidad a menos de 50 ppm.
- c) Eliminar impurezas en suspensión y materia orgánica.
- d) Eliminar microorganismos.
- e) Eliminar sabores y olores.
- f) Eliminar cloro residual.

2.3.3 TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUA

- a) Destilación.
- b) Intercambio Iónico.
- c) Osmosis Inversa.
- d) Coagulación.
- e) Clorinación.
- f) Electrodiálisis.

a) DESTILACION

- La unidad de destilación produce un agua libre de sal y altamente purificada.
- Es normalmente mas caro tanto en la adquisición y en su mantenimiento.
- Necesita más que un mantenimiento preventivo ordinario.
- El proceso utiliza calor para evaporar el agua.
- Los sedimentos son tirados mientras el agua evaporada pasa a través de un condensador y sale libre de sal con alta pureza.
- El agua destilada es oxidante por lo tanto deben diseñarse las tuberías y tanques con ese criterio.
- La destilación necesita un posterior tratamiento que es la adición de una pequeña dosis de cloro; para que mantenga su condición sanitaria, seguida de un purificador de carbón

- El uso más común de la destilación es para el tratamiento de agua de mar.

b) INTERCAMBIO IONICO

- Consiste generalmente en tanques presurizados cada uno conteniendo diferentes resinas de intercambio iónico.
 - Las resinas poseen la capacidad de remover los iones de sulfatos, cloruros, calcio, magnesio etc., dependiendo del tipo de resina usado y el tipo de regeneración .
 - Uno de los tanques contiene resinas catiónicas las cuales usan cloruro de sodio (sal en agua) para su regeneración (fig. 2.4).
 - Estas resinas quitan los iones de calcio y magnesio .
 - El otro tanque tiene resinas también catiónicas las cuales usan por lo general ácido clorhídrico para su regeneración que son los que quitan la alcalinidad.
 - Como este tratamiento solo elimina las sales no puede ser considerado como un tratamiento completo sino necesita un pre y un post tratamiento.
 - El uso más común es la desmineralización de aguas altas en sulfatos.

c) OSMOSIS INVERSA

- Es un tratamiento alternativo a la electrodiálisis.
- Elimina altos valores de cloruros y sulfatos.
- Es necesario un pretratamiento para proteger a las membranas. (fig. 2.5)
- No se puede utilizar con agua altamente salobre (agua de mar).
- La podemos definir como el paso de un líquido de una solución de mayor concentración, aplicando una presión .

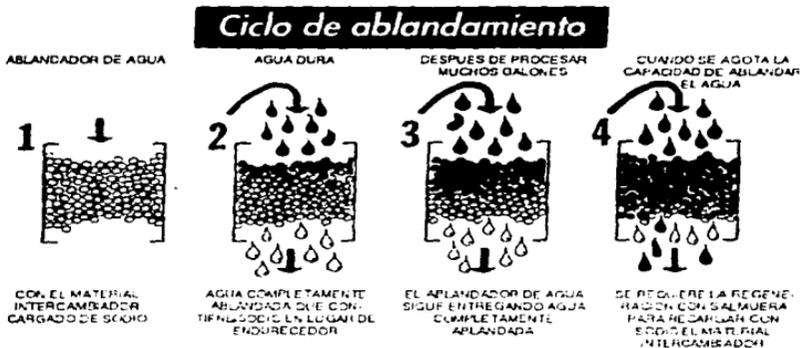
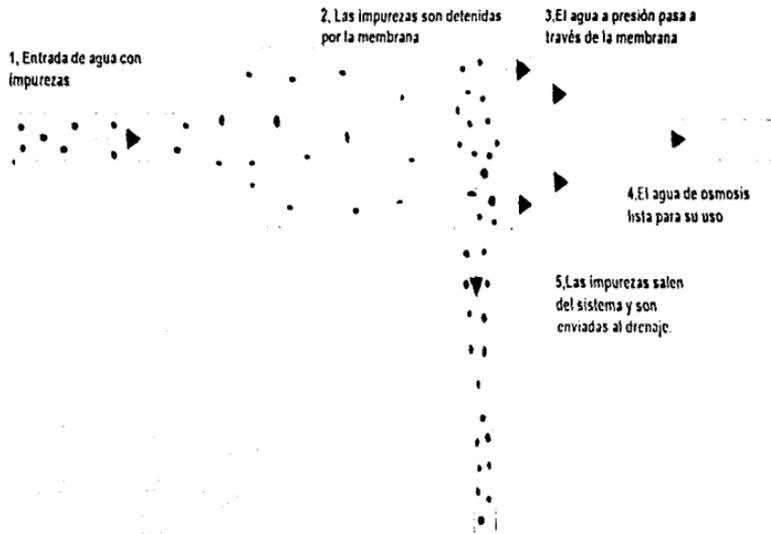


FIGURA 2.4 COMO FUNCIONAN LOS INTERCAMBIADORES DE LOS ABLANDADORES DE AGUA.

FIGURA 1.5 PURIFICACION DEL AGUA A TRAVES DE OSMOSIS INVERSA



d) COAGULACION

- Para la mayoría de las fuentes de agua es necesario un tratamiento completo de coagulación.

- El sistema consta de un tanque de reacción en donde se reduce la alcalinidad y se superclorina con dos horas de retención .

- Después del tanque el agua pasa por un filtro de arena, un purificador de carbón y finalmente un filtro pulidor .

- Este tratamiento con las dimensiones adecuadas y operando correctamente, es capaz de trabajar con excesiva alcalinidad, eliminar el hierro y manganeso, turbiedad, color, trazas de aceite, sulfuro de hidrógeno, y la destrucción de sustancia orgánica. (fig. 2.6).

e) CLORINACION

- Es la adición de cloro hasta obtener de 6 a 8 ppm libres a la salida del tratamiento de agua en operación.

- Después del tanque de retención el agua fluye a un purificador de carbón .

- Este tipo de tratamiento solo elimina la contaminación microbológica y el hierro(parcialmente) .

- Como una medida de seguridad se recomienda que el sistema este diseñado como si fuera un tratamiento de coagulación.

D) ELECTRODIALISIS

- Es la eliminación de sales del agua usando la electricidad

- El agua pasa a través de la planta de electrodialisis y se le arrancan los aniones y cationes por medio de una corriente eléctrica que fuerza a los iones a moverse del flujo del agua a través de membranas al flujo de salmuera .

- El flujo de salmuera se desecha y el agua tratada es clorada y fluye hacia un tanque de almacenamiento.

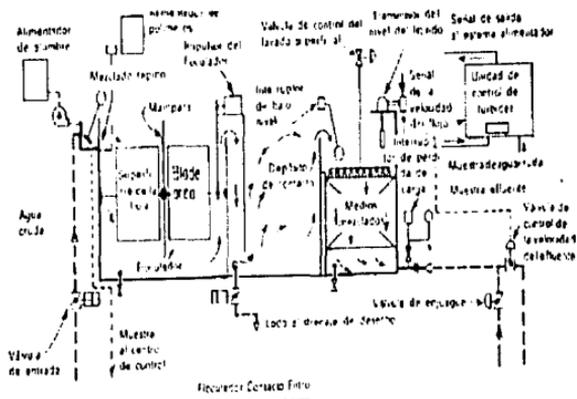


FIGURA 2.6 DIAGRAMA DE FLUJO QUE MUESTRA LA FILTRACION DIRECTA ANTECEDIDA DE MEZCLADO RAPIDO Y COAGULACION EN LA PREPARACION DE AGUA.

- Las membranas pueden ser atacadas o tapadas por el hierro y el cloro.
- Es necesario el uso de pre y post tratamiento.
- La aplicación principal de la electrodiálisis es en aguas con altos valores de cloruros o sulfatos y en agua moderadamente salobre.

2.3.4 CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL AGUA PARA EMBOTELLADO

TABLA 2.2 CALIDAD DEL AGUA PARA EMBOTELLADO

	LÍMITE RECOMENDADO	UNIDAD
Acidez	Ninguna	-
Alcalinidad	50	Carbonatos de calcio
Arsénico	0.01	Arsénico
Bario	1	Bario
Cadmio	0.005-0.01	Cadmio
Cloruros	250	Cloruros
Color	5	
Cobre	0	Cobre
Cianuro	0.01	Cianuro
Fluoruro	0.08	Flúor
Dureza	200	Carbonato de calcio
Hierro	0.1	Hierro
Plomo	0.05	Plomo
Magnesio	125	Carbonato de Magnesio
Manganeso	0.05	Manganeso
Mercurio	0	Mercurio
Nitratos	10 (5 para latas)	Nitrógeno
Sustancias orgánicas	1.5	Pruebas de oxígeno suelto por 100 ml
Organismos coliformes	0	
Sílice	25	Sílice
Sulfato	250	Sulfato
Sabor y olor	Ninguno	-
Total de sólidos en disolución	500	Peso
Turbidez	1	Zinc

2.3.5. USO DEL AGUA EN EL TRATAMIENTO DEL AZUCAR.

El producto tiene aproximadamente un 11% de azúcar (sacarosa) en solución. Para la producción de la bebida se usa en Latinoamérica azúcar de caña en forma granular o líquida. En otras regiones, se usa también azúcar de remolacha y azúcar de maíz.

Las impurezas comúnmente presentes en el azúcar y que pueden afectar la calidad del producto son:

Turbidez y "Floc" - Son dos tipos de materia insoluble en suspensión que se asientan en reposo causando la aparición de sedimento o formando notas en el producto.

Color - El color es causado por sustancias coloidales insolubles que afectan el color de las bebidas claras.

Microorganismos - Estos son principalmente levaduras y mohos (hongos) que pueden causar mal sabor, mal olor y aparición de sedimentos en el producto. Estas impurezas del azúcar se eliminan por un tratamiento adecuado.

Dependiendo de la calidad inicial del azúcar que se procese, el tratamiento requerido tendrá varios niveles de intensidad.

Filtración Simple.

Filtración con ayuda filtro.

Filtración con carbón activado y ayuda filtro en frío (20- 30 °C)

Filtración con carbón activado y ayuda filtro en caliente (80 °C)

La solución de sacarosa obtenida por el tratamiento debe ser incolora, inodora, transparente y brillante. A esta solución se le llama "jarabe simple".

Si a este "jarabe simple" le agregamos la cantidad de concentrado prescrito por la "fórmula" obtenemos el "jarabe terminado".

2.3.6. USO DEL AGUA EN LA PREPARACION Y EMBOTELLADO DEL REFRESCO

La preparación del refresco consiste en la mezcla de "jarabe terminado" y agua tratada en proporciones exactas de acuerdo a la fórmula. Generalmente es una parte de "jarabe terminado" con cinco partes de agua tratada. Se obtienen así seis partes de mezcla.

Esta mezcla es carbonatada hasta que tenga 3.6, volúmenes de gas carbónico por cada volumen de bebida.

La proporción correcta de gas en el producto es muy importante ya que realza el sabor y la sensación de frescura y picor que proporciona y al mismo tiempo el CO₂ actúa como agente inhibidor del crecimiento de microorganismos.

Durante el proceso para facilitar la carbonatación del producto a altos volúmenes de CO₂ este se enfría a temperaturas de 1 a 2° C.

El enfriamiento se logra poniendo en contacto el producto en el "carbocooler" con placas enfriadas en su interior con un agente refrigerante que es el amoníaco.

Para manejar la refrigeración en una planta se requiere de un sistema completo que incluye compresores, condensadores y las placas de enfriamiento mencionadas por cada línea o un sistema general centralizado operado automáticamente.

El producto así preparado es enviado a la llenadora taponadora donde las botellas son llenadas a la altura correcta y coronadas inmediatamente.

2.3.7. USO DEL AGUA EN EL LAVADO DE LAS BOTELLAS Y CAJAS

Otro aspecto fundamental del proceso de producción de refrescos es la limpieza y saneamiento de las botellas retornables que regresan del mercado. La "lavadora de botellas" hace el trabajo de suministrar a la llenadora botellas limpias y en condiciones sanitarias. Esta operación se hace sumergiendo las botellas sucesivamente en varios tanques que contienen soluciones de sosa cáustica a varias concentraciones y temperaturas.

También se usan chorros de solución cáustica que se dirigen al interior y al exterior del las botellas removiendo la mugre de estas. El uso de algunos aditivos humectantes a las soluciones cáusticas aseguran la obtención de botellas limpias y brillantes.

Durante este proceso de lavado en los varios tanques de la lavadora se usan temperaturas de 65 - 70° C concentraciones de sosa de 3 % y tiempos de inmersión y contacto de las botellas con las soluciones de 7-8 minutos.

Estas tres variables, temperatura, concentración y tiempo de contacto están íntimamente interrelacionadas y esto hace posible aumentar una y disminuir otra si es necesario sin aumentar el efecto germicida.

Después de esta parte del lavado de botellas estas son enjuagadas con una serie de chorro de agua "suavizada" dirigidos al interior y exterior de ellas, eliminando así los residuos de sosa cáustica que pueden tener y enfriandolas hasta la temperatura ambiente.

Finalmente las botellas limpias y "estériles" son inspeccionadas a la salida de la lavadora y transportadas a la llenadora

Para conservar la buena imagen del producto en el mercado es indispensable lavar cada vez que pasen por la línea de embotellado las cajas de plástico donde se empaacan las botellas llenas de producto ya que estas tienden a acumular suciedad en su superficie.

Se usan básicamente lavadoras en las cuales las cajas vacías son sumergidas en hileras continuas en una solución de detergente (sosa cáustica u otros) caliente (60-70°C) y sujetas a chorros de alta velocidad tipo jacuzzi ó a vibraciones de ultrasonido, y después enjuagadas con agua fresca.

2.3.8 USO DEL AGUA EN SANEAMIENTO Y LIMPIEZA

La obtención de un producto de alta calidad es fundamental así que los aspectos de higiene, limpieza y saneamiento son de vital importancia en las plantas embotelladoras.

Es por esa razón que se requiere una actividad y vigilancia de la limpieza ambiental continua y se llevan a cabo programas de saneamiento diarios y semanales más a profundidad que abarcan todos los equipos interior y exterior y las instalaciones.

Por ello, se usan comúnmente agentes de limpieza como detergentes, soluciones de cáustico y otros químicos. Para el saneamiento y control microbiológico se usan soluciones con cloro, vapor y agua caliente (80 ° C).

Para simplificar el saneamiento todo el equipo en contacto con el producto como tanques de jarabe, tuberías, carbonatador y equipo de embotellado son hechos de acero inoxidable.

Para comprobar la efectividad del saneamiento se hacen pruebas microbiológicas de ingredientes, equipo y producto en forma periódica.

Una planta limpia y un buen saneamiento son buenos para evitar posibles contaminaciones del producto y preservar integra su calidad.

2.3.9 CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO.

Por definición, un producto de calidad es aquel producido consistente y uniformemente dentro de especificaciones.

El control de calidad durante el proceso es por consiguiente un aspecto muy importante.

Por lo tanto los parámetros físicos y químicos son monitoreados para lograr obtener un producto que se conforme estrictamente con las especificaciones de la fórmula.

Se prueban continuamente:

- Carbonatación (Volúmenes de CO₂)
- Brix (Contenido de azúcar)
- Acidez (A.T.)
- Sabor
- Cierre de corona
- Nivel de llenado
- Contenido
- Apariencia

En el caso de encontrar desviaciones con relación a los estándares se debe llevar a cabo una acción correctiva inmediata.

Las normas del producto son:

Carbonatación	3.6 +/- 0.2 volúmenes
Brix	11.3 +/- 0.2 grados Brix
Acidez titulable	10.5 a 13 mililitros
Contenido	nominal +/- 2 % *

- * Debe adecuarse a la legislación de cada país.

CAPITULO 3**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA****3.1 GENERALIDADES**

El objetivo de este capítulo es poder llegar a satisfacer las necesidades que requiere una planta embotelladora en el diseño y estructura en el área de tratamiento del agua para llegar a la elaboración del producto

Para lograr nuestro objetivo se requieren de ciertos requisitos en la calidad del agua esperada bajo las normas de elaboración, las cuales mencionaremos a continuación.

Flujo a manejar = 2,500 lpm

Flujo de agua suavizada = 795 lpm

Flujo de agua dealcalizada = 1500 lpm

Flujo de agua de servicios generales = 100 lpm

Fluido a manejar = agua limpia y potable

TABLA 3.1 ANALISIS DEL AGUA

SUSTANCIA	AGUA CRUDA	COMO	ppm de CaCO₃
CALCIO	288		
MAGNESIO	88.0		
SODIO	299		
HIDROGENO	0.0		
CATIONES TOTALES	675		

<u>SUSTANCIA</u>	<u>AGUA CRUDA</u>	<u>COMO</u>	<u>ppm de CaCO₃</u>
BICARBONATO	167.0		
CARBONATO	0.0		
HIDROXIDOS	0.0		
CLORUROS	184.6		
SULFATOS	323.4		
ANIONES TOTALES	675		
SILICE (como SiO ₂)	20.0		
pH	7.3		
DUREZA TOTAL	375.5		
ALCALINIDAD M	167.0		
ALCALINIDAD F	0.0		
COLOR	INCOLORA		
OLOR	SIN OLOR		
SOLIDOS TOTALES			
DISUELTOS	645.1		
CLORO LIBRE	0.0		
BIOXIDO DE CARBONO	50.0		
DBO ₅	0.0		
SOLIDOS SUSPENDIDOS	0.0		
GRASA Y ACEITES	0.0		
SOLIDOS SEDIMENTABLES	0.0		
COLIFORMES	ND		
TURBIDEZ	COLOIDAL		

3.2 DATOS GENERALES PARA EL CALCULO DE FILTROS DE ARENA.

La remoción de sólidos suspendidos, al pasar el agua a través de un medio poroso, es primordialmente una acción mecánica. Muchas partículas no pasan por los intersticios del filtro a causa de su tamaño.

La profundidad a la cual los sólidos penetran en el lecho del medio filtrante (arena, antracita, garnet) depende, en gran parte, del flujo de filtración, el grado de

pretratamiento, así como de las dimensiones y graduación del medio filtrante. Conforme pasa el tiempo, aumenta la eficiencia de un filtro operado adecuadamente. La materia floculada llena los espacios vacíos del lecho filtrante y la capa artificial produce intercepciones más finas y ayuda tanto a la remoción de sólidos solubles como a la remoción de sólidos suspendidos.

Los filtros a presión por lo general son circulares y se construyen en acero o en fibra de vidrio, en el fondo se encuentran con un sistema de drenado inferior y recoge el agua filtrada para su servicio posterior (fig. 3.1).

Sobre el colector inferior se coloca una capa de piedra graduada, antracita o arena y sobre ella de 24" a 36" (61.0 a 91.4 cm) de medio filtrante. El conjunto se completa con válvulas dotadas de controladores que mantienen un flujo constante a través del filtro, con manómetros para medir presión de trabajo y caídas de presión. El agua es forzada a través del lecho filtrante bajo una presión relativamente alta.

Este tipo de filtración ha encontrado demanda en la industria, especialmente para el tratamiento de agua ya que este equipo puede instalarse en líneas a presión eliminando un bombeo adicional.

En la operación de la mayoría de los filtros a presión, el agua entra por la parte superior de la unidad y se distribuye mediante un difusor o colector superior y se filtra al descender a través del medio filtrante.

El espesor y graduación de los lechos de grava, arena, antracita u otros medios filtrantes, varía de acuerdo con los diferentes fabricantes. Espesor de grava de 8 a 20 pulg. (20.3 a 50.8 cm) y lechos de arena de 18 a 30 pulgadas (45.7 a 74.2 cm) o más, se emplean comúnmente. La mayoría de los filtros a presión se retrolavan pasando el agua de abajo hacia arriba a través del filtro a flujos de 7.5 a 30 gpm por pie cuadrado de área filtrante (306 a 1,222 lpm/m²).

La limpieza de filtros generalmente se denomina "retrolavado". La manera en que se retrolava es el paso hacia arriba de agua filtrada a través del medio filtrante a altas velocidades (7.5 a 30 gpm por pie cuadrado de área filtrante) (306 a 1,222 lpm/m²).

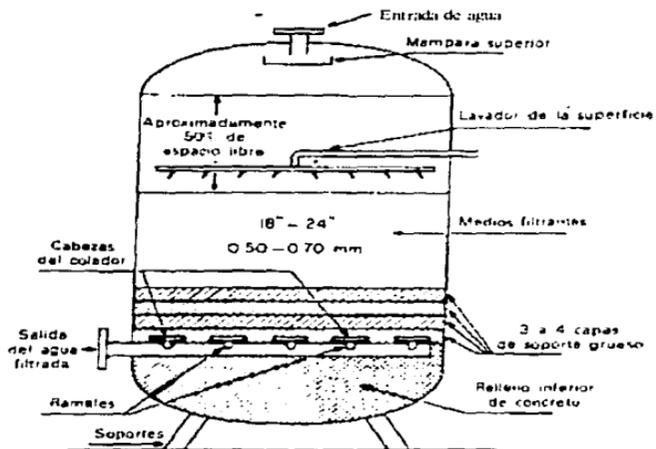


FIGURA 3.1. FILTRO A PRESION, DISEÑO DE CILINDRO VERTICAL, FABRICADO EN ACERO.

Ventajas del uso de filtros a presión:

1. Estas unidades pueden intercalarse en las líneas de agua bajo presión eliminando, por tanto, un bombeo a corta altura.
2. Requiere menos espacio que los filtros a gravedad de la misma capacidad
3. Pueden construirse rápidamente.
4. Pueden agregarse unidades adicionales sin afectar materialmente el diseño general de la instalación.
5. Pueden ser operados a altas pérdidas de carga.
6. Cuando se emplea en purificación de agua de pozos profundos, existe menor probabilidad de contaminación externa por bacterias.
7. Cuando se equipan con válvulas múltiples su operación es más simple que la requerida por las unidades a gravedad.

3.2.1 CALCULO FILTROS ARENA

El flujo de servicio es 2,500 lpm, considerando que es un flujo alto se le tiene que dar mantenimiento, por criterio se divide en dos el flujo de servicio, para tener dos tanques tenemos:

$$2,500 / 2 = 1,250.0 \text{ lpm}$$

$$\text{Flujo superficial} = 8 \text{ gpm ft}^2$$

$$\text{Area necesaria para filtrar} = A = \text{flujo} / \text{flujo superficial} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$A = d^2 \pi / 4 \dots\dots\dots (3.2)$$

$$\text{Flujo} = 1,250 \text{ lpm} \times (1 \text{ gal} = 3.785 \text{ lpm}) = 330.25 \text{ gal-min}$$

$$A = 330.25 \text{ gal-min} / (8 \text{ gpm ft}^2) = 41 \text{ ft}^2$$

$$A = 41 \text{ ft}^2$$

$$A = d^2 \times \pi / 4 = d ((A \times 4) / \pi) / 2$$

$$d = 7.22 \text{ ft} = 86.7 \text{ ''}$$

$$d = 86.7 \text{ ''} \text{ por lo que su diámetro comercial es } d = 90 \text{ ''}$$

$$d = 90 \text{ ''}$$

Considerando el criterio de diseño para filtración tenemos:

24" arena

18" garnet

24" antracita

por lo tanto $h = 66 \text{ ''}$ más el volumen de la tapa inferior. Esta es la altura de nuestro medio filtrante.

$$h_{tot} = h \times 1.5, \quad h_{tot} = 66'' \times 1.5 = 99'' \quad \text{Altura del tanque.}$$

$$h_{tot} = 99''$$

3.2.2 FABRICACION DEL TANQUE

La fabricación del tanque tanto en parte recta (cuerpo) como las tapas son fabricadas bajo el código ASME: sección VIII, división 1.

3.2.3 CALCULO DE LAS TAPAS

Las tapas son fabricadas en forma torisférica y en acero al carbón SA- 285 C

Donde tenemos:

$$t = P L M / (2 S E + P (M - 0.2)) + C.A. \quad (3.3)$$

donde:

t = Espesor de pared, en pulgadas.

L = Radio exterior de la pieza abombada, pulgadas.

P = Presión de diseño ó presión máxima de trabajo permitida en lb/pulg².

S = Valor del esfuerzo del material a la tensión en lb/pulg²

E = eficiencia de la junta

r = radio interior de curvatura de la pieza abombada en pulg.

d = diámetro exterior en pulg.

M = relación L/r

C.A. = Margen de corrosión.

Tabla 3.2 Valores del factor M

L	40	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96
r	2 1/2	2 5/8	3	3 1/2	3 5/8	4	4 3/8	4 1/2	5 1/8	5 1/2	5 7/8
L/r	16	16	16	16.6	16.5	16.5	16.4	16.4	16.3	16.3	16.3
M	1.75	1.75	1.75	1.77	1.76	1.76	1.75	1.75	1.74	1.73	1.73

Entonces tenemos que los datos de diseño son:

$$P = 75 \text{ lb/pulg}^2$$

$$S = 13,800 \text{ lb/pulg}^2$$

$$E = 1$$

$$L = 90 \text{ pulg.}$$

$$d = 90 \text{ pulg.}$$

$$M = 1.76$$

Sustituyendo en (3.3) tenemos:

$$t = (75 \times 90 \times 1.76) / ((2 \times 13,800 \times 1) + (75 \times (1.76 - 0.2))) = 0.428 \text{ pulg.}$$

$$t = 0.428 \text{ pulg.} + \text{C.A. (factor de corrosión} = 0.125) = 0.553 \text{ pulg. siendo su espesor comercial mas cercano el de } 0.625'' = 5/8'' \text{ por lo tanto el espesor de la placa será de } 5/8''.$$

$$t = 5/8''$$

3.2.4 CALCULO DEL CUERPO O CASCO CILINDRICO.

El cuerpo ó casco cilindrico esta fabricado en acero al carbón SA-285 C donde tenemos:

$$t = PR / SE + 0.4 P \cdot \text{C.A.} \quad (3.4)$$

Donde:

- P = Presión de diseño
- S = Valor del esfuerzo del material a la tensión en lb / pulg²
- E = Eficiencia de la junta
- R = Radio exterior, pulgadas.
- t = Espesor de pared, en pulgadas.
- C.A. = Margen de corrosión.

Donde tenemos que los datos de diseño son:

$$P = 75 \text{ lb/pulg}^2$$

$$S = 13,800 \text{ lb/pulg}^2$$

$$E = 0.85$$

$$R = 45 \text{ pulg.}$$

$$\text{C.A.} = 0.125 \text{ pulg.}$$

sustituyendo en (3.4) se tiene:

$$t = (75) \times (45) / ((13800) \times (0.85) + (0.4) \times (75))$$

$$t = 0.28 \text{ pulg.} + \text{C.A.}$$

$$t = 0.28 \text{ pulg.} + 0.125 \text{ pulg.} = 0.411 \text{ pulg.}$$

siendo su espesor comercial mas cercano el de $0.5'' = 1/2''$ por lo tanto el espesor de placa será de $1/2''$.

$$t = 1/2''$$

Por lo que los datos de fabricación del tanque son:

$t = 1/2''$ para el cuerpo ó casco cilíndrico.

$t = 5/8''$ para las tapas torisféricas.

90" de diám. y 99" de parte recta.

(figura 3.2)

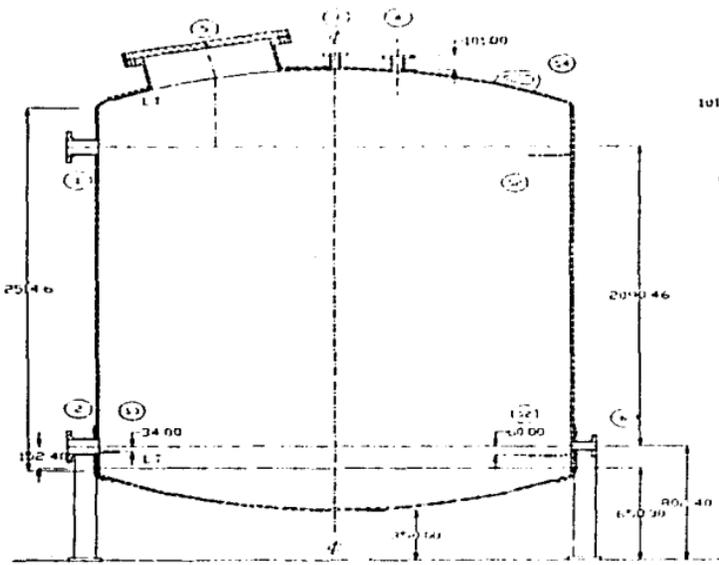
3.3. CALCULO SUAVIZADORES

El concepto de suavizador ó ablandador proviene de que el agua de entrada es dura, esto es, que contiene carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio que son sales disueltas en el agua ó comúnmente llamada dureza, y que si no son eliminados producen incrustaciones en tuberías, en los tubos de agua de las calderas, manchas en el lavado de botellas etc..

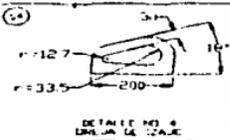
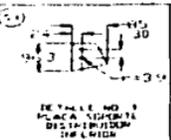
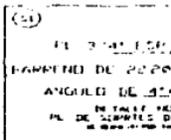
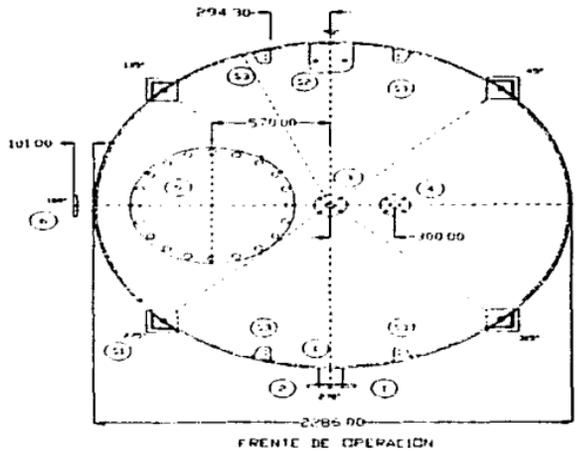
El método mas común y comercial es mediante resinas de intercambio iónico ó comúnmente llamado zeolita. La característica de esta resina en este proceso es que se encuentra la resina en ciclo sodio significa que intercambia iones de Sodio por iones de Calcio y Magnesio. Las sales de sodio que se producen al hacer este intercambio no producen dureza que son el carbonato y bicarbonato de sodio. Esto significa también que la resina se agota o se satura de intercambiar iones de calcio y magnesio por lo que hay que reactivarla y termino que se maneja es regenerarla esta se regenera con cloruro de sodio (Na Cl) también llamada salmuera de donde vuelve a adquirir los iones de sodio quedando lista para un ciclo nuevo de operación.

VISTA DE ELEVACION

PARA LOCALIZACION REAL DE BORNILLAS Y COMPONENTES VER VISTA EN PLANTA



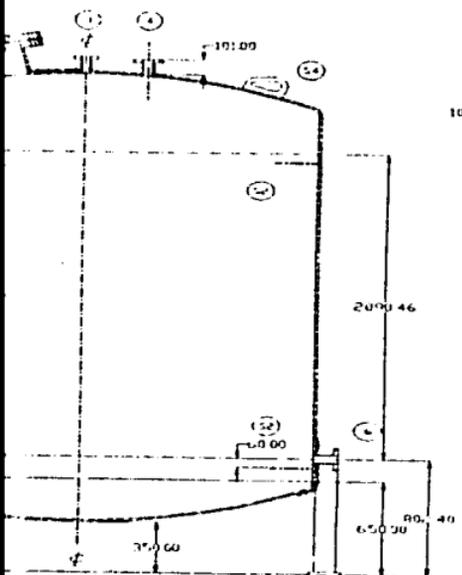
VISTA EN PLANTA



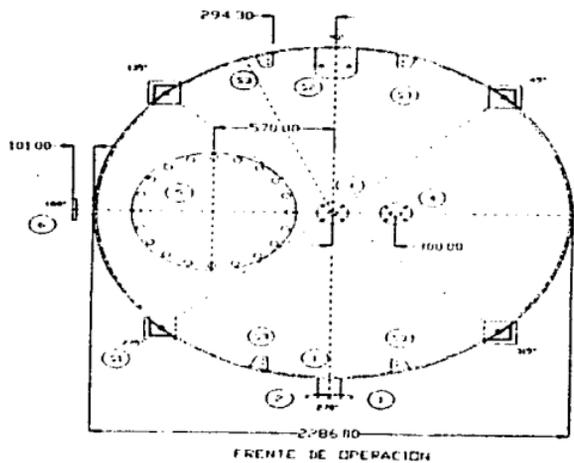
UNIV.
PROYECTO
PROYECTO
ESTADO
DISEÑO
DETAJE
ASISTENTE

Fig. 32 Fabricacion de tanque para filtro de arena

AL DE ELEVACION
 VIZACION REAL DE BOQUILLAS
 NIFES VER VISTA EN PLANTA



VISTA EN PLANTA



FRENTE DE OPERACION

ESPECIFICACIONES

1. MATERIALES
 2. DIMENSIONES
 3. DETALLES
 4. MONTAJE

MATERIALES

1. TUBERIA
 2. BORNES
 3. PASTILLAS
 4. TORNILLOS
 5. CAVILLOS
 6. CANTONERAS
 7. SOLDADURA

DETALLE NO. 1

NO.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	TUBERIA	1	METRO
2	BORNES	1	PAR
3	PASTILLAS	1	PAR
4	TORNILLOS	1	PAR
5	CAVILLOS	1	PAR
6	CANTONERAS	1	PAR
7	SOLDADURA	1	METRO

MONTAJE

1. MONTAJE DE LA TUBERIA EN EL CENTRO DEL TANQUE.
2. MONTAJE DE LOS BORNES EN EL CENTRO DEL TANQUE.
3. MONTAJE DE LAS PASTILLAS EN EL CENTRO DEL TANQUE.
4. MONTAJE DE LOS TORNILLOS EN EL CENTRO DEL TANQUE.
5. MONTAJE DE LOS CAVILLOS EN EL CENTRO DEL TANQUE.
6. MONTAJE DE LAS CANTONERAS EN EL CENTRO DEL TANQUE.
7. SOLDADURA DE LA TUBERIA EN EL CENTRO DEL TANQUE.

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERAL AUTONOMA DE LAS FUERZAS ARMADAS ECUATORIANAS
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 TAMBAYO

PROYECTO DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA LA
 INDUSTRIA EMBOTELLADORA
 DETALLE FABRICACION DE TANQUES PARA FILTRO DE ARENA
 DIMENSIONES: 2000 x 650 DE DIAMETRO
 CANTIDAD: 2 TANQUES
 DISEÑO: ING. CUSTODIO ALFONSO FERRER
 ASESOR: ING. CUSTODIO ALFONSO FERRER

ACOT EN MM
 DIBUJO SIN ESCALA
 PA. DE DIBUJO 30

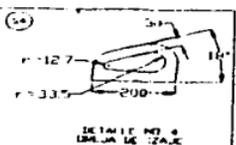
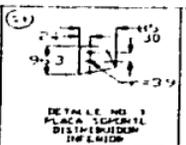
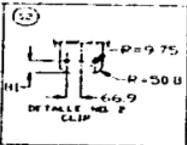
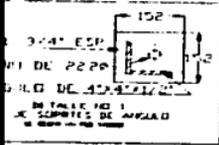


Fig. 32 Fabricacion de tanque para filtro de arena

CAPITULO DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

La capacidad de un cambiador de cationes se especifica en términos de kilogranos (1,000 granos) de dureza compensada removida por pie cúbico de resina intercambiadora y se abrevia "Kgr/ft³".

Constantes:

1 grano = 1/480 de Onza; 1 Onza = 1/12 de libra

1 libra = 0.453 Kg. por lo que 1 Kg = 2.205 libras

1 miligramo por litro = 1 ppm = 17.1 granos por galón.

Dureza compensada.- La capacidad de la resina para suavizar el agua se basa en la "Dureza compensada" del agua que va a ser suavizada la cual puede ó no ser igual a la dureza real.

Dureza compensada = Dureza total x 9,000/(9,000- total de cationes) (3.5)

Las limitaciones del agua a tratar son:

- 1.- pH de 0 a 11
- 2.- Temperatura de 0 a 45 °C.
- 3.- Turbidez máxima del agua cruda 5 ppm.
- 4.- H₂S máximo en el agua 0.5 ppm.
- 5.- Cloro libre (Cl₂) en el agua cruda 1 ppm.

Datos de diseño que se aplican:

- 1.- Flujo superficial máximo 8 gpm/ft².
- 2.- Profundidad mínima de la cama 24".
- 3.- Espacio libre para la expansión 75 % de la cama. (15" mínimo).

Datos:

Flujo: 795 lpm por criterio este flujo lo dividimos en tres para tener tres unidades disponibles dos en servicio y una en stand by. Por lo que tenemos:

$795 / 3 = 265$ lpm.

flujo = 265 lpm. por unidad.

tiempo de servicio = 9 hrs

Nº de unidades 3

Volumen a tratar

$265 \text{ lt/min} \times (60 \text{ min/1hr}) \times 9 \text{ hrs} = 143,100$ litros por unidad.

De la tabla 3-1 tenemos que:

Calcio = 288 ppm

Magnesio = 88 ppm

Dureza total = 376 ppm.

Total cationes = 675 ppm.

1.- Dureza Compensada:

$$D_c = D_t \times 9000 / (9000 - T_c) \quad \dots \dots \dots (3.6)$$

$$D_c = 376 \times 9000 / (9000 - 625) = 349.88 \text{ ppm}$$

$$D_c = 349 \text{ ppm.}$$

2.- Capacidad del suavizador :

$$C_s = D_c \times V_t / 64,600 \quad \dots \dots \dots (3.7)$$

$$C_s = 349.88 \times 143,100 / 64,640 = 774.56 \text{ Kgr.}$$

3.- Cantidad de Q-Na necesaria (Resina ciclo sodio)

Valor de intercambio de " Q - Na"	Consumo de sal
--------------------------------------	----------------

Kgr/ft ³	Kgr/lit	lbs/Kgr	Kg/Kgr
30	1.060	0.533	0.241
27	0.953	0.50	0.226
26	0.918	0.45	0.205
25	0.882	0.40	0.180
24	0.847	0.35	0.158

Tabla 3.3 Capacidad de resina ciclo sodio.

Utilizando una capacidad de Q-Na de 30 Kgr ft³ = 1.060 Kgr/lit con un consumo de sal de 0.241 Kgr/Kg (De acuerdo con la tabla 3.3).

$$774.56 \text{ Kgr} (1.060 \text{ Kgr/lit}) = 730.71 \text{ lit de Q-Na}$$

$$730.71 \text{ lit. de Q-Na}$$

$$730.71 \text{ lit} \times (1 \text{ gal} / 3.785 \text{ lit}) = 193.05 \text{ gal.}$$

$$193.05 \text{ gal.} (1 \text{ ft}^3 / 7.481 \text{ gal.}) = 25.80 \text{ ft}^3$$

$$\text{Q-Na necesaria} = 25.80 \text{ ft}^3$$

4.- Sal necesaria para regenerar:

$$(774.56 \text{ Kgr}) \times (0.241 \text{ Kg/Kgr}) = 186.66 \text{ Kg. de sal por cada unidad.}$$

5.- Diámetro necesario para el suavizador

Area necesaria = flujo de diseño/flujo superficial

$$\text{Area necesaria} = 265 \text{ lpm} / (8 \text{ gpm/ft}^2) \times (40.74) = 0.8130 \text{ m}^2 \dots\dots\dots (3.8)$$

$$A = \pi/4 \times d^2 \Rightarrow d = (A \times 4/\pi)^{1/2} \text{ por lo tanto:} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$d = (0.8130 \times 4/\pi)^{1/2}$$

$$d = 1.01 \text{ m.}$$

6.- Profundidad de la cama de Q-Na

$$h = \text{Volumen de Q-Na} / \text{Área necesaria} \dots\dots\dots (3.10)$$

$$h = .73071\text{m}^3 / 0.8130\text{m}^2 = 0.89 \text{ m}$$

$$h = (0.89\text{m}) (1 \text{ pulg} = 0.0254\text{m}) = 35''$$

h = 35" altura de Q-Na. (Resina ciclo sodio)

3.3.1 FABRICACION DEL TANQUE

Considerando el criterio de que la cama mínima debe tener 36" de altura se debe considerar la altura del retrolavado la cual multiplica la altura mínima por 1.5 por lo se tiene:

$$1.5 \times 35'' = 52.50 \text{ aproximandolo a una altura comercial resulta: } h = 60''$$

Diám. = 1.01m x (1 pulg = 0.0254m) = 39.76" siendo su diámetro comercial más aproximado de 40".

3.3.2 CALCULO DE LAS TAPAS

Por lo que se tiene:

- 1.- Diám. = 40"
- 2.- P.R. = 60"
- 3.- Presión de diseño = 75 lb/pulg²
- 4.- Placa de acero SA-285 C.

Aplicando las fórmulas del Código ASME se tiene:

$$t = PLM / (2SE - P(M-0.2)) + C.A. \dots\dots\dots (3.11)$$

donde:

- P = Presión de diseño, en lb/ pulg².
- S = Valor del esfuerzo del material a la tensión en lb/pulg².
- E = Eficiencia de la junta.
- r = Radio interior de curvatura de la pieza abombada en pulg.

- d = Diámetro exterior en pulg.
 L = Radio exterior de la pieza abombada, en pulg.
 M = Relación L/r.
 t = Espesor de la pared en pulg.
 C.A. = Margen de corrosión en pulg.

$L/r = 40/2.5 = 16$ obteniéndose de la tabla 3.2.

M = 1.75

sustituyendo en (1) se tiene:

$$t = (75)(40)(1.75) / ((2)(13,800)(1) + (1.76-0.2))$$

$$t = 0.19" + C.A. \text{ se tiene: } 0.19 + 0.125 = 0.32"$$

t = 0.32" donde su espesor comercial mas cercano es el de 0.375" = 3/8"
 por lo que el espesor de la placa será de 3/8".

$$t = 3/8"$$

3.3.3 CALCULO DEL CUERPO O CASCO CILINDRICO

El cuerpo ó casco cilindrico esta fabricado en acero al carbón SA-285 C
 donde se tiene:

$$t = PR / SE - 0.4P + C.A. \dots\dots\dots (3.12)$$

Donde:

- P= Presión de diseño
 S= Valor de esfuerzo del material
 E= Eficiencia de la junta
 R= Radio exterior
 t= Espesor de la pared
 C.A. = Margen de corrosión en pulg.

Sustituyendo en (2):

$$t = (75)(20) / (13,800) (0.85) + 0.4(75) = 0.127$$

t = 0.127 + 0.125 = 0.25 = 1/4" que es el valor comercial de espesor de placa

Por lo que el espesor de la placa será de 1/4", $t = 1/4"$.

Por lo que los datos de fabricación del tanque son :

Espesor de tapa 3/8"

Espesor de cuerpo 1/4"

Parte recta del tanque 60"

Diámetro del tanque 40"

(figura 3.3)

3.4. PURIFICADORES

A los filtros de carbón (purificadores) en la industria de las bebidas, posteriores al tratamiento de agua, con frecuencia se les aplican altas dosis de cloro para asegurar una esterilización completa. Así el filtro de carbón es ideal para remover sabores, olores, y colores y para el deodorado (eliminar el cloro) del agua.

3.4.1. CALCULO DE PURIFICADORES

Flujo = 1,500 lpm

Nº de unidades = 3

Flujo superficial = 6 gpm/ft²

Flujo por unidad:

$$\text{Flujo/ Unidad} = 1500/3 = (500 \text{ lpm}) \left(\frac{1 \text{ galón}}{3.785 \text{ l}} \right) = 132.10 \text{ gpm}$$

$$A = \frac{\text{Flujo}}{\text{Flujo superficial}} = \frac{132.10 \text{ gpm}}{6 \text{ gpm/ft}^2} = 22.01 \text{ ft}^2 \quad \dots\dots\dots (3.13)$$

$$A = \underline{22.01 \text{ ft}^2}$$

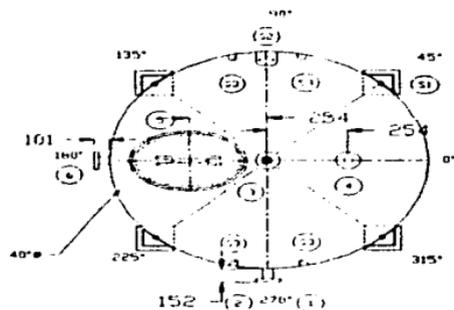
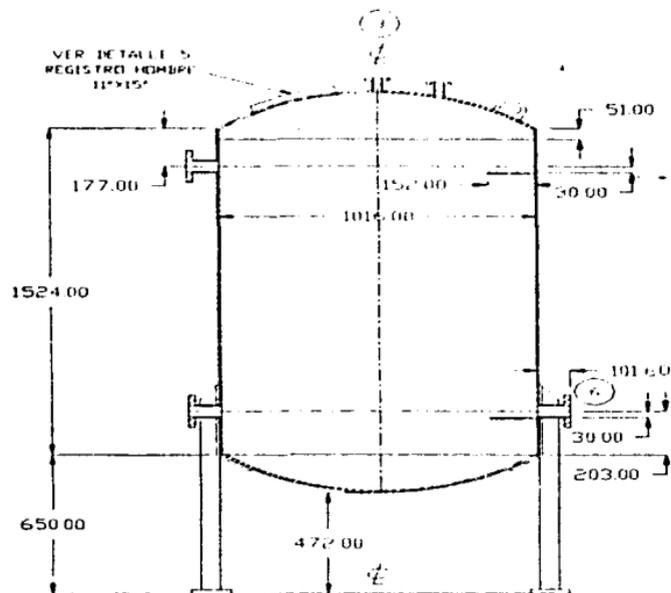
$$A = \frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow d = \frac{\sqrt{A \cdot 4}}{\pi} = \frac{\sqrt{22.01 \cdot 4}}{\pi} = 5.29 \text{ ft} \quad \dots\dots\dots (3.14)$$

$$d = (5.29 \text{ ft}) \left(\frac{12 \text{ pulg}}{1 \text{ ft}} \right) = 63.53"$$

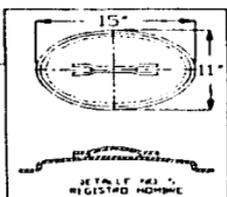
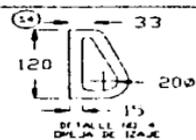
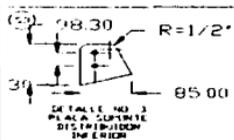
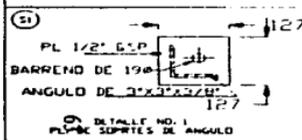
VISTA DE ELEVACION

PARA LOCALIZACION REAL DE BORNILLAS Y COMPONENTES VER VISTA EN PLANTA

VISTA EN PLANTA



FRENTE DE OPERACION

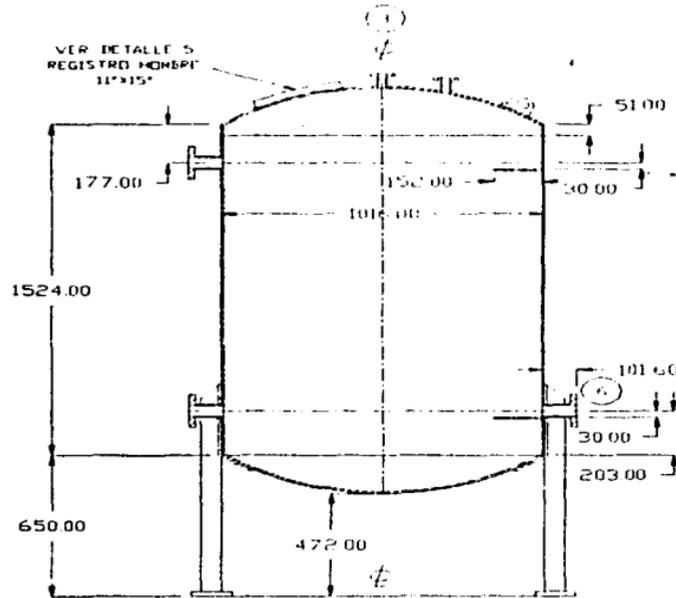


UNIVER
PROYECTO
TITULO I
DIMENSIONES
CANTIDAD
DISCEN
ACCESOR

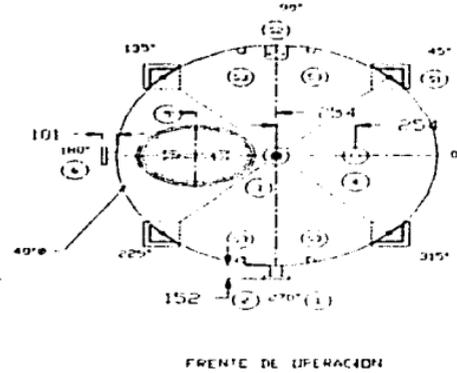
Fig. 33 Fabricacion de tanque para suavizador

VISTA DE ELEVACION

PARA LOCALIZACION REAL DE BORNILLAS Y COMPONENTES, VER VISTA EN PLANTA



VISTA EN PLANTA



- ESPECIFICACIONES -

CONSTRUCCION: TUBERIA ASME SECC VIII DIV 1
 PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA
 MATERIAL: ACERO AL CARBONO A 200 MPa
 TEMPERATURA DE DISEÑO: AMBIENTE
 EFECTOS DE LAS BOMBAS EN TANQUE
 EFECTOS DE LAS BOMBAS EN TANQUE
 EFECTOS DE LAS BOMBAS EN TANQUE
 EFECTOS DE LAS BOMBAS EN TANQUE

MATERIALES

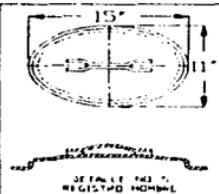
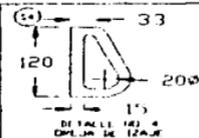
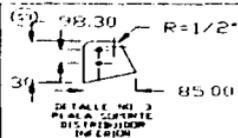
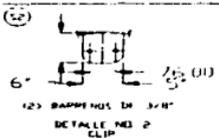
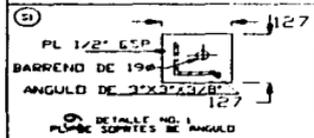
ACERO AL CARBONO A 200 MPa
 ACERO AL CARBONO A 200 MPa

LEYENDA DE CONEXIONES

NO.	TIPO	DIAM.	LONG.	OTROS	NOTAS
1
2
3
4
5
6

NOTAS GENERALES

1. Este proyecto es un estudio preliminar y no debe utilizarse para la construcción de la planta sin la aprobación de la Universidad Nacional Autónoma de México.
2. El diseño de la planta debe ser revisado y aprobado por el personal de la Universidad Nacional Autónoma de México.
3. El diseño de la planta debe ser revisado y aprobado por el personal de la Universidad Nacional Autónoma de México.
4. El diseño de la planta debe ser revisado y aprobado por el personal de la Universidad Nacional Autónoma de México.
5. El diseño de la planta debe ser revisado y aprobado por el personal de la Universidad Nacional Autónoma de México.
6. El diseño de la planta debe ser revisado y aprobado por el personal de la Universidad Nacional Autónoma de México.
7. El diseño de la planta debe ser revisado y aprobado por el personal de la Universidad Nacional Autónoma de México.
8. El diseño de la planta debe ser revisado y aprobado por el personal de la Universidad Nacional Autónoma de México.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

TAPAJE
 PROYECTO DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA LA INDUSTRIA EMBOTELLADORA

TÍTULO: FABRICACION DE TAPAJE PARA SUAVIZADOR
 DIMENSIONES: 400 x 600 DE PARTE MEDIA
 CANTIDAD: 3 TAPAJES

DISEÑO: VICTOR AMELIANO MALLO
 ASESOR: ING. LUIS ALVARO GONZALEZ TORRES
 ACREDITADO: []
 DIBUJO SIN ESCALA
 NO. DE DISEÑO: 33

Fig. 33 Fabricación de tapaje para suavizador

$$d = 63.53''$$

Por lo que teóricamente el diámetro es $d = 63.53''$

Considerando siempre que la altura mínima del purificador debe ser 36''

$$\therefore h = 36'' \times 1.5 = 54''$$

por lo que :

$$h = 54''$$

$d = 63.53''$ y lo aproximandolo a su diámetro próximo comercial es de 66''

$$\varnothing = 66''$$

$$h = 54''$$

3.4.2. CALCULO DE LAS TAPAS

El cálculo de las tapas torisféricas es bajo el Código ASME sección VIII, división 1, fabricadas en placa de acero al carbón SA-285 C.

donde se tiene:

$$t = \frac{PLM}{2SE - P(M-0.2)} \quad \text{C. A.} \quad (3.15)$$

Donde:

t = Espesor de la pared (pulgadas)

P = Presión de diseño (lb/pulg²)

L = Radio exterior de la pieza abombada (pulgadas)

S = Valor del esfuerzo del material a la tensión en (lb/pulg²)

E = Eficiencia de junta

M = Relación L/r

r = Radio interior de curvatura de la pieza abombada (pulgadas)

C.A. = Margen por corrosión (pulgadas)

Datos:

$$P = 75 \text{ lb/pulg}^2$$

$$S = 13,800 \text{ lb/pulg}^2$$

$$E = 1$$

$$L = 66''$$

$$r = 4$$

$$M = 1.76 \text{ de tabla 3.2.}$$

Sustituyendo en (3.15) tenemos:

$$t = \frac{(75)(66)(1.76)}{2(13,800)1 - 75(1.76 - 0.2)} = \frac{8,712}{27,717} = 0.3143$$

$$t = 0.3143 + 0.125 = 0.43$$

$t = 0.43''$ donde el espesor de placa será $0.43'' = 7/16''$

$$t = 7/16''$$

3.4.3 CALCULO DEL CUERPO O CASCO CILINDRICO

El cuerpo ó casco cilindrico esta fabricado en acero al carbón SA-285 C donde se tiene:

$$t = PR / SE - 0.4P + C.A. \dots\dots\dots (3.16)$$

Donde:

P = Presión de diseño en lb/pulg²

S = Valor del esfuerzo del material a la tensión en lb/pulg²

E = Eficiencia de la junta.

R = Radio exterior.

t = Espesor de placa.

Datos:

$$P = 75 \text{ lb/pulg}^2$$

$$R = 33''$$

$$S = 13,800 \text{ lb/pulg}^2$$

C.A. = Margen de corrosión

$$E = 0.85$$

t = Espesor de placa.

Sustituyendo en (3.16):

$$t = \frac{(75)(33)}{13,800(0.85) \cdot 0.4(75)} \cdot \frac{2,475}{11,760} = 0.210$$

$$t = 0.210 \cdot 0.125 = 0.33$$

$t = 0.33$ donde su espesor comercial mas cercano es de $0.375'' = 3/8''$

por lo que el espesor de la placa será de $t = 3/8''$.

$$t = 3/8''.$$

Por lo que los datos de fabricación del tanque son:

$t = 7/16''$ para las tapas torisféricas.

$t = 3/8''$ para el cuerpo ó casco cilindrico

$d = 66''$ de diámetro.

$h = 54''$ de parte recta.

(figura 3.4).

3.5 DEALCALIZADORES PARA EMBOTELLADO

La alcalinidad es el problema mas grande que se tiene en la elaboración de bebidas embotelladas (refrescos) ya que si no se elimina esta la acidez del refresco se neutraliza con la alcalinidad del agua, las bebidas toman otro sabor diferente un sabor insípido y desagradable. La alcalinidad la forman los carbonatos y bicarbonatos disueltos en el agua.

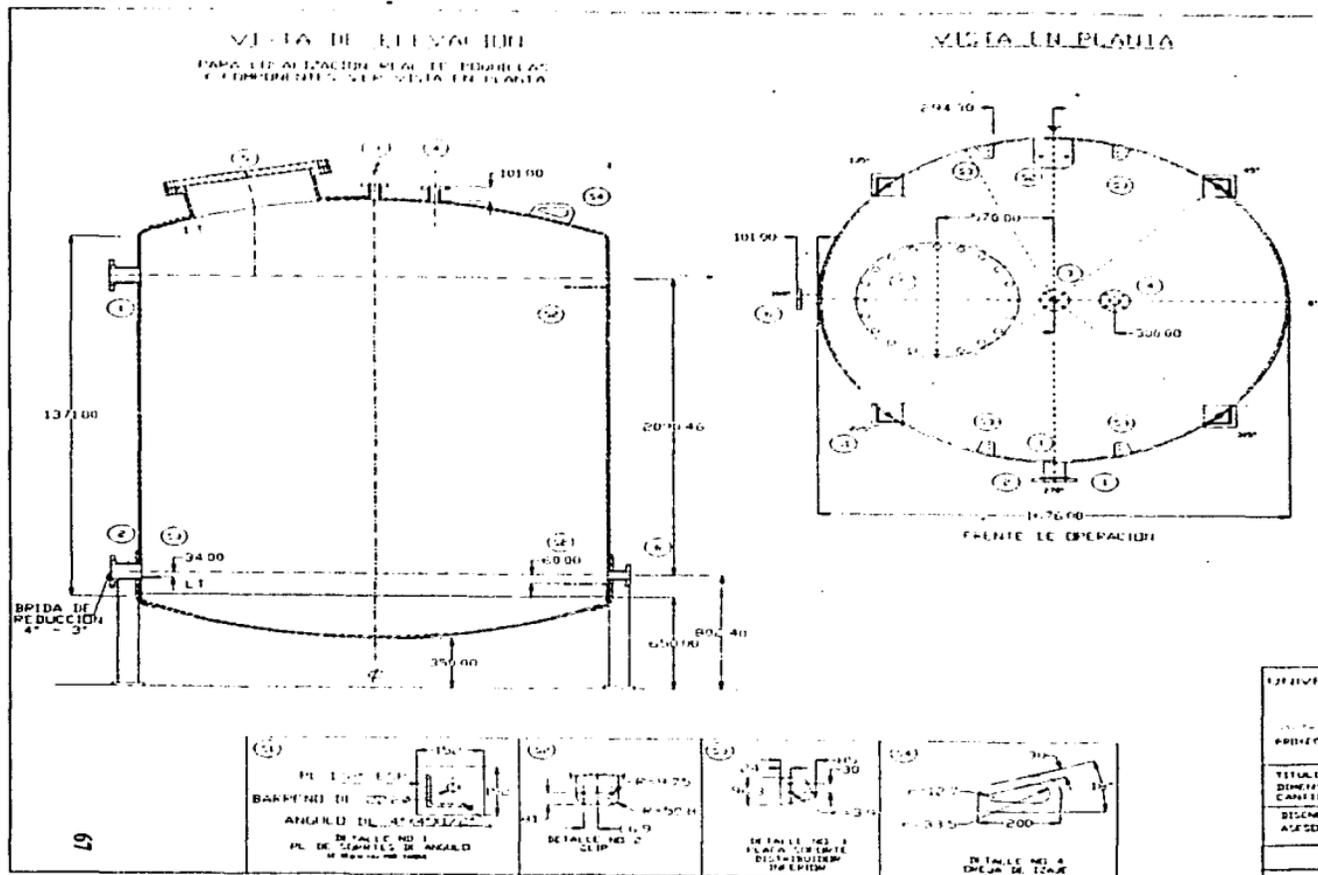
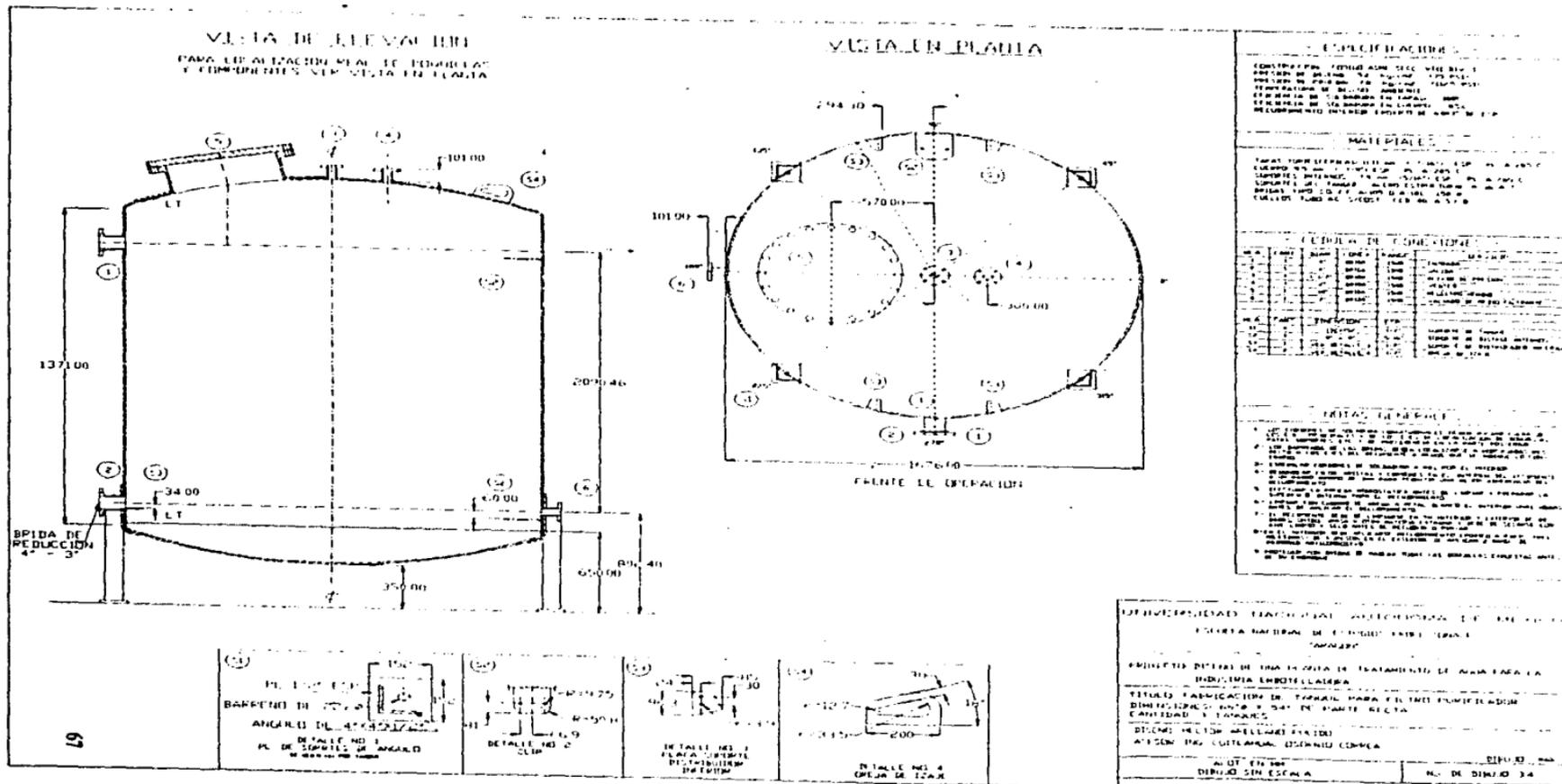


Fig. 24 Fabricación de tanque para Purificador



Por lo que con resinas de intercambio iónico es un método para eliminar la alcalinidad la característica de esta resina es el que intercambia iones de hidrogeno por los iones de carbonato y bicarbonato por lo que al saturarse de estos iones, hay que regenerarla con ácido clorhídrico (HCl) ó ácido sulfúrico (H₂SO₄) donde toma nuevamente los iones de hidrogeno quedando lista para un nuevo ciclo de operación.

3.5.1. CALCULO DE DEALCALIZADORES

Considerando que se tendrán dos equipos en operación y uno estará en espera se toma el siguiente criterio

Flujo total = 1,500 lpm

Tiempo servicio = 16 hrs

No. de Unidades = 3

Flujo por unidad = $1500 / 2 = 750$ lpm

Flujo superficial = 10 gpm/ft²

De la tabla 3.1 tenemos:

Carbonatos = 0

Bicarbonatos = 167 ppm

Alcalinidad = 167 ppm como CaCO₃

$$Sr = Alc. \times V_t \quad \text{-----} \quad (3.17)$$

Sr = granos totales de alcalinidad en el agua

Alc. = Alcalinidad

Vt = Volumen total del agua

1 ppm de Ca CO₃ = 0.001 granos /litro

$$Alc = (167 \text{ ppm de Ca CO}_3) \left(\frac{0.001 \text{ granos/litro}}{1 \text{ ppm CaCO}_3} \right) = 0.167 \text{ granos/litro}$$

$$V_t = \frac{(750 \text{ litros})(60 \text{ minutos})(16 \text{ Hr})}{(\text{minuto})(1 \text{ Hr})} = 720,000 \text{ litros}$$

$$V_t = 720,000 \text{ litros}$$

$$Sr = (0.167 \text{ granos/litro})(720,000 \text{ litros}) = 120,240 \text{ granos}$$

$$Sr = 120,240 \text{ granos por remover por unidad.}$$

$$V_r = \frac{Sr}{K} \dots \dots \dots (3.18)$$

V_r = Volumen de resina

K = Capacidad de resina

$$V_r = \frac{120,240 \text{ granos}}{68 \text{ granos-litro}} = 1768.23 \text{ litros} = 1.76823 \text{ m}^3 \frac{(35.31 \text{ ft}^3)}{(1 \text{ m}^3)} = 62.4 \text{ ft}^3$$

$$V_r = 62.4 \text{ ft}^3 \text{ de resina}$$

$$A_r = \frac{\text{Flujo}}{\text{Flujo superficial}} \dots \dots \dots (3.20)$$

A_r = Area requerida

$$\text{Flujo} = (750 \text{ lpm}) \frac{(1 \text{ gpm})}{(3.785 \text{ lpm})} = 198.15 \text{ gpm}$$

$$A_r = \frac{198.15 \text{ gpm}}{10 \text{ gpm/ft}^2} = 19.81 \text{ ft}^2$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = d \Rightarrow \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{19.81 \text{ ft}^2 \times 4}{\pi}} = 5.02 \text{ ft} \dots \dots \dots (3.20)$$

$$d = (5.02 \text{ ft}) \frac{(12 \text{ pulg})}{(1 \text{ ft})} = 60.27 \text{ pulg.}$$

$$d = 60.27 \text{ pulg.}$$

$$h = \frac{V_r}{A_r} \dots\dots\dots(3.21)$$

h = altura de resina

V_r = Volumen requerido

A_r = Area requerida

$$h = \frac{62.4 \text{ ft}^3}{19.81 \text{ ft}^2} = 3.14 \text{ ft} \left(\frac{12 \text{ pulg.}}{1 \text{ ft}} \right) = 37.79 \text{ pulg.}$$

$h_r = 37.79 \text{ pulg.}$ (altura de la resina)

$h_t = h_r \times 2$ (altura tanque)

$h_t = 37.79 \times 2 = 75.58 \text{ pulg.}$

$h_t = 75.58 \text{ pulg.}$

Por lo tanto se tienen los siguientes valores:

Volumen de resina = 62.4 ft^3

Diámetro requerido = 60.27 pulg. Por lo que el diámetro de fabricación será $d = 60''$

$d = 60''$

Altura resina = 37.79 pulg.

Altura tanque = 75.58 pulg. Por lo que la altura comercial será de $h = 76''$

$h = 76''$

* valor proporcionado por fabricante de resinas Purolite del tipo C - 105.

3.5.2. CALCULO TAPA TORISFERICA

Cálculo de tapa torisférica bajo código ASME en placa de acero al carbón SA - 285 C.

Donde :

P = Presión de diseño

S = Valor de esfuerzo del material

E = Eficiencia de la soldadura

L = Radio exterior de la pieza abombada

M = Relación L / r

t = Espesor de la pared en pulg.

r = Radio interior de curvatura de la pieza abombada (pulg.)

C.A. = Margen por corrosión

$$t = \frac{P L M}{2 S E + P (M - 0.2)} + C.A. \quad (3.22)$$

Sustituyendo valores

$$P = 75 \text{ lb/pulg}^2$$

$$L = 60 \text{ pulg.}$$

$$M = 1.75 \quad \text{De tabla 3.2}$$

$$S = 13,800 \text{ lb/pulg}^2$$

$$E = 1$$

$$C.A. = 0.125 \text{ pulg.}$$

$$t = \frac{(75)(60)(1.75)}{2(13,800)(1) + (75)(1.75 - 0.2)} + 0.125 = 0.409 \text{ pulg.}$$

$t = 0.409 \text{ pulg.}$ donde su espesor comercial mas cercano es el de $0.437 = 7/16''$

por lo que el espesor de la placa será de 7/16".

$$t = 7/16"$$

3.5.3 CALCULO CUERPO

Donde tenemos:

P = Presión de diseño

S = Valor de esfuerzo del material

E = Eficiencia de la junta

R = Radio exterior

t = espesor de la pared.

C.A. = Margen por corrosión.

$$t = \frac{P R}{S E} + 0.4 P \quad \text{C.A.} \quad (3.23)$$

$$t = \frac{(75)(30)}{(13,800)(0.85)} + (0.4)(75)$$

t = 0.316 pulg. donde su espesor comercial mas cercano es el de 0.3125" = 5/16"

$$t = 5/16"$$

Por lo que los datos de fabricación del tanque son:

t = 5/16" de espesor para el cuerpo ó casco cilindrico.

t = 7/16" de espesor para las tapas torisféricas.

d = 60 pulg.

h = 76 pulg.

(figura 3.5)

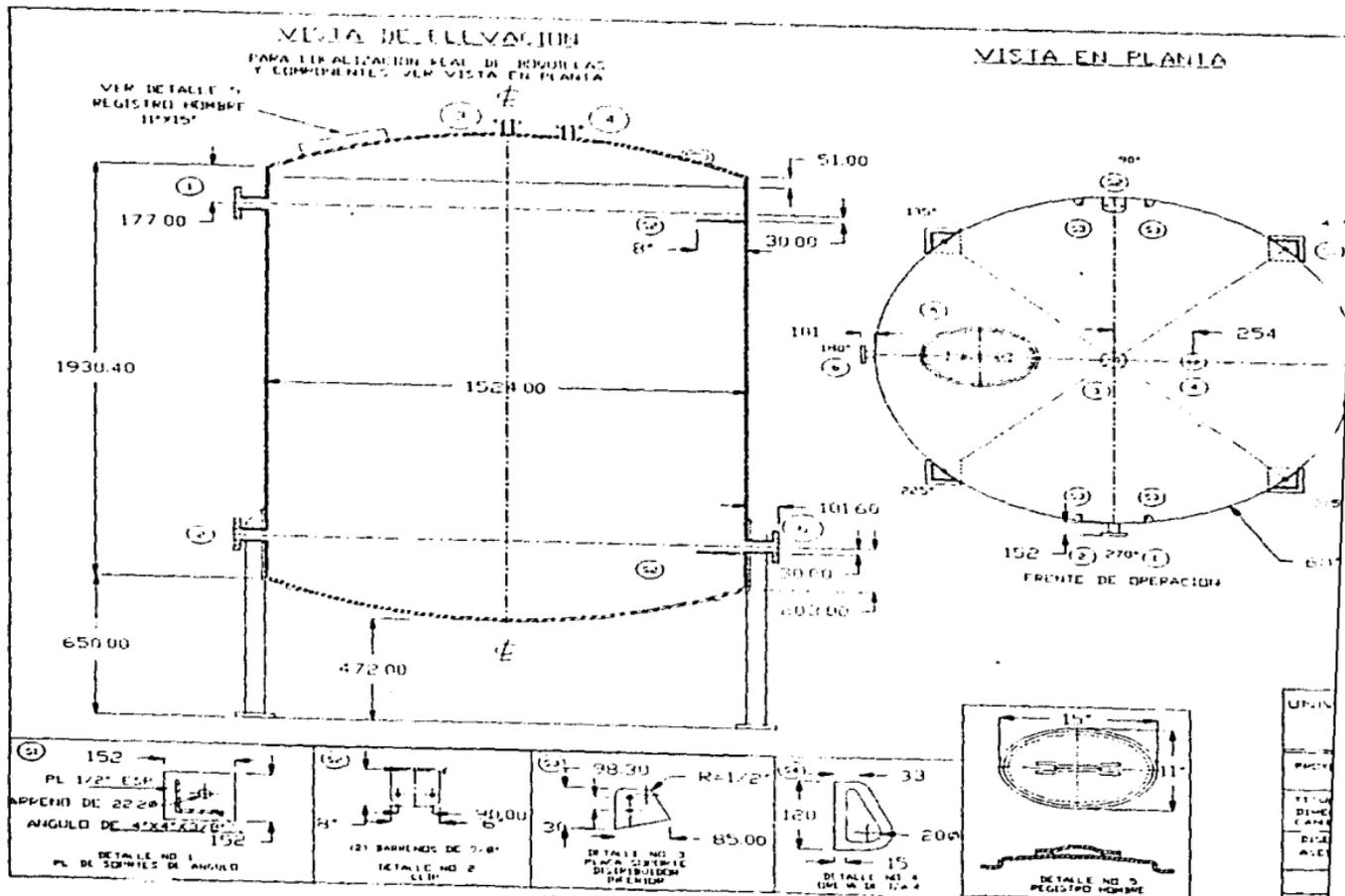
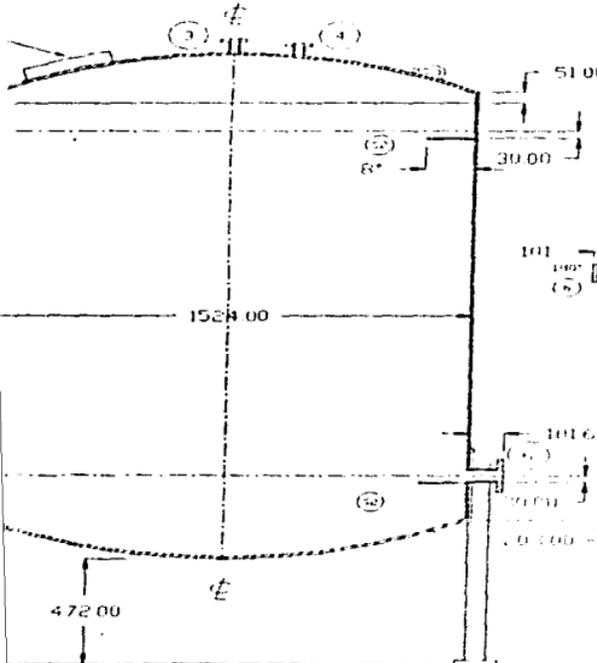


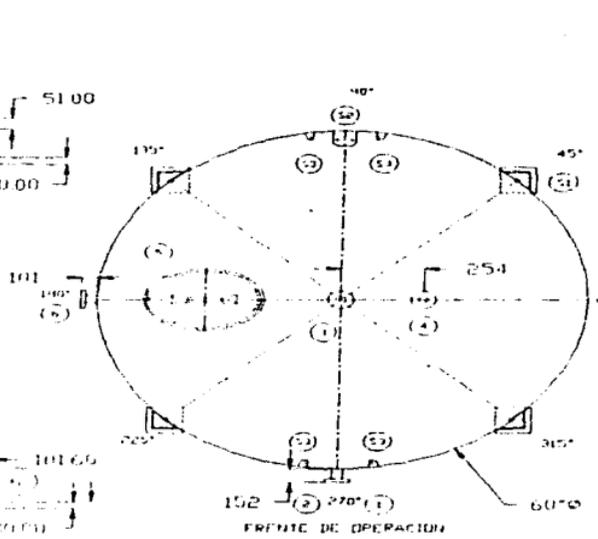
Fig. 35 Fabricacion de ... para descalcificador

VISTA DE ELEVACION

A LOCALIZACION REAL DE BORDILLAS IMPURENTES VER VISTA EN PLANTA



VISTA EN PLANTA



ESPECIFICACIONES
 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MATERIAL
 DIMENSIONES DE FABRICACION
 TEMPERATURA DE USO
 MANTENIMIENTO
 OTRAS CARACTERÍSTICAS

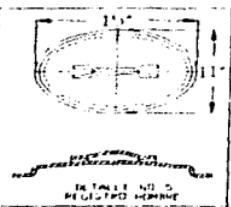
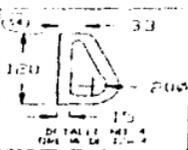
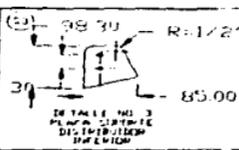
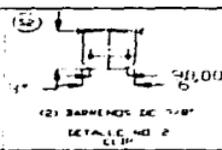
MATERIALES

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

NO.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	NOTAS
1	ACERO	KG	100	
2	BRONCE	KG	50	
3	ALUMINIO	KG	20	
4	PLASTICO	KG	10	
5	GRASA	LITROS	5	
6	ACEITE	LITROS	5	
7	PAINT	LITROS	10	
8	REVESTIMIENTO	M ²	100	
9	BRONCE	KG	50	
10	ALUMINIO	KG	20	
11	PLASTICO	KG	10	

NOTAS GENERALES

1. Este proyecto es un estudio preliminar y no debe ser considerado como definitivo.
2. Se han considerado las condiciones de uso y mantenimiento más desfavorables.
3. Se han considerado los materiales más económicos que cumplen con las especificaciones.
4. Se han considerado los factores de seguridad más altos.
5. Se han considerado los factores de eficiencia más altos.
6. Se han considerado los factores de durabilidad más altos.
7. Se han considerado los factores de flexibilidad más altos.
8. Se han considerado los factores de adaptabilidad más altos.
9. Se han considerado los factores de mantenimiento más altos.
10. Se han considerado los factores de seguridad más altos.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 TAMPICO

PROYECTO DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA LA
 INDUSTRIA EMBUETECALLERA

TIPO DE FABRICACION DE TUBERIA PARA LOCALIZACION
 DIMENSIONES DE TUBERIA DE 152.00 DIAMETRO
 LOCALIZACION DE TUBERIA

DISEÑO DE TUBERIA ANCLAJES PARA EL
 ALISADO DEL CEMENTO (TERMINO TUBERIA)

ALISADO EN
 DISEÑO EN ESCALA

ENCUADRE NO.
 NO. DE DISEÑO 35

Fig. 35 Fabricacion de ... para decalcificador

3.6 OSMOSIS INVERSA

Uno de los procesos de tratamiento de agua que más fuerza han adquirido por su rentabilidad, eficiencia, seguridad y sofisticación es el proceso de osmosis inversa (O.I.).

La osmosis inversa se puede definir como el proceso en el que un líquido fluye a través de una membrana semi-permeable separando una solución más fuerte de una solución más débil; el líquido fluye en la dirección que reducirá la concentración de la solución más fuerte. A este proceso técnicamente se le llama proceso osmótico.

La cantidad total de sólidos disueltos (TDS) en el agua que van a ser rechazadas por la membrana semi-permeable se puede expresar en porcentaje relacionándolo con el total de sólidos disueltos de producto (TDS)_p.

Para calcular el porcentaje de rechazo utilizamos la ecuación (3.24):

$$\% \text{ Rechazo} = \frac{\text{TDS}_{\text{tot}} - \text{TDS}_{\text{prod}}}{\text{TDS}_{\text{tot}}} \times 100 \quad \text{.....(3.24)}$$

Donde:

TDS_{tot} = Total de sólidos disueltos totales

TDS_{prod} = Total de sólidos disueltos de producto

Esto es que cuando se habla de un 90 % de rechazo, significa que el 90% de las partículas sólidas disueltas serán rechazadas por la membrana.

Ejemplo:

TDS_{tot} = 300 ppm

TDS_{prod} = 4 ppm

Sustituyéndolo en la fórmula 3.24:

$$\% \text{ Rechazo} = \frac{300 - 4}{300} \times 100 = 98.66 \%$$

Esto es que el 98.66 % de los sólidos disueltos serán rechazados e irán al drenaje.

3.6 OSMOSIS INVERSA

Uno de los procesos de tratamiento de agua que más fuerza han adquirido por su rentabilidad, eficiencia, seguridad y sofisticación es el proceso de osmosis inversa (O.I.).

La osmosis inversa se puede definir como el proceso en el que un líquido fluye a través de una membrana semi-permeable separando una solución más fuerte de una solución más débil, el líquido fluye en la dirección que reducirá la concentración de la solución más fuerte. A este proceso técnicamente se le llama proceso osmótico.

La cantidad total de sólidos disueltos (TDS) en el agua que van a ser rechazadas por la membrana semi-permeable se puede expresar en porcentaje relacionándolo con el total de sólidos disueltos de producto (TDS)_P.

Para calcular el porcentaje de rechazo utilizamos la ecuación (3.24):

$$\% \text{ Rechazo} = \frac{\text{TDS}_{\text{TOT}} - \text{TDS}_{\text{PROD}}}{\text{TDS}_{\text{TOT}}} \times 100 \quad \text{.....(3.24)}$$

Donde:

TDS_{TOT} = Total de sólidos disueltos totales

TDS_{PROD} = Total de sólidos disueltos de producto.

Esto es que cuando se habla de un 90 % de rechazo, significa que el 90% de las partículas sólidas disueltas serán rechazadas por la membrana.

Ejemplo:

TDS_{TOT} = 300 ppm

TDS_{PROD} = 4 ppm

Sustituyéndolo en la fórmula 3.24:

$$\% \text{ Rechazo} = \frac{300 - 4}{300} \times 100 = 98.66 \%$$

Esto es que el 98.66 % de los sólidos disueltos serán rechazados e irán al drenaje.

Las limitaciones para la operación son las siguientes :

Turbidez (NTU)*	1
pH	2-11
Cloro	< 0.1 ppm
Temperatura máxima	45 ° C
Máximo (SDI) *	5
Flujo	100 gpm
Presión mínima	250 PSI *

- * NTU National Turbidity Unit
- * SDI Silt Density Index (Indice de taponamiento)
- * PSI Pound Square Inch

Para poder escoger la membrana que se adecue, es muy importante tener en cuenta los conceptos anteriores. Existen tres tipos de membrana más comerciales que son:

- a) Membrana compuesta de lámina de acetato de celulosa en espiral.
- b) Membranas hechas de un compuesto de capa delgada también en espiral.
- c) Membrana hecha de una fibra hueca de poliamida.

En este caso la membrana que mejor se adecua es la de tipo b; técnicamente se le conoce a este tipo de membrana TFC (Thin Film Composite) figura 3.6.

Como comercialmente no existe una membrana que se ajuste a este flujo, se diseñó un arreglo especial de membranas con las dimensiones y características que da el fabricante. Por lo que se sigue este procedimiento:

1. El fabricante es Filmtec Membranas.
2. La membrana que sugiere es del tipo :

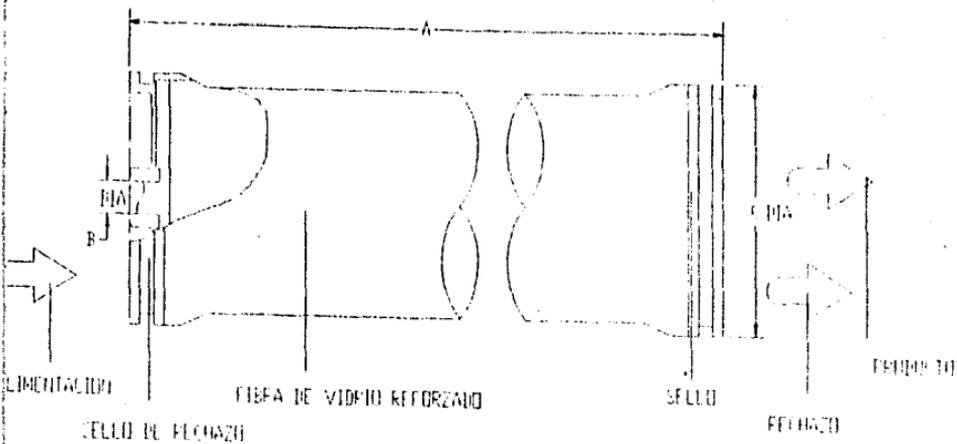


Fig. 36 Funcionamiento de membrana de TFC

Modelo	Flujo de producto en GPD	Mínimo rechazo de sales	Máximo rechazo de sales
BW30-8040	7,500	96%	98%

Conociendo que el flujo de producto es de 7,500 GPD. por membrana.

$$\text{Flujo de producto} = \left(7,500 \frac{\text{Gal}}{\text{día}} \right) \left(\frac{1 \text{ día}}{24 \text{ Hrs}} \right) \left(\frac{24 \text{ Hrs}}{60 \text{ min}} \right) = 5.20 \text{ galones/ min}$$

$$\text{Flujo de producto} = 5.20 \frac{\text{galones}}{\text{min.}}$$

Si se requieren 100 galones min.

$$\text{No. de membranas} = \frac{100}{5.20} = 19.20 \Rightarrow 20 \text{ membranas}$$

Por lo que se necesita un arreglo de 20 membranas en el cual el fabricante da el siguiente arreglo especial.

TABLA 3.2 No DE MEMBRANAS QUE PUEDEN CONTENERSE EN UN RECIPIENTE

No de membranas	L ± 0.10 Pulg (mm)	s Pulg (mm)	Peso vacío Lb (Kg)
1	63.0 (1,600)	34 (864)	80(36)
2	103.0 (2,616)	56 (1,422)	105(48)
3	143.0 (3,632)	80 (2,032)	135(61)
4	183.0 (4,648)	104 (2,642)	160(73)
5	223.0 (5,664)	128 (3,251)	190(86)
6	263.0 (6,680)	150 (3,810)	215(98)

Por lo que considerando con la tabla anterior el mejor arreglo es tomar 5 membranas por recipiente.(fig. 3.7)

Los recipientes son diseñados especialmente para este tipo de membranas los cuales son construidos en fibra de vidrio de plástico reforzado (FRP) y los cuales resisten presiones de hasta 600 PSI.

Los recipientes han sido diseñados, fabricados y probados con apego a los estándares de los recipientes a presión del Código ASME (American Society of Mechanical Engineers) Sección X.

El arreglo final será de 4 recipientes conteniendo 5 membranas c/u (5 X 4 =20 membranas) ver fig. 3.8

Para este arreglo de osmosis se necesita una bomba que cumpla con estos requerimientos.

- Flujo de producto = 100 gpm

75 % del flujo de agua de entrada será el producto.

25 % del flujo de agua de entrada será el rechazo.

Así que se tiene que:

$$X = \frac{(25)(100)}{75} = 33$$

X = 33 gpm = Flujo de rechazo

Flujo total = 100

+ 33

133 galones por minuto

Presión mínima = 250 PSI

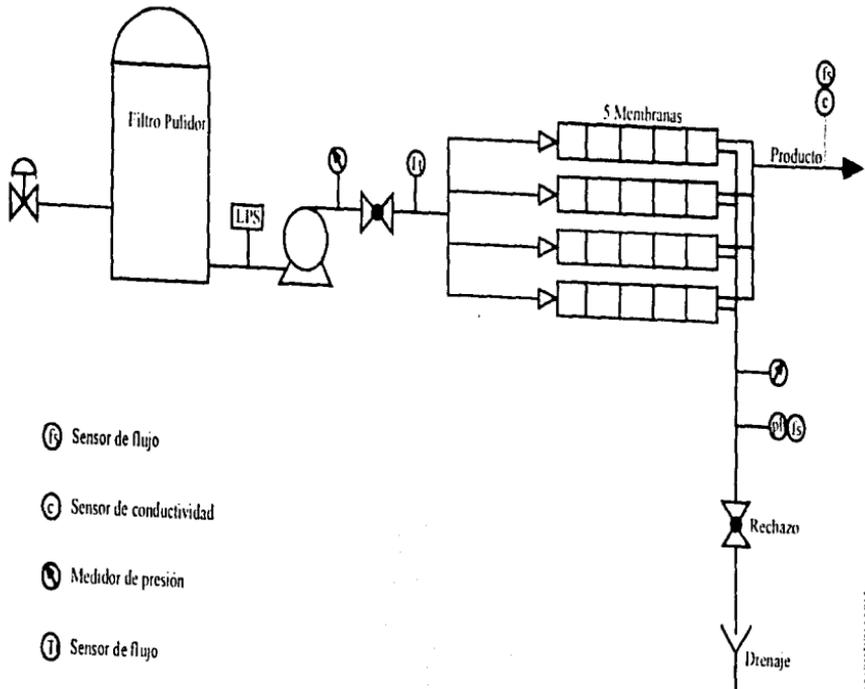
Presión permisible = Presión min. X 1.5 \Rightarrow (250)(1.5) = 375 PSI.

Por lo que las condiciones de operación de la bomba son :

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Fig. 3.8

Unidad de osmosis inversa 100 GPM



- (P) Sensor de flujo
- (C) Sensor de conductividad
- (P) Medidor de presión
- (I) Sensor de flujo

LPS Switch de baja presión

80

Presión = 375 PSI

Flujo = 133 galones por min.

Fluido a manejar = agua limpia

Bomba tipo centrífuga en acero inoxidable 316.

La unidad cuenta con sistemas de protección como un switch de baja presión y un indicador de temperatura, el primero para protección de la bomba en el caso de que no halla agua en la línea de suministro y el segundo para tener control en la temperatura del agua

Cuenta también con medidores de presión, medidor de conductividad a la salida del agua de producto y medidores de flujo de producto y rechazo

Por lo que las condiciones de operación son las siguientes

Flujo de producto = 100 gpm

Flujo de rechazo = 33 gpm

Flujo de total = 133 gpm

Presión a la entrada del equipo = 375 PSI

3.7. CALCULO DE SISTEMA DE BOMBEO

Para poder transferir un fluido de un lugar a otro es necesario utilizar un sistema de bombeo, en este caso se requiere lo siguiente:

3.7.1 CALCULO DE BOMBAS DE AGUA FILTRADA.

Transferir el agua de la cisterna de agua cruda y pasarlo a través de los filtros de arena y descargarlos a la cisterna de agua filtrada.

Para poder determinar la capacidad de la bomba o bombas se requiere los siguientes datos como mínimo:

Q = gasto

P = presión de operación

Fluido a manejar

Ph del fluido para determinar el tipo de material de construcción de la bomba .

Considerando las siguientes equivalencias de presión y carga se tiene:

$$1 \text{ Atmósfera} = 14.7 \text{ PSI} \quad (3.25)$$

$$1 \text{ Atmósfera} = 10.33 \text{ m H}_2\text{O a } 25^\circ\text{C} = 34 \text{ ft de H}_2\text{O} \quad (3.26)$$

$$1 \text{ Kg/cm}^2 = 14.2 \text{ PSI} \quad (3.27)$$

$$\text{Carga en m} = \frac{\text{bar} \times 10.2}{\text{densidad del H}_2\text{O}} \quad \text{carga en ft} = \frac{\text{PSI} \times 2.31}{\text{densidad del H}_2\text{O}} \quad (3.28)$$

CALCULO DE BOMBAS DE AGUA FILTRADA:

$$Q = 2,500 \frac{\text{litros}}{\text{min}}$$

$$P = 3 \text{ Kg/cm}^2$$

Fluido = agua limpia

$$pH = 7$$

Con los datos de Q y P se entra a la curva de operación de la bomba.

$$Q = 2,500 \frac{\text{litros}}{\text{min}} \left(\frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ lt}} \right) = 660.50 \text{ gal/min}$$

$$P = (3 \text{ Kg/cm}^2) \left(\frac{14.2 \text{ lb/pulg}^2}{1 \text{ Kg/cm}^2} \right) = 42.6 \text{ lb/pulg}^2$$

Sustituyendo en la fórmula (3.28) :

$$H_{ft} = \frac{(42.6 \text{ PSI}) \times (2.31)}{1} = 98.4 \text{ ft de H}_2\text{O}$$

$$H = 98.4 \text{ ft de H}_2\text{O}$$

$$Q = 660.50 \text{ gal/min.}$$

Con estos datos se entra a la curva de operación N° 3.9 con lo que se obtiene:

Motor de 20 H.P. a 3,500 rev/min

Eficiencia = 80%

Tamaño de impulsor 6 3/4"

NPSH = 21

El fluido a manejar es agua limpia con un pH de 7 , por lo que el material de construcción será Fo.Fo. (fierro fundido) e impulsor de acero al carbón .

Por lo tanto los datos de la bomba son :

$$Q = 660.50 \text{ gal min (2,500 } \frac{\text{litros}}{\text{min}})$$

$$H = 98.4 \text{ ft H}_2\text{O (30m H}_2\text{O)}$$

Motor 20 HP a 3,500 rev·min. 220-440 TTCV (Totalmente cerrado con ventilación)

$$\eta = 80 \%$$

Impulsor = 6 3/4 " en acero al carbono

NPSH = 21

Cuerpo de Fo.Fo. (fierro fundido)

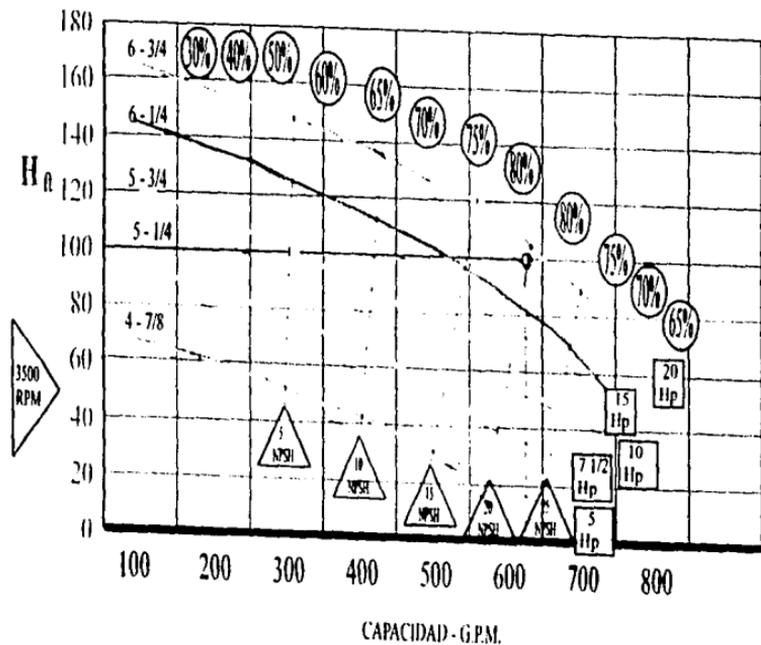
Con conexiones bridadas de succión y descarga de 4 " (102 mm) de diam.

Cantidad 2 bombas

Fabricante : Aurora-Picsa-Pumps

4x4x 7 A SERIES 340 OR 360

ENCLOSED IMPELLER



CAPACIDAD - G.P.M.

CURVA No. 39

3.7.2. CALCULO DE BOMBAS DE AGUA A PROCESO Y SERVICIOS
GENERALES

Donde se tiene:

$$Q = 1,500 \text{ lpm} \text{ Proceso de embotellado}$$

$$125 \text{ lpm} \text{ Rechazo osmosis}$$

$$795 \text{ lpm} \text{ Proceso de suavización}$$

$$\underline{25 \text{ lpm}} \text{ Servicios generales}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 2,445 \text{ lpm}$$

Considerando un gasto total de 2,500 lpm y tomando como criterio que en cierto momento solo se utilice un proceso se calculara el flujo a la mitad.

$$Q = 1,250 \text{ lpm}$$

$$P = 4 \text{ Kg/cm}^2$$

Fluido = agua limpia

$$\text{pH} = 7$$

$$Q = 1,250 \text{ litros/min.} \left(\frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ lt}} \right) = 330.2 \text{ gal/min.}$$

$$Q = 330.2 \text{ gal/min.}$$

$$P = 4 \text{ Kg/cm}^2 \left(\frac{14.2 \text{ lb/pulg}^2}{1 \text{ Kg/cm}^2} \right) = 56.8 \text{ lb/pulg}^2$$

$$P = 56.8 \text{ lb/pulg}^2$$

Sustituyendo en (3.28):

$$H_n = \frac{\text{PSI} \times 2.31}{\text{densidad}}$$

$$\text{Densidad del agua} = 1$$

$$H_{ft} = \frac{56.8 \times 2.31}{1} = 131.2 \text{ ft H}_2\text{O}$$

$$Q = 330.2 \text{ gal/min.}$$

$$H_{ft} = 131.2 \text{ ft H}_2\text{O}$$

Con estos datos se entra a la curva de operación nº 3.10 con lo que se obtiene:

Motor 20 H.P. a 3500 rev/min.

Eficiencia $\eta = 63\%$

Tamaño impulsor = 6 1/2"

NPSH = 8

Por lo que los datos de la bomba serán :

$$Q = 330.2 \text{ gal/min.} = 1250 \text{ litros/min.}$$

$$H_{ft} = 131.2 \text{ ft H}_2\text{O}$$

Motor 20 H.P. a 3,500 rev/min 220-440 Volts TTCV (totalmente cerrado con ventilación)

$\eta = 63\%$

Tamaño de impulsor = 6 1/2 " en acero al carbón

Cuerpo en FoFo

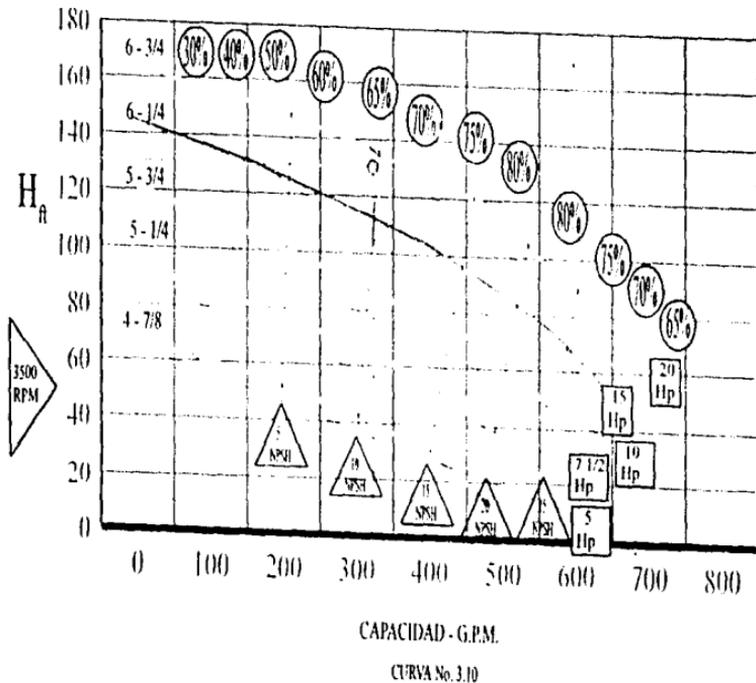
Conexiones bridadas de succión y descarga de 4" (102 mm)

Cantidad = 3 bombas

Fabricante : Aurora - Piesa -Pumps

4x4x 7 A SERIES 340 OR 360

ENCLOSED IMPELLER



3.7.3 CALCULO DE BOMBAS PROCESO DE EMBOTELLADO

Donde se tiene que:

$$Q = 1,500 \text{ lpm}$$

$$P = 4 \text{ Kg/cm}^2 \left(\frac{14.2 \text{ lb/pulg}^2}{1 \text{ Kg/cm}^2} \right) = 56.8 \text{ lb/pulg}^2$$

$$Ph = 6-7$$

Fluido = agua limpia

$$P = 56.8 \text{ Lb/ pulg}^2$$

Sustituyendo en (3.28) :

$$H_n = \frac{\text{PSI} \times 2.31}{\text{densidad del H}_2\text{O}} = \frac{(56.8)(2.31)}{1} = 131.2$$

$$H_n = 131.8 \text{ ft H}_2\text{O}$$

$$Q = (750 \text{ lpm}) \left(\frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ lt}} \right) = 198.15 \text{ gal/min}$$

$$Q = 198.15 \text{ gal/min}$$

Con estos datos se entra a la curva de operación n° 3.11 con lo que se obtiene:

Motor de 10 H.P.

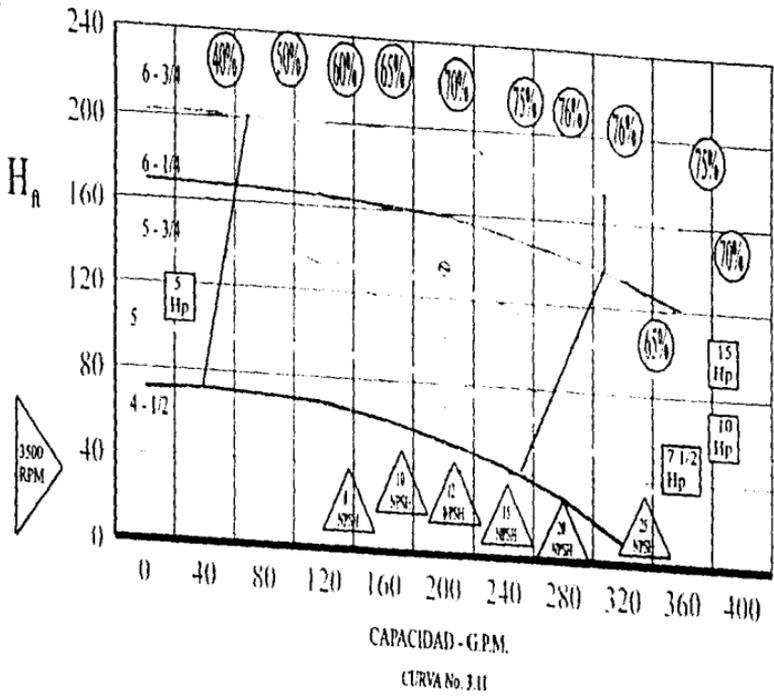
$$\eta = 72 \%$$

Impulsor 5.3/4"

$$\text{NPSH} = 10$$

Por lo que los datos de la bomba serán:

2x2 1/2x 7 A SERIES 340 OR 360 ENCLOSED IMPELLER



CAPITULO 3 DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

$Q = 198.15 \text{ gal/min}$

$H = 131.8 \text{ ft H}_2\text{O}$

Motor 10 H.P. a 3,500 rev/min.

Eficiencia $\eta = 72 \%$

Impulsor 5-3.4" en acero inoxidable 304

Cuerpo en acero inoxidable 304

Conexiones bridadas de succión de 2"

Conexiones bridadas de descarga de 2- 1/2"

Cantidad 3 bombas

Fabricante : Aurora-Picsa-Pumps

CAPITULO IV

FUNCIONAMIENTO Y OPERACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

4.1 GENERALIDADES

La finalidad de la implantación de esta planta de tratamiento de agua en una planta embotelladora consiste en suministrar agua con la calidad necesaria para la elaboración del producto y sus diferentes aplicaciones como son:

- I. Agua para embotellado y preparación de jarabes.
- II. Agua para calderas y lavadoras de botellas.
- III. Servicios generales.

4.2 DESCRIPCION GENERAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA.

El sistema dealcalizador tiene como principal objetivo la remoción de la alcalinidad

El agua que producirá el equipo esta de acuerdo a las necesidades que se especifican para una planta de embotellado que es con una alcalinidad no mayor de 50 ppm.

El sistema de embotellado consta de un equipo purificador de carbon activado, un equipo dealcalizador y un sistema de osmosis inversa.

El sistema suavizador tiene como objetivo el de remover la dureza contenida como sólidos disueltos en el agua cruda.

4.3 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA DE EMBOTELLADO

El agua cruda alimenta al sistema por medio de una válvula neumática y automática, (ver fig 4.1) la cual permite el paso del agua cruda a una cisterna de una capacidad de 50 m³ a través de una tubería de 6" de diámetro, el nivel de esta cisterna

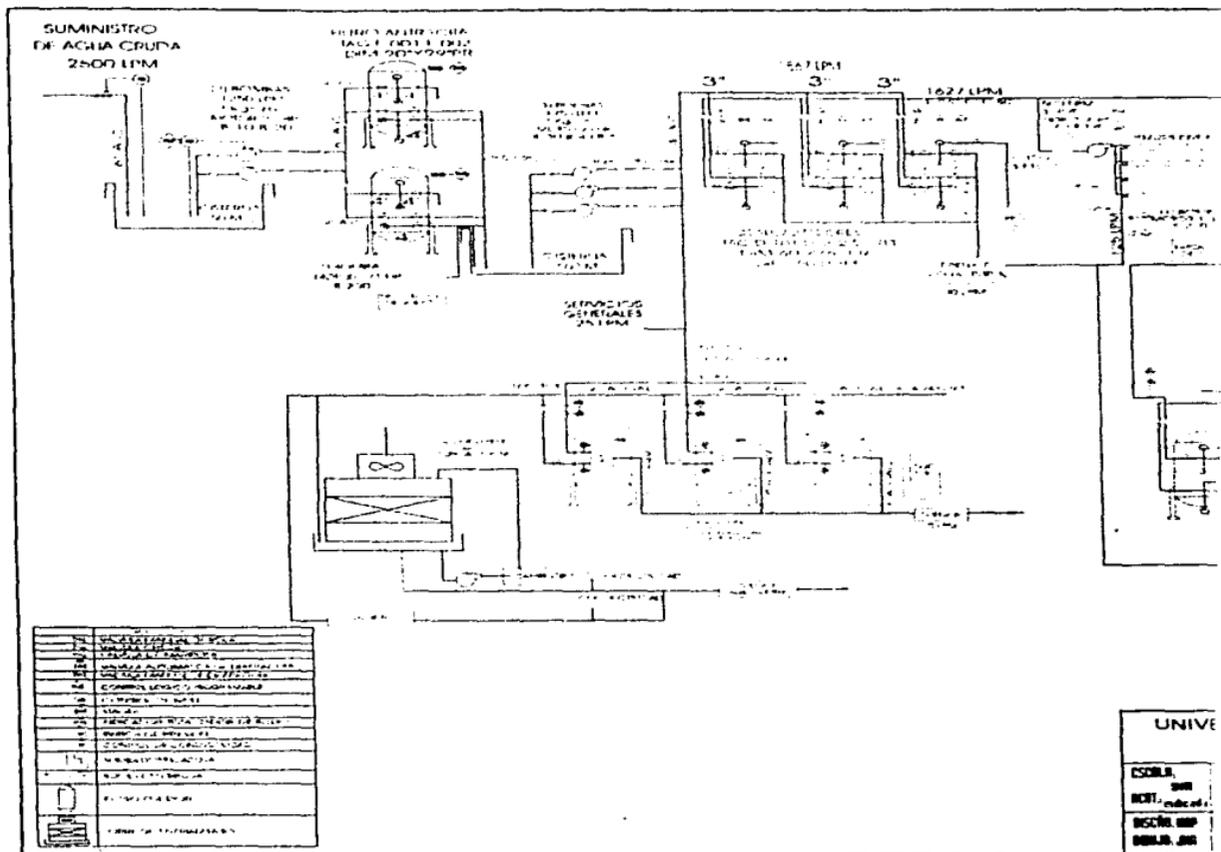
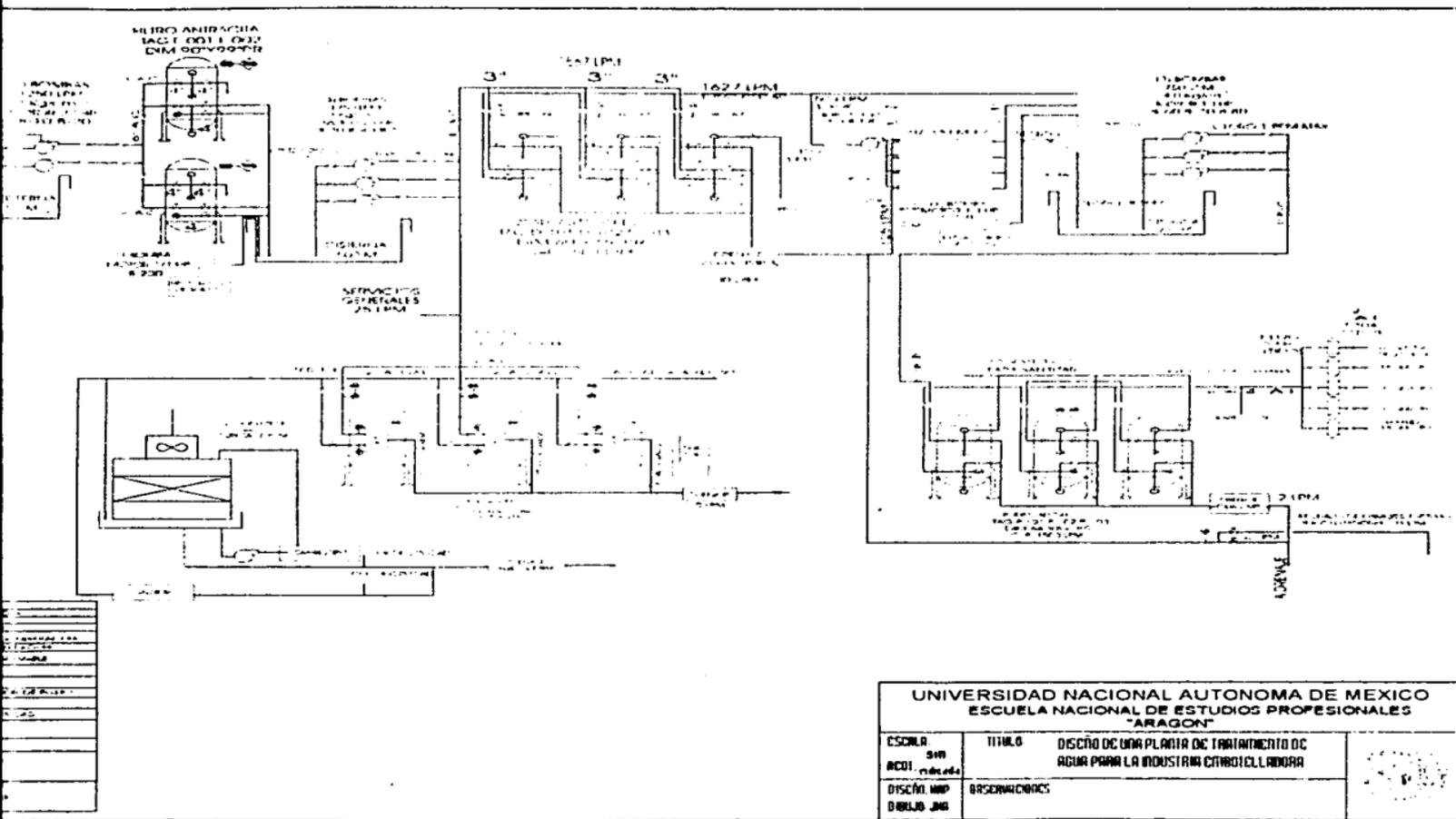


Fig. 4.1 Diagrama de Tuberia e Instrumentación



CAPITULO 4 FUNCIONAMIENTO Y OPERACION DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN LA INDUSTRIA EMBOTELLADORA

Fig. 4.1 Diagrama de Tubería e Instrumentación

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"	
ESCUELA ACOL, México	TITULO DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA LA INDUSTRIA EMBOTELLADORA
DISEÑO: MIP	BASE: BARRANCOAS
DIBUJO: JMG	

se controla por medio de un controlador de nivel (CN) que se encuentra conectada a la válvula de entrada anteriormente mencionada. Al momento de que detecta el nivel alto en la cisterna este controlador de nivel mandara una señal hidraulica a la válvula que le ordenara cerrarse para impedir el paso del agua cruda. En el caso contrario cuando en la cisterna se tenga nivel bajo de agua el controlador de nivel mandara la señal para ordenarle a la válvula abrirse para permitir el paso de agua cruda a dicha cisterna.

El agua alimenta a los filtros de arena (F -001) y (F-002) por medio de un sistema de bombeo compuesto por dos (2) bombas identificadas como (B-10) y (B-20), con una potencia de 20 HP cada una, estas bombas operan por medio de unos controles de nivel (CN), que a su vez se encuentra conectado a un controlador lógico programable (PLC) que de igual manera que el de la válvula de alimentación mandan señales a alto ó bajo nivel para el arranque de los filtros de arena

El agua viene en una tubería de 6" de diam., y se reduce a 4" de diam., a la entrada de los filtros por la parte superior, la función de los filtros de arena es la de remover los sólidos y materias en suspensión que se encuentran en el agua cruda a tratar. La operación de los filtros es por medio de cinco (5) válvulas de operación automática de 4" de diam. controlando sus diferentes pasos por medio de un programador.

Estos filtros de arena cuentan con un indicador totalizador de flujo (ITF) y un timer con controlador neumático (stager) ambos controlados por medio de un control lógico programable (PLC), para su medición, control y operación del mismo.

El agua filtrada se envía a una cisterna con una capacidad de 500 m³ en donde al igual que la primera cisterna de agua cruda cuenta con un sistema de bombeo compuesto por tres (3) bombas identificadas como (B-30), (B-40), (B-50) de 20 HP, operados por un controlador de nivel (CN) controlados a su vez por medio de un control lógico programable (PLC).

La sistema cuenta tambien con una bomba dosificadora (B-200), para efectuar la dosificación con una solución de hipoclorito de sodio para tener un control bacteriologico en el cual se obtendrá una 1 ppm de cloro como maximo en el agua filtrada y que se bombea al proceso de embotellado, al sistema de suavización y servicios generales.

El flujo de agua de este sistema de bombeo se divide en dos (2) partes, una que alimentara al sistema de dealcalizadores para embotellado y la otra se envia a un sistema de suavización y servicios generales.

El agua filtrada a tratar por el sistema de dealcalización se alimenta por una tubería de 4" de diam en material de acero al carbon el cual se interconectara con los dealcalizadores a una tubería de pvc tambien en 4" de diam la cual reduce a 3" de diam a la entrada de cada dealcalizador.

El sistema de dealcalizadores para embotellado esta compuesto por tres (3) dealcalizadores de 60" de diam por 76" de parte recta, identificados como D-101, D-102 y D-103, para manejar una capacidad de 1500 lpm estando en operacion dos (2) unidades y la tercera en modo de stand by o en etapa de regeneracion.

Cada uno de los dealcalizadores cuentan para su operación con seis (6) valvulas de diafragma de operación neumática de 1", 2" y 3" de diam, cuentan ademas con un indicador totalizador de flujo (TF) y por un programador de control neumático (stager) conectados ambos a un control lógico programable (PLC), asimismo se tienen indicadores de presión localizados en la entrada y en salida de cada uno de los dealcalizadores.

Se cuenta tambien con un tanque de dia para la alimentacion de acido a cada uno de los dealcalizadores para su regeneracion.

La salida principal de los dealcalizadores es el agua de servicio (agua dealcalizada), que se envia por medio de una tubería de 3" de diam para juntar los flujos en una tubería de 4" de diam en pvc.

El flujo de salida de los dealcalizadores se divide en dos (2), una parte de 500 LPM que va al sistema de osmosis inversa el cual consta de un filtro pulidor con cartuchos de 5 micras de filtrado, posteriormente se transfiere por medio de una bomba (B-190) de 40 HP, al equipo de osmosis inversa constituido por cuatro (4) columnas horizontales conteniendo cinco (5) membranas cada columna de donde una parte se envia a drenaje (125 lpm) junto con el agua de drenaje de los demás equipos, la otra parte 375 lpm (100

gal/min) es el agua tratada por el osmosis inversa que es el agua de producto que va a la cisterna de agua tratada

La otra parte del flujo proveniente de los deaeradores se envia directamente a la cisterna de agua tratada donde se mezcla con el agua del osmosis inversa que posteriormente se le da un tratamiento con cloro para tener un control bacteriologico por medio de una bomba hipocloradora de sodio (B-210) de 1.4 de HP de potencia cuya funcion es suministrar el agua con un contenido de cloro de 8 ppm a cisterna anteriormente mencionada

La instrumentacion con la que cuenta el sistema de osmosis inversa es a la entrada un filtro purificador de cartuchos, un switch de presion (SP) controlado por el control logico programable (P.L.C.), a la entrada y a la salida del sistema de osmosis inversa se tiene un indicador totalizador de flujo (TF) y un control de conductividad a la salida para el monitoreo de la calidad del agua, conectado al P.L.C.

El flujo de agua de rechazo a drenaje se controla y se indica por medio de un switch de presion (SP), un controlador de pH y de un indicador totalizador de flujo (TF) todos estos conectados al (P.L.C.)

De esta última cisterna de almacenamiento se envia el agua a los purificadores como paso final del tratamiento del agua para embotellado y cuya finalidad es la de eliminar el cloro que contenga ya que la función de estos es eliminar el sabor, color, olor y el cloro que contenga el agua

El suministro del agua a estos purificadores, se lleva a cabo a través de un sistema de bombeo compuesto por tres (3) bombas identificadas como (B-60), (B-70) y (B-80) de capacidad de 10 HP cada una, el control de estas bombas es por medio de un controlador de nivel (CN) conectado al (P.L.C.), que suministra a través de una tubería de 4" de diám. en acero inoxidable y con un flujo de 1500 lpm al proceso de embotellado

El sistema de purificación está compuesto por tres (3) unidades de 66" de diám. por 54" de parte recta, identificadas como (P-201), (P-202) y (P-203) construidos en material de acero al carbón. Se tienen dos (2) válvulas de diafragma de operación automática para cada purificador de 3" de diám., así como también una válvula de mariposa para el aislamiento de cada unidad.

La operación de estos purificadores es efectuada por un timer con control neumático (stager) el cual controla los pasos de servicio y de contralavado de estas

unidades. Así mismo a la entrada de las tres unidades se cuenta con un indicador controlador de flujo (ITF) conectado al P.L.C

El sistema de purificación cuenta con dos salidas una de ellas es la del agua de contralavado la cual es agua de desecho y es enviada al drenaje junto con las otras de desecho.

La salida principal de los purificadores es la salida de agua de servicio, con una calidad de no más de 50 ppm de alcalinidad y de cero (0) de partes de cloro, que es el agua ya tratada completamente para sus sistemas de embotellado y preparación de jarabes.

El agua es enviada por medio de una tubería de 4" de diámetro en material de Acero inoxidable donde es tratada por un equipo de aeración. Posteriormente se envía a unos filtros pulidores de acero inoxidable 316 con cartuchos de 5 micras para retener cualquier partícula microscópica que pudiera contener

Los filtros se encuentran instalados de la siguiente manera

Para el área de las llenadoras, se cuentan con cuatro (4) filtros de las siguientes capacidades:

Uno (1) Con capacidad de 25,000 LPH

Dos (2) Con capacidad de 20,000 LPH

Uno (1) Con capacidad de 15,000 LPH

Para el área de jarabes se cuenta con:

Uno (1) Con capacidad de 15,000 LPH

Los flujos de agua de rechazo de los sistemas de dealcalización de embotellado y de ósmosis inversa, de retrolavado de purificadores, de retrolavado de filtros de arena y de suavizadores se dividen en dos, dependiendo de la conductividad que traiga el agua será separada ó a una sistema de recuperación ó al drenaje directamente.

Cada uno de estos flujos de rechazo son controlados por medio de válvulas de operación automática, así mismo se operan mediante un sensor de conductividad (CC) de cada uno de estos flujos.

El agua que se alimenta al sistema de suavización proviene como ya se menciono anteriormente de la cisterna de agua filtrada.

El sistema de suavización esta compuesto por tres (3) tanques de acero al carbón de 40" de diam por 60" de parte recta, identificados como (S-301), (S-302) y (S-303).

La función de estos suavizadores es la de remover toda la dureza existente en el agua para poderla utilizar en las calderas y lavadoras de botellas, regenerandose con solución de salmuera (agua diluida con sal).

El suavizador esta diseñado para tratar agua con un contenido máximo de 2 ppm de cloro.

La operación de todos los equipos son totalmente automáticos, en su etapa de regeneración y de servicio. Cuando la unidad alcance el volumen de agua programado en el medidor de flujo, este cerrara la válvula de salida y se iniciara nuevamente la regeneración de la planta.

El agua que alimenta a los suavizadores es mediante una tubería de 4" de diam en acero al carbón y que a su vez se subdivide en tuberías de 2" de diam en acero galvanizado, entra a estas a través de válvulas de pasos múltiples (VA), las cuales efectúan todos los pasos de que consta este proceso como son: contralavado, introducción de salmuera, enjuague y de servicio.

Cada unidad cuenta con indicadores de presión (IP) a la entrada y a la salida de cada unidad, indicadores totalizadores de flujo (ITF) conectados al control lógico programable (PLC), así como sus respectivas válvulas de aislamiento. Se tiene además de la instrumentación con un sistema de regeneración que consta de un tanque para la preparación de la solución de salmuera a la concentración del 22 %. Este sistema de regeneración es controlado por la válvula de pasos múltiples.

Este sistema de regeneración es controlado por la válvula de pasos múltiples.

El sistema de suavización consta de dos (2) salidas: una de ellas es salida a drenaje, que en este caso es el agua del paso de contralavado y enjuague (12 LPM), se

envía a la línea de agua a recuperar y a la línea de agua a drenaje junto con otros flujos mencionados anteriormente.

El flujo principal de los suavizadores (795 lpm) se envía por una tubería de 4" de diam. en acero al carbón al área de calderas y de lavadoras de botellas.

CAPITULO V

COSTOS DE INVERSION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

5.1 GENERALIDADES

Objetivo conocer el costo de implementación de una planta de tratamiento de agua, desde su fabricación, transportación, instalación y puesta en servicio, tomando en cuenta los costos de mano de obra y materiales al tipo de cambio de dólar americano vigente.

De acuerdo con lo mencionado en el Capítulo III referente a los elementos necesarios para el diseño de dicha planta los describiremos como a continuación se indican :

- A) FILTROS DE ARENA
- B) EQUIPO DE DEALCALIZADORES DE EMBOTELLADO.
- C) EQUIPO DE PURIFICADORES
- D) EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA
- E) EQUIPO DE SUAVIZADORES
- F) EQUIPO DE SISTEMA DE BOMBEO
- G) EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y AUTOMATIZACION
- H) TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HCL (ACIDO CLORHIDRICO)

5.2 FILTROS DE ARENA

5.2.1. DATOS DE CAPACIDAD POR UNIDAD

Número de unidades	Dos (2)
Flujo normal de servicio	2500 lpm
Flujo superficial retrolavado	244 lpm/m ² ó 6 gpm/ft ²
Flujo retrolavado	1,000 lpm 264 gpm
Volumen retrolavado	10,000 lts. 2640 gal
Tiempo retrolavado	10 min
Caida de presión lecho limpio	0.4 Kg/cm ² 5.7 PSI.

Caida de presión lecho compactado
Medio filtrante
Volumen por unidad

0.9 Kg/cm² 12.8 PSI.
Grava, garnet, antracita
85 pie³ por capa de medio
filtrante.

5.2.2. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

Tanque tipo
Tapas tipo
Diámetro
Longitud parte recta

Vertical
Torisféricas
90"
99"

5.2.3. DATOS DE DISEÑO

Presión de diseño
Temperatura
Presión de prueba
Corrosión permitida
Código de diseño
Eficiencia de soldadura

5.3 Kg/cm² 75 PSI.
Ambiente
7.9 Kg/cm² 113 psi.
Ninguna
ASME
100% tapas 85% de cuerpo

5.2.4. MATERIAL DE CONSTRUCCION

Tipo
Espesor de placa
Cuerpo
Tapas

Acero al carbón SA-285-C

1/2"
5/8"

5.2.5. RECUBRIMIENTO

Recubrimiento externo
Recubrimiento interno

Anticorrosiva de taller
Epóxico

5.2.6. BOQUILLAS

Material cuellos
Material bridas

Acero al carbón A53
Acero al carbón A105

SERVICIO	CANTIDAD	TAMAÑO
Entrada	1	4"
Salida	1	4"
Venteo	1	1"
Vaciado medio filtrante	1	2"
Registro inspección	1	24"

5.2.7. INTERNOS

5.2.7.1. DISTRIBUIDOR SUPERIOR

Tipo	Cabezal /laterales
Diámetro	4"
Cantidad de laterales	Cuatro (4)
Diámetro de laterales	1 1/2"
Material	Acero al carbón

5.2.7.2 DISTRIBUIDOR INFERIOR

Tipo	Cabezal /laterales
Diámetro	4"
Cantidad de laterales	Cuatro (4)
Diámetro de laterales	1 1/2"
Material	Acero al carbón

5.2.8. COLADERAS

Cantidad	Treinta
Diámetro	2"
Diámetro de conexión	3/4"
Material	Acero inoxidable

5.2.9. TUBERIA INTEGRAL

Tipo	Con costura
Material	Acero al carbón

SERVICIO TAMAÑO

Entrada/salida	4"
Contralavado	4"
Venteo	1"

5.2.9.1. CONEXIONES

Tipo	Bridadas y soldadas
Material	Acero al carbón

5.2.10. VALVULAS POR UNIDAD

Tipo	Diafragma
Operación	Automática
Material del cuerpo	Acero al carbón

SERVICIO CANTIDAD TAMAÑO

Entrada y salida	2	4"
Contralavado	2	4"
Manuales		
Venteo (bola)	1	½"
Aislamiento (mariposa)	2	4"

5.2.11. ACCESORIOS E INSTRUMENTOS DE CONTROL POR UNIDAD

5.2.11.1. INDICADORES DE PRESION

Cantidad	Dos (2)
Diámetro carátula	4 ½"
Rango	0-7 Kg/ cm ²
Conexión	1/4 pulg.
Bourdon	Bronce
Modelo	Standard
Localización	Entrada, salida

5.2.12. PROGRAMADOR

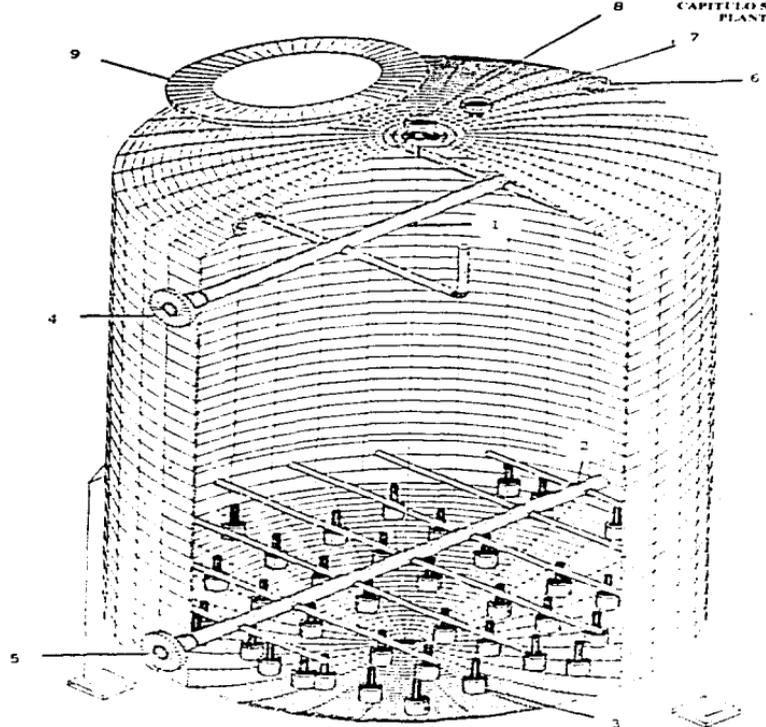
Cantidad	Uno (1)
Fabricante	Aquamatic
Modelo	S-144-C
Tipo	Timer con stager
Especificaciones eléctricas	110 v. 60 Hz
Localización	Entrada

5.2.13. MEDIDOR DE FLUJO

Cantidad	Uno (1)
Fabricante	Hays
Modelo	FT 500
Tipo	Medidor Single
Especificaciones eléctricas	110 v, 60 Hz
Localización	Entrada

5.2.14. COSTO

Filtros (2)	NS 346,000.00
Costo de la instalación del sistema de filtración	30,000.00
Costo de la instalación eléctrica	4,000.00
Costo de la instalación neumática	4,000.00
Costo de transportación de equipos	8,000.00
	<u>NS 392,000.00</u>



1 COLECTOR SUPERIOR

2 COLECTOR INFERIOR

3 COLADERA

4 ENTRADA

5 SALIDA

6 OREJA DE TCAJE

7 BRIDA VENTRO

8 BRIDA VALVULA DE SEGURIDAD

9 ENTRADA HOMBRE

FIG. 5.1 ESQUEMA EQUIPO DE FILTRACION

5.3 EQUIPO DE DEALCALIZADORES DE EMBOTELLADO

5.3.1. DATOS DE CAPACIDAD POR UNIDAD

Flujo total a tratar por unidad	750 lpm
Número de unidades	3
Alcalinidad a tratar	167 ppm (CaCO ₃)
Alcalinidad requerida	Hasta 50 ppm (CaCO ₃)
Horas de servicios	16

5.3.2. ESPECIFICACIONES

Volumen de agua a tratar	1,440,000 lts
Capacidad requerida	120,240 granos
Resina tipo	C-105 Purolite
Volumen de resina	62.4 ft ³ 1,768 lts
Nivel de generación	65 g /lts
Consumo de regenerante por regeneración	85 Kg
Tipo de regenerante	Acido clorhídrico
Consumo de HCl	0.136 Kg m ³

5.3.3. ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

Tanque tipo	Vertical
Material de construcción	Acero al carbón
Presión de diseño	75 PSI
Dimensiones:	
Diámetro	60"
Longitud parte recta	76"
Internos	PVC
Recubrimiento interno	Hule blanco sanitario
Construcción	Código ASME

5.3.4. VALVULAS

Tipo	Hidráulica
Fabricante	George Fisher
Operación	Automática/Neumática
Número total de válvulas	Dieciocho (18)
Tamaño de válvulas	1",2",3"

5.3.5. ACCESORIOS INCLUIDOS

Dosificador de ácido clorhídrico	Incluido
Programador	Aquamatic
Cantidad	3
Medidor de flujo :	Electrónico
Tipo	Controlador
Lecturas	Totalizador Its
	Flujo lpm
	Batcheador Its
Alarmas	Fin de ciclo
Caja tipo	Nema 4
Características eléctricas	120 v, 60 Hz
Manómetros por unidad	Dos (2)
Válvulas de muestreo por unidad	Dos (2)

5.3.6. COSTO

Precio total (3) unidades	\$ 970,986
Costo de instalación del sistema de alcalizador	\$ 40,000
Costo de la instalación eléctrica	\$ 6,000
Costo de la instalación neumática	\$ 6,000
Costo de transportación de equipos	\$5, 000
TOTAL	\$1,090,986

5.4 PURIFICADORES

5.4.1. CAPACIDAD DEL SISTEMA

Número de unidades	Tres (3)
Flujo normal de servicio	1,500 lpm 396 gpm

5.4.2. DATOS DE CAPACIDAD POR UNIDAD

Flujo normal	500 lpm 132 gpm
Flujo superficial retrolavado	244 lpm/m ² ó 6 gpm/ft ²
Flujo retrolavado	1,000 lpm 264 gpm
Volumen retrolavado	10,000 lts. 2640 gal
Tiempo retrolavado	10 min
Caída de presión lecho limpio	0.4 Kg/cm ² 5.7 psi
Caída de presión lecho compactado	0.9 Kg/cm ² 12.8 psi

5.4.3. MEDIO FILTRANTE ADSORBENTE

Tipo	Carbón activado
Fabricante	Clarimex ABG 30
Volumen por unidad	75 pie ³

5.4.4. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN DE TANQUES

Tanque tipo	Vertical
Tapas tipo	Toriféricas
Diámetro	66"
Longitud parte recta	54"

5.4.5. DATOS DE DISEÑO

Presión de diseño	5.3 Kg/cm ² 75 psi.
Temperatura	Ambiente
Presión de prueba	7.9 Kg/cm ² 113 psi.
Corrosión permitida	Ninguna
Código de diseño	ASME
Eficiencia de soldadura	100% tapas 85% de cuerpo

5.4.6. MATERIAL DE CONSTRUCCION

Tipo	Acero al carbón SA-285-“C
Espesor de placa :	
Cuerpo	3/8”
Tapas	7/16”

5.4.7. RECUBRIMIENTO

Recubrimiento externo	Anticorrosiva de taller
Recubrimiento interno	Epóxico

5.4.8. BOQUILLAS

Material cuellos	Acero al carbón A 53
Material bridas	Acero al carbón A 105

SERVICIO	CANTIDAD	TAMAÑO
Entrada	1	3”
Salida	1	3”
Venteo	1	1”
Vaciado medio filtrante	1	2”
Registro inspección	1	11” x 15”

5.4.9. INTERNOS

5.4.9.1. DISTRIBUIDOR SUPERIOR

Tipo	Cabezal con laterales
Diámetro de cabezal	3”
Cantidad de laterales	Cuatro (4)
Diámetro de laterales	1 ½”
Material	Acero inoxidable tipo 316

5.4.9.2 COLECTOR INFERIOR

Tipo	Cabezal con laterales
Diámetro	3"
Cantidad de laterales	Cuatro (4)
Diámetro de laterales	1 1/2"
Material	Acero inoxidable tipo 316

5.4.9.3. COLADERAS

Cantidad	Treinta
Diámetro de conexión	1/4"
Material	Acero inoxidable tipo 316

5.4.10. TUBERIA INTEGRAL

Tipo	Con costura
Material	Acero galvanizado

<u>SERVICIO</u>	<u>TAMAÑO</u>
Entrada/salida	3"
Contralavado	3"
Venteo	1"

5.4.11. CONEXIONES

Tipo	Bridadas y roscadas
Material	Acero al carbón

5.4.12. VALVULAS POR UNIDAD

Tipo	Diafragma
Operación	Automática
Material del cuerpo	Acero al carbón
Fabricante	Aquamatic

SERVICIO	CANTIDAD	TAMAÑO
Entrada y salida	2	3"
Contralavado	2	3"
Válvulas manuales		
Venteo	1	½"
Aislamiento (mariposa)	2	3"

5.4.13. ACCESORIOS E INSTRUMENTOS DE CONTROL

5.4.13.1. INDICADORES DE PRESION

Cantidad	Dos (2)
Diámetro carátula	4 ½ "
Rango	0-7 Kg/ cm ²
Conexión	1/4 pulg.
Bourdon	Bronce.
Modelo	Standard
Localización	Entrada, salida

5.4.13.2. PROGRAMADOR

Cantidad	Uno (1)
Fabricante	Aquamatic
Modelo	S-144-C
Tipo	Timer con stager
Especificaciones eléctricas	110 v, 60 Hz
Localización	Entrada

5.4.13.3. MEDIDOR DE FLUJO

Cantidad	Uno (1)
Fabricante	Hays
Modelo	ITF 81
Tipo	Medidor Single
Especificaciones eléctricas	110 v, 60 Hz
Localización	Entrada

5.4.14. COSTO

Purificadores (3)	N\$ 520,000.00
Costo de la instalación del sistema purificador	30,000.00
Costo de la instalación eléctrica	4,000.00
Costo de la instalación neumática	4,000.00
Costo de transportación de equipos	8,000.00
TOTAL	<u>N\$ 566,000.00</u>

5.5 EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA

5.5.1. DATOS DE CAPACIDAD DEL SISTEMA

Número de unidades	Uno (1)
Marca	FILMTEC
Modelo de membrana	Dow/BW30-8040
Flujo de servicio	100 GPM
Producción	100 GPM
Rechazo	33 GPM
Rechazo de sales	95 %
Presión de diseño	250 psi
Temperatura de diseño	25 °C
Material de membrana	TFC película delgada
Dimensiones de membrana	8" x 40"
Cantidad de membranas	20
Conexiones eléctricas	220/440 V 60 Hz
Bomba y motor	Una (1) incluida
Motor	40 HP
Prefiltro	5 micrones
Interruptor de baja presión	Incluido
Interruptor de alta presión	Incluido
Interconexión de alarmas	Incluido

Conductivímetro	Incluido tipo digital
Phmetro	Incluido tipo digital
Autolavado	Incluido
Manómetros	Incluido
Medidores de flujo	Incluidos tipo digital
Material de Recipientes a presión	Fibra de vidrio reforzada y acero inoxidable 316
Soporteria	Horizontal
Tubería y conexiones	Acero inoxidable y PVC*
Dimensiones:	
Largo	40"
Ancho	120"
Alto	70"

5.5.2. CONDICIONES DE OPERACION

Índice máximo de densidad de limos	SDI < 5
Rango de pH	2 - 11
Tolerancia de cloro de libre	< 0.1 ppm
Máxima presión de operación	600 PSI
Máximo flujo de alimentación	60 GPM por membrana

5.5.3. CONTROLADOR

Controlador programable compatible a PLC	uno (1)
---	---------

5.5.4 COSTO

Sistema de Osmosis Inversa	\$ 719,000.00
Instalación del equipo	\$ 15,000.00
Costo de la instalación eléctrica	\$ 6,000.00
Costo de la instalación neumática	\$ 6,000.00
Costo de transportación de equipos	\$ 5,000.00

5.6 EQUIPO DE SUAVIZADORES

5.6.1 DATOS DE CAPACIDAD POR UNIDAD

Número de unidades	tres (3)
Flujo normal de servicio	795 lpm 210 gpm

5.6.2. MEDIO DE INTERCAMBIO IONICO

Tipo	Resina
Modelo	C-100 Purolite
Volumen por unidad	736 .1 lt 26 pie ³
Capacidad máxima de intercambio	774,000 gr.
Sal máxima requerida por regeneración	186 kg.

5.6.3. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

Tanque tipo	Vertical
Tapas tipo	Toriféricas
Diámetro	40"
Longitud parte recta	60"

5.6.4. DATOS DE DISEÑO

Presión de diseño	75 lb/ pulg ² .
Temperatura	Ambiente

5.6.5. MATERIAL DE CONSTRUCCION

Tipo	Acero al carbón A 285 °C
------	--------------------------

5.6.6. VALVULA

Tipo	Hidráulica
Operación	Automática
Material del cuerpo	Polipropileno
Diámetro de conexión	2"
Modelo	172
Fabricante	Autotrol

5.6.7. INSTRUMENTACION DE CONTROL**5.6.7.1. INDICADORES DE PRESION**

Cantidad	Uno (1)
Diámetro carátula	4.6"
Rango	0-7 Kg/cm ²
Conexión	1/4"
Bourdon	Bronce
Modelo	Standard
Localización	Entrada

5.6.7.2. MEDIDOR DE FLUJO

Cantidad	Uno (1)
Fabricante	Autotrol
Modelo	480
Tipo	Totalizador acumulador
Localización	Entrada

5.6.7.3. SENSOR DE FLUJO

Cantidad	Uno (1)
Fabricante	Autotrol
Modelo	480
Tipo	Turbina
Localización	Entrada

5.6.8. COSTO

Suavizador (3)	NS	196,000.00
Costo de la instalación del sistema de suavización.		10, 000.00
Costo de transportación del equipo		8,000.00
		<hr/>
TOTAL	NS	214,000.00

5.7 EQUIPO SISTEMA DE BOMBEO

5.7.1. BOMBAS AGUA CRUDA

Líquido a manejar	Agua Limpia
Gasto por Bomba	2500 lpm
Ph del agua	7 - 8
Carga dinámica	31 m
Eficiencia	80 %
Potencia	20 HP
Motor	220/440 V, 60 Hz.
	TTC (Totalmente cerrado con ventilación)
Fabricante	Aurora Pumps
Tipo de bomba	Centrifuga
Conexiones	Bridadas
Material Cuerpo	Fierro fundido
Material impulsor	Acero al carbón
Diámetro impulsor	6-3/4"
Diámetro succión	4"
Diámetro descarga	4"
N° de bombas	Dos (2)
N° de revoluciones	3500
NPSH	21

5.7.2. COSTO

Bomba centrífuga tipo horizontal (2)	\$ 25,776.00
Costo de instalación	2,000.00
Costo de transportación	<u>1,000.00</u>
TOTAL	\$ 28,776.00

5.7.3 BOMBAS DE AGUA FILTRADA

Líquido a manejar	Agua Limpia
Gasto por Bomba	1250 lpm
Ph del agua	7 - 8
Carga dinámica	41 m
Eficiencia	63 %
Potencia	20 HP
Motor	220/440 V, 60 Hz.
	TTC (Totalmente cerrado con ventilación)
Fabricante	Aurora Pumps
Tipo de bomba	Centrífuga
Conexiones	Bridadas
Material Cuerpo	Fierro fundido
Material impulsor	Acero al carbón
Diámetro impulsor	6-1/2"
Diámetro succión	4"
Diámetro descarga	4"
Nº de bombas	tres (3)
Nº de revoluciones	3500
NPSH	8

5.7.4. COSTO

Bomba centrífuga tipo horizontal (3)	\$ 49,620.00
Costo de instalación	4,000.00
Costo de transportación	<u>1,000.00</u>
TOTAL	\$ 54,620.00

5.7.5. BOMBAS AGUA TRATADA

Líquido a manejar	Agua Limpia
Gasto por Bomba	750 lpm
Ph del agua	6 - 7
Carga dinámica	41 m
Eficiencia	72 %
Potencia	10 HP
Motor	220/440 V, 60 Hz. TTC (Totalmente cerrado con ventilación)
Fabricante	Aurora Pumps
Tipo de bomba	Centrifuga
Conexiones	Bridadas
Material Cuerpo	Acero Inoxidable tipo 316
Material impulsor	Acero Inoxidable tipo 316
Diámetro impulsor	5-3/4"
Diámetro succión	2"
Diámetro descarga	2-1/2"
Nº de bombas	tres (3)
Nº de revoluciones	3500
NPSH	10

5.7.6 COSTO

Bomba centrifuga tipo horizontal (3)	\$ 75,449.00
Costo de instalación	4,000.00
Costo de transportación	<u>1,000.00</u>
TOTAL	\$ 60,449.00

5.8 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACIDO CLORHIDRICO

5.8.1 ESPECIFICACIONES

Cantidad	Uno (1)
Tipo	Vertical
Diámetro	2.3 m
Altura	2.5 m
Capacidad	10,000 lts.
Material de fabricación	Poliétileno
Tipo de construcción	Sin costuras
Estabilización	A luz ultravioleta
Otras características	Alta resistencia a químicos y al alto impacto.
Fabricante	Rotoplas

5.8.2 COSTO

Precio de un tanque con capacidad de 10,000 lts. para almacenamiento de ácido, se incluye una bomba de transmisión magnética construida en material de PPL, se incluyen arrancadores e instalación eléctrica de la bomba.

Instalación	\$28,000.00
Costo de transportación de equipos	500.00
	\$1,000.00

TOTAL \$ 29,500.00

5.8.3 SERVICIOS SUMINISTRADOS POR LA PLANTA

1. Base de concreto o de tipo estructural para el montaje del tanque de almacenamiento de ácido clorhídrico.
2. Agua con un suministro de flujo de 2500 lpm en servicio.
3. Suministro de energía eléctrica con características de 110 v, 60 Hz.
4. Suministro de aire para la operación de las válvulas y del equipo neumático .
5. Se requiere que toda la obra civil este lista.

CONCLUSIONES

1. Como pudimos ver a lo largo de este trabajo, esta planta está diseñada bajo normas y cumpliendo las exigencias internacionales que marcan las condiciones de calidad del agua dependiendo de la aplicación de ésta. Ya que como es sabido existen dos marcas de refrescos que son los más conocidos en el mercado y las que tienen el dominio mundial de consumo de bebidas embotelladas.

2. Hoy en día se instalan plantas de esta capacidad o mayores por la rentabilidad y confiabilidad que ofrece tanto en la industria embotelladora como en cualquier otra industria procesadora de alimentos ya que la calidad y el éxito de este tipo de productos está en función, desde la materia principal que es el agua que es con la que se elabora el producto. La competencia de ganar el mercado es la que obliga a ofrecer productos de mejor calidad que estén a la vanguardia en su manufactura con nuevas tecnologías para la obtención del agua. Ya que no son suficientes las campañas de publicidad anunciando el producto final ya que si este no satisface el gusto del consumidor no se venderá el producto.

3. La limpieza es un factor fundamental para que se cumplan las condiciones de calidad. Un buen grado de saneamiento a los equipos, limpieza periódica a las cisternas, esterilización a las tuberías, sanitizado con vapor a los purificadores de carbón para tener un control bacteriológico estable son unas de las tantas condiciones para la calidad final del agua a utilizar.

4. Para que la planta de tratamiento de agua pueda llevarse a cabo con las características que se están pidiendo es necesario hacer análisis de agua periódicamente ya que dependiendo la época del año varían las condiciones del agua que es de donde depende primordialmente la capacidad de nuestra planta.

5. Algo que es importante mencionar es la cultura que se está adquiriendo al consumir cualquier producto procesado indicándonos mediante una tabla de valores nutritivos que contiene el producto. Lo mismo sucede con el agua, indica el proceso de purificación y obtención de ésta así como una tabla de componentes.

6.- Haciendo un análisis económico del costo de la planta de tratamiento de agua y comparándolo con otras áreas de la planta embotelladora deducimos que es la inversión mas barata por la rentabilidad, operación y mantenimiento.

Comparando la calidad de agua al final con cada uno de los procesos con la tabla de agua cruda tabla 3.1 tenemos que:

Tabla 6.1

Sustancia	Dealcificador	Osmosis Inversa	Agua para Embotellado	Suavizador
Calcio	217.5	1.0	163.4	1
Magnesio	20.0	1.0	15.3	1
Sodio	270.6	17.0	270.2	623
Hidrogeno	0.0	0.0	0.0	0.0
Bicarbonato	50.0	1.0	37.8	167
Carbonato	0.0	0.0	0.0	0.0
Hidróxidos	0.0	0.0	0.0	0.0
Cloruros	159.5	10.0	122.1	159.5
Sulfatos	298.6	8.0	225.9	289.5
Silice	20.0	2.0	5.5	20.0
pH	6.0	6.0	6.0	7.0
Dureza total	237.5	1.0	2.0	2.0
Alcalinidad M	50.0	1.0	37.8	167.0
Alcalinidad F	0.0	0.0	0.0	0.0
Color	incolora	incolora	incolora	incolora
Olor	sin olor	sin olor	sin olor	sin olor
Sólidos totales Disueltos	528.1	21.0	401.3	645
Cloro libre	0.0	0.0	0.0	1
Bióxido de carbono	197.0	197.0	197.0	50
DBO ₅	0	0	0	0
Sólidos suspendidos	0	0	0	0
Grasas y aceites	0	0	0	0
Sólidos Sedimentables	0	0	0	0
Coliformes	0	0	0	0

7.- Por otro lado podemos decir que el proceso de osmosis inversa es uno de los procesos más sofisticados de bajo consumo de energía y que nos sirve para reducir substancialmente la cantidad de minerales disueltos en el agua.

Este equipo tiene una gran variedad de aplicaciones que es desde la mas común la de obtener agua potable y purificada hasta aplicaciones muy especiales como agua ultrapura que nos sirve para la elaboración de medicamentos, la

manufactura de semiconductores en la elaboración de reactivos por la baja cantidad de cloruros que contiene el agua bajo este proceso, pero también es el que mas cuidado y precaución debemos tener desde el suministro de agua que debe venir libre de cloro y libre de sólidos en suspensión tener un control de la temperatura en el agua ya que sino, nos puede producir taponamiento en las membranas o deterioro a estas.

Hay factores que pueden afectar la vida de la membrana y perjudicar la cantidad y calidad del permeado. Los daños pueden notarse en una baja de producción debido a la contaminación en la membrana producida por un efecto de materia inorganica, organica o crecimiento biológico.

También puede reflejarse una baja calidad de agua debido a un daño irreversible en la superficie de la membrana por eso el equipo de osmosis inversa cuenta con un pretratamiento instalado que consiste en un filtro pulidor con cartuchos de 5 micrones para atrapar las partículas inorgánicas y un sistema de dosificación de dispersantes para que cualquier partícula menor a 5 micrones sea atrapada y también una dosificación de sulfito de sodio para cualquier residual de cloro como protección a las membranas. Si alguna de las membranas se llegara a contaminar con materia orgánica estas se pueden limpiar con bajas concentraciones de sosa cáustica.

Si el problema es que se contamine con carbonato de calcio se puede limpiar por medio de un lavado con ácido el mas recomendable es el ácido clorhidrico en bajas concentraciones aunque el equipo esta despues de los dealcalizadores para evitar este último problema.

En general se recomienda una limpieza completa a todos los equipos cada 6 meses, tanto a filtros, suavizadores, dealcalizadores, purificadores y osmosis inversa y poder prevenir contaminaciones de cualquier indole.

8.- Esta planta fue diseñada, instalada y fabricada especialmente para Pepsi Cola que se encuentra en la Cd. de Tampico Tams., y actualmente esta en funcionamiento, se considero como la planta mas moderna del mundo por las instalaciones con las que cuenta y su equipo de producción tan sofisticado; también ha sido la planta que se desarrollo en 93 días, desde que se puso la primera piedra de su construcción hasta que se llevo a producir el primer refresco.

BIBLIOGRAFIA

Alamo Water Manual
Aplicacion, Design in the Industries
Alamo Water Refiners Inc.
USA 1993

Aurora Piesa Pumps
Technical Bulletin for pumps
Piesa Pumps Company
USA 1968

Eugene F. Megyesy
Manual de recipientes a presión
Limusa S. A. de C. V.
México 1989

Filmtec Corporation
Technical Bulletin - Membranes for Reverse Osmosis
USA 1991

Frank N. Kemmer, Jhon McCallion
Manual del agua, Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones
Mc Graw - Hill
México 1982

Kenneth McNaughton
Bombas, Selección, uso y mantenimiento
Mc Graw - Hill
México 1988

Kurt Gieck
Manual de fórmulas técnicas
Ediciones Alfaomega S.A. de C.V.
México 1991

Lukens Spun Heads
Flanged and dished - ASME CODE
Lukens Steel Company
USA 1956

Mc Goman Wes
Tratamiento del agua para el hogar, la agricultura y la industria.
Water Quality Association
USA 1993

Pepsico, Inc. Purchase
Manual de elaboración de bebidas embotelladas
N.Y. USA

Permutit Company
Data book of water and waste water treatment technology
The Permutit Company Inc.
USA 1962

Purolite Ion exchange resins
Technical Date - resin for applications for food and industries.
Purolite Company
USA 1990

Sheppard T. Powell
Manual de aguas para usos industriales
Limusa S.A de C.V.
México 1988

Water Quality Association
Water Treatment Fundamentals
USA 1988

Zepeda C. Sergio
Manual de Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias, Gas, Aire Comprimido, Vapor
Limusa S.A. de C.V.
México 1991

APENDICE A

GLOSARIO

- Antracita.**- Piedra de carbón mineral de alta resistencia que químicamente no reacciona con agua alcalina o ácida.
- CaCO₃.**- Carbonato de calcio se utiliza como referencia de las partes por millón de la sustancia a analizar presente
- Cloacas.**- Conductos para las aguas sucias ó inmundiciales.
- Coliformes.**- Bacteria que su presencia en el agua muestra contaminación fecal humana.
- DBO₅.**- Demanda bioquímica de oxígeno del agua: el oxígeno necesario para que la materia orgánica soluble sea oxidada por las bacterias presentes.
- Dióxido de carbono.**- Se refiere al dióxido de carbono en forma gaseosa disuelto en el agua, esta presente en el aire en un porcentaje de 0.03 por volumen y 0.05 por peso. Este término se utiliza para distinguir una solución de un gas de la combinación de dióxido de carbono (CO₂) presente en los iones de carbonato, bicarbonato y combinado con el agua nos da ácido carbónico.
- Dipolar .**- Que tiene la capacidad de contener dos cargas iguales y de signos contrarios situados a ciertas distancias.
- Electrólito.**- Sustancia que se disocia en dos o más iones cuando es disuelto en el agua.
- Gamet.**- Piedra natural dura, durable de una alta gravedad específica mineral. En especial para equipos de filtración.
- Grava.**- Piedra de origen natural de diferentes tamaños se utiliza como soporte en los equipos de filtración.
- H₂S.**- Sulfuro de hidrógeno

- Hidróxilo.-** Es el nombre que se da al ion formado por un átomo de hidrógeno y uno de oxígeno y su fórmula es OH^- este ion complejo va a través de cualquier reacción química como una unidad.
- Intercicios.-** Pequeñísimos espacios que se encuentran en los medios filtrantes (Arena, grava, antracita etc..) donde son retenidos los sólidos en suspensión del agua al filtrarse.
- Presión Osmótica.-** Presión que invierte el flujo del agua en el proceso natural de ósmosis inversa para que pase de la solución más concentrada a la más diluida.
- Ppm.-** Partes por millón.
- Ppl.-** Polipropileno
- Solutos.-** Substancias que están disueltas en un solvente.
- Soda.-** Término que se aplica en un proceso de ablandamiento del agua con cal - carbonato (Cal - soda).
- Sacarosa.-** Nombre científico del azúcar común.
- Turbidez.-** Reducción de la transparencia de un líquido debido a la dispersión de la luz que provocan las partículas suspendidas.