

300617



UNIVERSIDAD LA SALLE A.C.

ESCUELA DE INGENIERIA

Incorporada a la UNAM

**“SELECCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN
SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA PARA UNA
INDUSTRIA DE PROCESOS DE BOTANA”**

T E S I S

Que para obtener el Título de
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA DE ELECTRONICA**

P r e s e n t a
ERNESTO ARAO TOYOHARA

Asesor de Tesis: Mtro. OCTAVIO RODRÍGUEZ TORRES

México, D.F. 2005

m343294



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS

**C. DIRECTOR GENERAL DE INCORPORACIÓN Y
REVALIDACIÓN DE ESTUDIOS
U N A M
PRESENTE**

Me permito informar a usted que la tesis titulada: "SELECCION, OPERACION
Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE POTABILIZACION DE AGUA PARA UNA
INDUSTRIA DE PROCESOS DE BOTANA"

Elaborada por:

ARAO

TOYOHARA

ERNESTO ISAM

Apellido Paterno

Apellido Materno

Nombre (s)

Alumno(a) de la carrera de INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

No. de Cta. 17407017

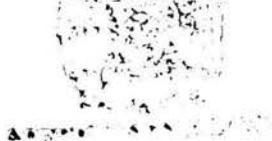
reúne los requisitos académicos para su impresión.

14 de Abril 20 05

MTRO. OCTAVIO RODRIGUEZ TORRES

Nombre y firma del
Asesor de Tesis

Seto de la
Institución



ING. JOSE ANTONIO TORRES HERNANDEZ

Nombre y firma del
Director de la Escuela ó
Facultad

INDICE

Capitulo 1 Especificaciones Sanitarias

1.1 Organolépticas y Físicas	9
1.2 Fisicoquímicas	9
1.3 Microbiológicas límite máximo	11
1.4 Plaguicidas límite máximo	12
1.5 Determinación de cloro residual	12

Capitulo 2 Potabilización

2.1 Tipos de Sistemas	14
2.1.1 Carbón Activado Granulado	15
2.1.2 Destilación	19
2.1.3 Luz Ultravioleta	22
2.1.4 Ozonificación	26
2.1.5 Cloración.....	28
2.1.6 Ósmosis Inversa	30

Capitulo 3 Diseño de la planta de potabilización de agua para una industria procesadora de botanas

3.1 Requisitos para el diseño de la planta	36
3.2 Objetivos planteados.....	41
3.2.1 Descripción de los equipos que consumen agua	41
3.3 Características del proyecto	45
3.4 Método Seleccionado	46
3.5 Diseño del Sistema	47
3.5.1 Purificación del agua con la aplicación de cloro	48
3.5.2 Sistema de Filtración de Arena y Carbón Activado.....	52
3.5.3 Descripción de tipos de válvulas del sistema	59
3.5.4 Filtros Pulidores de cartucho	64

Capitulo 4 Operación y mantenimiento de la planta

4.1 Instrucciones para la instalación	68
4.2 Instrucciones para la operación de los filtros de arena....	70
4.3 Instrucciones para la operación de filtros de carbón activado	71
4.3.1 Desinfección con vapor	71
4.4 Funcionamiento de los filtros cartucho	73
4.4.1 Mantenimiento al filtro de cartuchos	73
4.5 Programador e Instrumentos de Control	75
4.6 Problemas de operación y sus soluciones	75
4.6.1 Disminución de la calidad de filtrado	76

4.6.2 Aumento de la caída de presión o disminución del flujo	77
---	----

Capítulo 5 Manual del Operador

5.1 Terminal del operador.....	79
5.2 Modos de operación.....	79
5.3 Pantallas de operación	81
Conclusiones	86
Bibliografía	89

Indice de Figuras

Figura # 1 Filtro de Carbón Activado	17
Figura # 2 Filtro de Carbón activado con puerto múltiple	17
Figura # 3 Destilador para agua	20
Figura # 4 Equipo destilador industrial hasta 200 l/día	22
Figura # 5 Sistemas por Desinfección Ultravioleta.....	24
Figura # 6 Equipo de Luz Ultravioleta hasta 230 m ³ /hr	25
Figura # 7 Generador de Ozono	26
Figura # 8 Sistema modular de generadores de Ozono para. potabilización del agua	27
Figura # 9 Sistema de aplicación de cloro	29
Figura # 10 Filtro de Ozmosis inversa	32
Figura # 11 Sistema de filtrado de Osmosis Inversa	33
Figura # 12 Dosificación de químicos para un sistema de filtración de Osmosis inversa	33
Figura # 13 Sistema de bombeo para suministrar agua a presión para el conjunto de membranas	34
Figura # 14 Requerimientos para el diseño del sistema de procesamiento de agua	36
Figura # 15 Diagrama de flujo de una línea de papa	42
Figura # 16 Diagrama de flujo de una línea de tortilla	43
Figura # 17 Sistema esquemático de aplicación de cloro	45

Figura # 18 Proceso de filtración	46
Figura # 19 Sistema de dosificación de cloro con tabletas	49
Figura # 20 Conductímetro.....	49
Figura # 21 Filtro de grava y arena	52
Figura # 22 Composición de filtro de grava y arena	53
Figura # 23 Válvula de diafragma	58
Figura # 24 Válvula de aguja	59
Figura # 25 Válvula check	59
Figura # 26 Válvula manual	59
Figura # 27 Válvula mariposa	60
Figura # 28 Filtros de Carbón Activado	61
Figura # 29 Filtros pulidores	65
Figura # 30 Diagrama de flujo de sistema de potabilización	68
Figura # 31 Filtros de arena diagrama esquemático	71
Figura # 32 Filtros de carbón activado diagrama esquemático..	72
Figura # 33 Filtros de Grava, Carbón Activado y de Cartucho en mantenimiento	74
Figura # 34 Terminal del operador en modo de configuración .	79
Figura # 35 Pantalla en modo de Sistema	80
Figura # 36 Pantalla de la terminal del operador del Edo. de Cada filtro de arena y carbón activado	82
Figura # 37 Pantalla de estado de filtros de arena	83
Figura # 38 Pantalla de estados de filtros de carbón	84

Índice de Tablas

Tabla # 1 Especificaciones Organolépticas y Físicas	9
Tabla # 2 Especificaciones Fisicoquímicas	10
Tabla # 3 Especificaciones Microbiológicas	11
Tabla # 4 Especificaciones Plaguicidas	12
Tabla # 5 Tabla comparativa de los diferentes métodos de potabilización.....	35
Tabla # 6 Parámetros del agua de entrada	38
Tabla # 7 Agua dentro de los parámetros requeridos Analisis Fisico-químicos.	39
Tabla # 8 Procesos productivos y sus consumos de agua	41
Tabla # 9 Tabla comparativa económica	44
Tabla # 10 Descripción del equipo grava y arena	56
Tabla # 11 Datos de construcción de cada tanque Filtro	57
Tabla # 12 Cama Soporte (Grava clasificada en 2 diferentes tamaños)	57
Tabla # 13 Cama filtrante	57
Tabla # 14 Listado de válvulas para los filtros de grava y Arena	60
Tabla # 15 Información de Equipo filtros de carbón activado...62	
Tabla # 16 Datos de Construcción de cada Tanque Filtro	63
Tabla # 17 Cama soporte: (Grava clasificada en 4 diferentes tamaños)	64
Tabla # 18 Listado de válvulas para filtros de carbón activado..64	
Tabla # 19 Datos de diseño de filtros pulidores	65
Tabla # 20 Especificaciones de filtros pulidores	66

Tabla # 21 Características de los elementos filtrantes66
Tabla # 22 Listado de válvulas del sistema de filtros pulidores .	66
Tabla # 23 Disminución de la calidad de filtrado debido a la canalización.....	76
Tabla # 24 Disminución de la calidad de filtrado debido a la pérdida de cama filtrante	76
Tabla # 25 Caída de presión por disminución de flujo	77
Tabla # 26 Caída de presión por cama comprimida	77

Capítulo 1

1. Especificaciones Sanitarias

En este capítulo se revisa la Norma Oficial Mexicana (NOM) que da a conocer los diferentes métodos para analizar la calidad del agua, los parámetros con los que tiene que cumplir y una serie de definiciones que ayudarán a entenderla; esto solo se presenta con la intención de mostrar las bases que se deben tomar en cuenta para el diseño, operación y mantenimiento de una planta de potabilización de agua para ser utilizada en una planta procesadora de botanas.

NOM-127-SSA1-1994 Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.¹

Agua potable: aquella cuyo uso y consumo no causa efectos nocivos al ser humano.

Agua purificada envasada: aquella sometida a un tratamiento físico o químico que se encuentra libre de agentes infecciosos, cuya ingestión no causa efectos nocivos a la salud. Para su comercialización se presenta en botellones u otros envases con cierre hermético y que además cumple con las especificaciones que se establecen en norma.

¹ Proyecto en proceso de expedición como Norma Oficial Mexicana.

Buenas prácticas de fabricación: conjunto de normas y actividades relacionadas entre sí, destinadas a garantizar que los productos tengan y mantengan las especificaciones requeridas para su uso.

Envase: todo recipiente destinado a contener un producto y que entra en contacto con el mismo, conservando su integridad física, química y sanitaria.

Envase retornable: aquel que se utiliza más de una vez y que forzosamente tendrá que ser lavado y desinfectado en cada uso.

Envase no retornable: aquel de un solo uso, que no cumple con la definición de envase retornable.

Etiqueta: todo rótulo, marbete, inscripción, imagen u otra forma descriptiva o gráfica, ya sea que esté impresa, marcada, grabada, en relieve, hueco, estarcido o adherida al empaque o envase del producto.

Inocuo: aquello que no hace o causa daño a la salud.

Límite máximo: cantidad establecida de aditivos, microorganismos, parásitos, materia extraña, plaguicidas, biotoxinas, residuos de medicamentos, metales pesados y metaloides que no se debe exceder en un alimento, bebida o materia prima.

Lote: la cantidad de unidades de un producto elaborado en un solo proceso con el equipo y sustancias requeridas, en un mismo lapso para garantizar su homogeneidad. Por lo tanto, no puede ser mayor que la capacidad del equipo ni integrarse con partidas hechas en varios períodos.

Métodos de prueba: procedimientos analíticos utilizados en el laboratorio para comprobar que un producto satisface las especificaciones que establece la norma.

Muestra: número total de unidades de producto provenientes de un lote y que representan las características y condiciones del mismo.

Plaguicidas: sustancia o mezcla de sustancias utilizadas para prevenir, destruir, repeler o mitigar cualquier forma de vida que sea nociva para la salud, los bienes del hombre o el ambiente, excepto la que exista sobre o dentro del ser humano y los protozoarios, virus, bacterias, hongos y otros microorganismos similares sobre o dentro de los animales.

Proceso: conjunto de actividades relativas a la obtención, elaboración, fabricación, preparación, conservación, mezclado, acondicionamiento, envasado, manipulación, transporte, distribución, almacenamiento y expendio o suministro al público de productos.

Registro: formato donde se anotan los datos de las condiciones de proceso.

Símbolos y abreviaturas

Cuando en esta norma se haga referencia a los siguientes símbolos y abreviaturas se entiende por:

cm: centímetros

d: densidad

g: gramo

l: litro

µg/l: microgramos por litro

mµ: milimicra

mg: miligramo

mg/l: miligramos por litro

ml: mililitro

M: molar

Mol: molécula

N: normal

NMP: número más probable

pH: potencial de hidrógeno

UPC: unidades de platino cobalto

UFC: unidades formadoras de colonias

UTN: unidades de turbidez nefelométricas

Vol: volumen

El producto objeto de este ordenamiento debe cumplir con las siguientes especificaciones:

1.1 Organolépticas² y físicas

Propiedad	Resultado
Olor	Inodoro
Sabor	Insípido
Color	15 Unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Turbiedad ³	5 Unidades de UTN únicamente el producido por sólidos disueltos en el agua.

Tabla # 1 Especificaciones Organolépticas y Físicas

1.2 Fisicoquímicas

Se utilizan para detectar algunos elementos nocivos para el organismo como pueden ser: metales como el mercurio, sustancia como el arsénico o cloro que en cantidades fuera de especificación son fuentes de enfermedades.

² El agua pura es incolora, inodora e insípida. No obstante, en el medio natural el agua dista mucho de ser pura y presenta unas propiedades específicas que afectan a los sentidos. Estas propiedades se denominan propiedades organolépticas y afectan al gusto, al olor, al aspecto y al tacto, distinguiéndose: temperatura, sabor, olor, color y turbidez.

³ Los instrumentos que se emplean para medir la turbidez se denominan turbidímetros o nefelómetros y miden en unas unidades de turbidez denominadas unidades nefelométricas o NTUs (del inglés *nephelometer turbidity units*).

A continuación se presenta una tabla con las especificaciones fisicoquímicas que el agua debe de cumplir

Propiedad	Resultado mg/l
PH	6.5 – 8.5
Alcalinidad total	300 como CaCO ₃
Aluminio	0.2
Arsénico	0.05
Bario	0,7
Cadmio	0.005
Cianuros como CN	0.05
Cloro residual libre después de un contacto mínimo de 30 minutos	0.10
Cloruros como Cl	250
Cobre	1
Cromo total	0.05
Dureza total como carbonato de calcio	200
Fenoles o compuestos fenólicos	0.001
Fierro	0.3
Fluoruro como F	0.7
Manganeso	0.05
Mercurio	0.001
Nitratos como N	10
Nitratos como NO	0.05
Nitrógeno amoniacal como N	0.5
Nitrógeno orgánico total como N	0.1
Oxígeno consumido en medio ácido	2.0
Ozono al envasar	0.04
Plata	0.05
Plomo	0.02
Sólidos disueltos totales	500
Sulfatos como SO ₄	250
Sustancias activas al azul de metileno	0.5
Trihalometanos totales	0.1
Zinc	3

Tabla # 2 Especificaciones Fisicoquímicas

1.3 Microbiológicas límites máximos.

Contaminantes que se encuentran generalmente en las heces fecales y que entran en contacto con el agua a través del suelo

Propiedades	Limites
Mesofílicos aerobios	UFC/100
Coliformes totales NMP/100 ⁴	NMP/100 no detectables
Coliformes totales ⁵	UFC/100 mlcero
Vibrio cholerae ⁶	Negativo

Tabla # 3 Especificaciones Microbiológicas

⁴ Técnica de número más probable (NMP) y Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

⁵ Método de filtración por membrana.

⁶ Bajo situaciones de emergencia sanitaria la Secretaría de Salud, sin perjuicio de las atribuciones de otras Dependencias del Ejecutivo establecerá los casos en los que se habrá de determinar la presencia de este agente biológico.

1.4 Límite Máximo $\mu\text{g/l}$ de Plaguicidas.

Sustancias que se encuentran en fertilizantes, que al ser aplicados a los cultivos entran en contacto con el subsuelo y por consecuencia a los mantos freáticos contaminando el agua.

En la siguiente tabla se examinan algunas de las sustancias que contienen los plaguicidas y la cantidad permisible.

Sustancia	$\mu\text{g/l}$
Aldrín y Dieldrín (separados o combinados)	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.30
DDT (Dicloro difenil tricloro etano) (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH (lindano)	2.0
Hexaclorobenceno	0.01
eptacloro y epóxido de heptacloro	0.03
Metoxicloro (1,1,1-Tricloro, 2,2, bis (p-metoxi-fenil) etano)	20.00
2,4-D (Acido 2,4 - diclorofenoxiacético)	30.0

Tabla # 4 Especificaciones Plaguicidas

1.5 Determinación de cloro residual (método colorimétrico con N'N'-Dietil-p-fenilendiamina DPD)

El método emplea un procedimiento colorimétrico con N'N'-Dietil-p-fenilendiamina (DPD) para obtener las lecturas en las diferentes especies en que pueda encontrarse el cloro.

En ausencia del ión yoduro, el cloro libre disponible reacciona instantáneamente con el indicador DPD para producir un color rojo. La subsiguiente adición de una pequeña cantidad de ión yoduro actúa

catalíticamente permitiendo que la monoclорamina produzca color. La adición de ión yoduro en exceso provoca una respuesta rápida de la dicloramina y el tricloruro de nitrógeno (NCl_3). Un procedimiento alterno basado en este cambio del orden de adición de reactivos permite la estimación del NCl_3 .

Los factores más importantes a considerar de esta norma son: las especificaciones físicas (organolépticas), fisicoquímicas y las microbiológicas; que son las que nos darán la pauta junto con el análisis económico para poder escoger el mejor sugerir el mejor método de potabilización.

Capítulo 2

2. Potabilización

Agua Potable

Aquella que por reunir los requisitos organolépticos (olor, sabor y percepción visual), físicos, químicos y microbiológicos, puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a la salud.

Todas las aguas empleadas para bebida o preparación de alimentos en estado natural o posterior a un proceso de tratamiento que cumplen con los requisitos microbiológicos, físicos, químicos y organolépticos para ser considerado inocuo para el consumo humano.

Efluente de una planta potabilizadora o Planta de tratamiento de agua potable.

Agua que es destinada al consumo humano y que satisface las características físicas, químicas, bacteriológicas, biológicas y radiológicas que establezca la Autoridad Sanitaria competente con sus correspondientes normas y que abastece un edificio.

2.1 Tipos de Sistemas

Existen varias formas para la potabilización de agua como pueden ser:

- a.- Carbón Activado Granulado.
- b.- Destilación.
- c.- Luz Ultravioleta.
- d.- Ozonificación.
- e- Cloración.
- d.- Osmosis inversa.

2.1.1 Carbón Activado Granulado (CAG)

El carbón es una sustancia que históricamente se ha utilizado para absorber impurezas ya que es el absorbente más poderoso conocido por el hombre. El carbón se utiliza comúnmente como un antídoto efectivo en casos de envenenamiento.

El carbón activado es el carbón al que se le agrega una pequeña carga electro-positiva, haciéndolo así más atrayente ante impurezas y químicos.

El carbón activado granulado se usa extensivamente en la mayoría de los filtros de agua que se encuentran en el mercado ver figura # 1, sin embargo, muy poco de estos filtros son eficientes en obtener verdadera purificación (o sea, en remover todas las sustancias que amenazan nuestra salud), Los siguientes son problemas del carbón activado granulado como purificador del agua:

- **Canalización:** Cuando el agua es forzada a través de un substrato de CAG (que tiene una consistencia similar a la de arena), toma el camino de menor resistencia y va creando sus propios canales a través del CAG en el filtro. Lo que esto significa es que el agua que se intenta filtrar no está en contacto con el CAG por suficiente tiempo para permitir una absorción completa de impurezas. Muchas de éstas se mantienen en el agua que sale del filtro y que supuestamente está "purificada".
- **Crecimiento de bacteria:** Cuando el agua pasa por el CAG, parte de la bacteria queda atrapada en el substrato. El problema es que esta bacteria atrapada se multiplica prolíficamente en el tibio y húmedo medio entre los granos del CAG.

Como el CAG no es muy compacto en estructura, no hay barrera que prevenga que la bacteria que crece dentro del filtro salga con el agua que

sale cada vez que se usa el filtro. Inclusive, muchas pruebas que se han hecho demuestran que en ocasiones hay más bacteria en el agua que sale del filtro que en el agua que entra a éste. Para corregir este problema, muchas compañías purificadoras añaden al CAG una cantidad de nitrato de plata (AgNO_3), para restringir el crecimiento de la bacteria. Sin embargo, el AgNO_3 es venenoso y existen muchas dudas acerca de los efectos adversos en la salud que puede tener el nitrato de plata mismo.

- Decrecimiento rápido de efectividad: Como la cantidad de CAG es mínima en la mayoría de los filtros, estos se saturan rápidamente con el uso normal. Los filtros deben ser cambiados regularmente, lo cual se suma al gasto de mantenimiento del filtro.

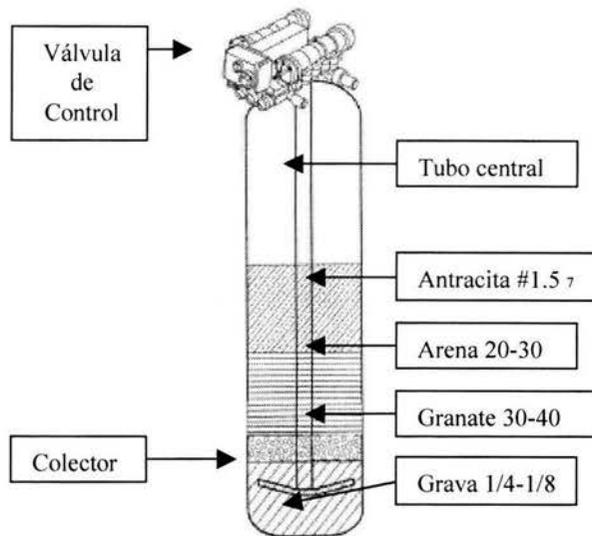


Figura # 1
Filtro de Carbón Activado



Figura #2 Filtro de Carbón activado con puerto múltiple

El filtro de carbón de la figura # 2, funciona por el mismo principio que el filtro de arena, la diferencia radica en los elementos filtrantes y su

finalidad. El carbón activado es un material natural que con millones de agujeros microscópicos que atrae, captura y rompe moléculas de contaminantes presentes. Se diseña normalmente para remover cloro, sabores y olores y demás químicos orgánicos. También es uno de los procesos finales del sistema de tratamiento de agua. Son fabricados en acero al carbón de alta resistencia y recubrimiento interno de polietileno para evitar la corrosión. Retrolavado 100% automático, con temporizador o volumen tratado.

7 Antracita

Antracita, (del griego anthrax, 'carbón'), carbón duro que tiene el mayor contenido de carbono fijo y el menor contenido de material volátil de todos los tipos de carbón. Contiene aproximadamente un 87,1% de carbono, un 9,3% de cenizas y un 3,6% de materia volátil.

Tiene un color negro brillante, una estructura cristalina y una fractura concoidea. Se utiliza sobre todo como combustible y como fuente de carbono industrial. Aunque se inflama con más dificultad que otros carbones, la antracita libera una gran cantidad de energía al quemarse y desprende poco humo y hollín.

La antracita se formó principalmente hacia el final del período carbonífero como consecuencia de movimientos telúricos que generaron calor y presión que transformaron los materiales carbonosos que existían en la Tierra.

Los principales productores mundiales de antracita son: China, la antigua Unión Soviética, Corea del Norte, Corea del Sur, España, Alemania y Estados Unidos.

"Antracita." Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2001. © 1993-2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

2.1.2 Destilación.

La destilación es un procedimiento bastante costoso por el cual se calienta el agua al punto de ebullición lo que ayuda a remover algunas impurezas que se encuentran en ésta. La teoría de este proceso es que la contaminación química y otro tipo de contaminadores no tienen el mismo punto de evaporación que el del agua y por lo tanto se facilita su separación del vapor de agua que se forma. El agua tratada luego es depositada en los tanques de reserva de los cuales se usa a medida que se necesite. Este proceso requiere de mucha electricidad y agua adecuada, ya que para producir un galón de agua destilada de buena calidad se necesitan muchos galones de agua antes del tratamiento.

La destilación se utiliza regularmente en los casos en los que grandes cantidades de minerales deben ser removidos del agua para reducir su dureza y así mejorar su sabor.

Algunas personas toman periódicamente agua libre de minerales por dietas especiales como las que se requieren para la disolución de piedras en los riñones. Sin embargo, el agua libre de minerales va en detrimento de la salud de los huesos, dientes, y tejidos, si es tomada por largos períodos de tiempo. Esta agua muy blanda se le da el nombre de agresiva por la EPA (*Environmental Protection Agency*) por su habilidad de absorber minerales, metales u otros materiales que estén en contacto con ella.

Otros problemas de la destilación son los siguientes:

- **Mantenimiento:** Las unidades de destilación Figura # 3 requieren mantenimiento periódico y extensivo, el cual regularmente sólo puede ser efectuado por los fabricantes de las unidades.

- Tanques de reserva: Todas las destiladoras necesitan un tanque de reserva para almacenar el agua procesada, invitando así posible recontaminación y crecimiento de bacteria en el tanque.
- Purificación incompleta: La destilación no es totalmente efectiva removiendo algunas impurezas ya que éstas se condensan nuevamente con el agua. Por esto, la unidad de destilación es combinada regularmente con un filtro de carbón activado para remover químicos que se escapan del proceso de destilación.
- Contaminación ambiental: En algunos casos, destiladoras envían contaminadores evaporados al aire que rodea a la unidad.
- Inconveniencia: La mayoría de las destiladoras son procesos muy lentos ya que se tiene que hervir el agua y posteriormente condensarla para así obtener el agua destilada

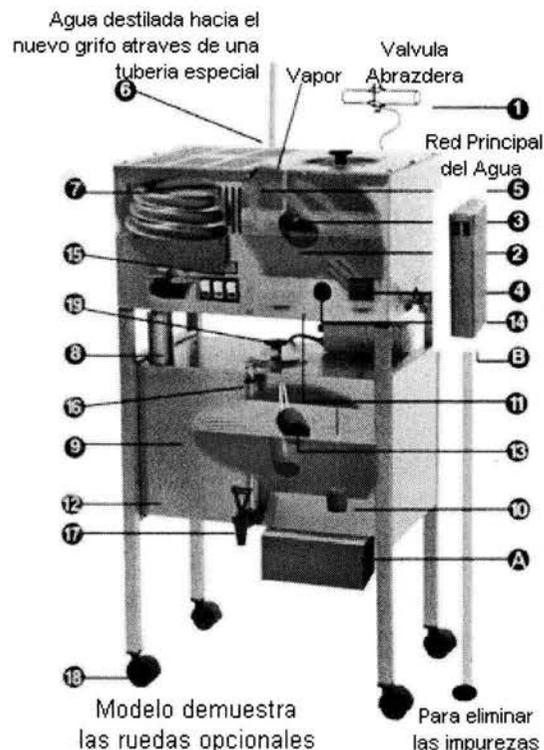


Figura # 3 Destilador para agua

Descripción del destilador para agua de la figura # 3

Red principal de agua (1) conéctelo en la corriente general de la casa. Su aparato hará que pase agua automáticamente al tanque de ebullición (2). Un sistema flotante de encendido y apagado (3) alarga la vida de la pieza de calentamiento (4). Cuando el agua hierve, el vapor sube, dejando abajo todo tipo de contaminantes. El vapor se mueve a través de un sistema exclusivo de doble deflector (5) y todos los gases volátiles se expulsan a través de una válvula de seguridad (6). El vapor condensa en los serpentines del ventilador (7) y el agua destilada pasa a través del carbón de coco (8). A continuación el agua purificada se guarda en un depósito de almacenamiento (9).

Equipo de Bomba Opcional, con fusibles protegidos y con Certificado de Seguridad. El control automático de cierre de la bomba (10) evita que la bomba se quemé, en el caso de que se termine el agua del depósito de almacenamiento. El sistema de nivel alto de corriente con presión interior lavará agua a un grifo accesorio en la fregadera de su cocina, si así lo desea, a la máquina del frigorífico de hacer hielo, a un dispensador de agua o al horno humedecedor.

Este equipo fue diseñado con un tanque de ebullición en forma de "V" y con el fondo inclinado (11) para facilitar el desagüe cuando éste se limpie. Para reducir los gastos de mantenimiento usted puede conectar a su aparato el Auto-desagüe Electrónico Opcional (B). Para mantener la pureza del agua destilada, los depósitos que se quedan atrás en el tanque de ebullición son expulsados cada 24 horas de destilación. Si su agua está muy contaminada usted puede simplemente programar su circuito de forma que desagüe cada 5 ó 12 horas. Esto reduce la limpieza a sólo una o dos veces al año (dependiendo de la calidad del agua de su zona).

Está fabricado en acero inoxidable quirúrgico (12). Una de sus muchas innovaciones es su sistema exclusivo de ahorro de energía (13) que le permite utilizar hasta una tercera parte del agua destilada guardada en el depósito de almacenamiento sin poner el aparato en funcionamiento - resultando en el costo de funcionamiento un 25% más bajo! Un sistema de seguridad (14) incorporado desconecta automáticamente el destilador si éste se sobrecalentara. Otras características que ofrece son: los interruptores iluminados (15), indicador visible del nivel de agua destilada (16), grifo del depósito de almacenamiento (17) y ruedas (18) para mover fácilmente el aparato.



Figura # 4 Equipo destilador industrial hasta 200 l/día

2.1.3 Luz Ultravioleta

El sistema de luz ultravioleta utiliza la capacidad de este segmento del espectro de luz para eliminar bacterias, algunas algas y algunos protozoos que se encuentran regularmente en el agua. Usualmente, estos sistemas son combinados con CAG si se busca una purificación más completa.

Algunos de los problemas que presenta la tecnología de luz ultravioleta son los siguientes:

- Purificación incompleta: Partículas en el agua como tierra, hojas, etc. pueden obstaculizar el paso de la luz ultravioleta y así prevenir que el proceso de desinfección no recaiga sobre toda bacteria, y por lo tanto, algunas escapan con el agua "purificada".
- Falta de desinfección posterior: El proceso es eficiente sólo en el punto donde se aplica la luz ultravioleta; cualquier contaminación posterior (por ejemplo, en la tubería) es recogida por el agua en su curso.
- Aplicación limitada: Sistemas de luz ultravioleta son efectivos solamente para bacterias; no causa efecto sobre giardia, criptosporidio, químicos, y otras impurezas nocivas.

La figura # 5 muestra un sistema a base de Luz ultravioleta como elemento para la eliminación de microorganismos

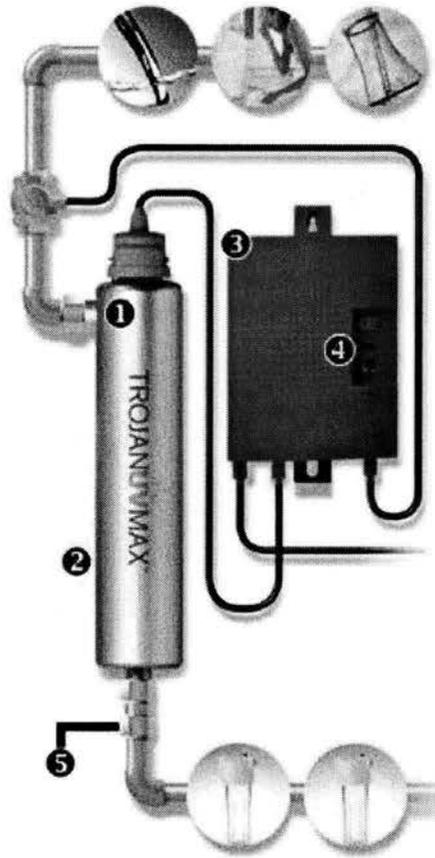


Figura # 5 Sistemas por Desinfección Ultravioleta

Características y Ventajas

1. Las lámparas UV de alta potencia

La radiación UV se genera por lámparas de baja presión y alta potencia completamente nuevas en el mercado de tratamiento de aguas residenciales y comerciales. Estas lámparas proporcionan mayor intensidad de luz UV permitiendo tratar mayores caudales con unidades más eficientes y compactas.

2. El diseño exclusivo de la cámara

El diseño de la cámara optimiza el rendimiento hidráulico y aumenta la eficacia de la desinfección. Gracias a su diseño por ordenador y

contrastado mediante bioensayos, la cámara maximiza la exposición del agua a la luz penetrante.

3. La nueva tecnología de la fuente de alimentación

La fuente de alimentación permiten ofrecer flexibilidad en una amplia gama de voltajes (90-265V). Además, soporta fluctuaciones de voltaje que la mayoría de las fuentes no toleran, a la vez de mantener la intensidad de las lámparas asegurando la desinfección continua.

4. El equipo recuerda el reemplazo de las lámparas

Para saber cuándo tienen que ser sustituidas las lámparas (una vez al año), los equipos incorporan señales visuales y de sonido, asimismo, en todo momento, el panel mostrará los meses de funcionamiento de la lámpara y si detectara algún fallo emitiría una señal de alarma.

5. Regulador de flujo (opcional)

A una velocidad que no exceda las especificaciones de sistema. Un regulador de flujo opcional asegura la desinfección más eficaz y más segura de su agua, limitando el flujo.

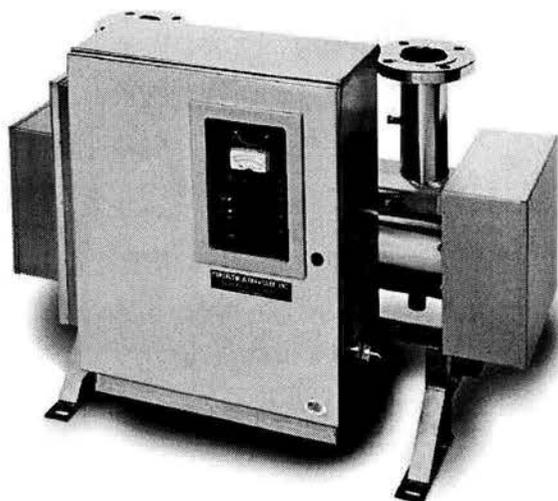


Figura # 6 Equipo de Luz ultravioleta hasta 230 m³/hr

2.1.4 Ozonificación.

Las unidades de ozonificación (Figura # 8) súper-oxigenan el agua y eliminan bacterias si se utiliza el tiempo de contacto adecuado. Este proceso es efectivo únicamente con bacteria y debe ser combinado con CAG para obtener una purificación más completa. Otro inconveniente que presenta este sistema es que el agua ozonada puede contener productos secundarios en grandes cantidades como formaldehído y algunos tipos de acetonas. Algunos de estos productos secundarios permiten también el crecimiento de bacteria en las tuberías, lo que contribuye a la re-infección posterior del agua tratada.



Figura # 7 Generador de ozono

Ozono, es un agente que realiza una acción oxidante de tal magnitud que no deja posibilidades de la presencia de agentes nocivos para la salud.

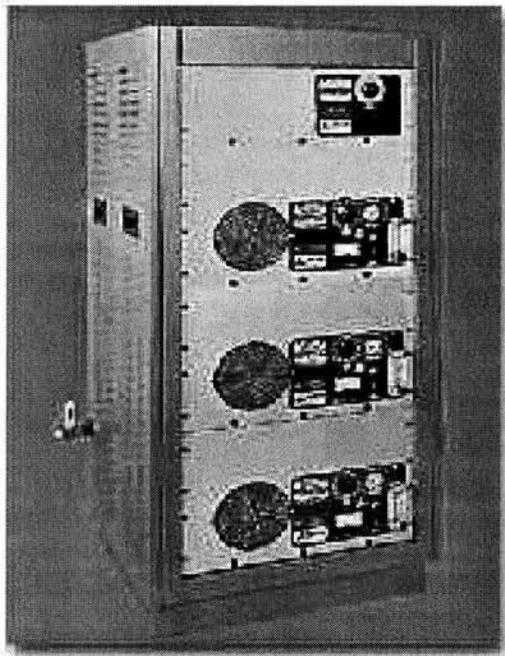


Figura # 8 Sistema modular de generadores de Ozono para potabilización del agua.

El Ozono se utiliza para la desinfección de agua ya que descompone agresivamente a los organismos vivos sin dejar residuos químicos que puedan afectar la salud o el sabor del agua.

El Ozono se genera a partir del aire u oxígeno aplicando una descarga de alto voltaje para convertir parte del oxígeno (O_2) a Ozono (O_3). El gas "ozonizado" se mezcla con el agua para disolverse. La desinfección más eficiente se logra con 0.4 mg/l sostenido por 4 minutos, es decir un CT (Concentración en mg/l por Tiempo en minutos) de 1.6. La cantidad de ozono requerido para alcanzar estos valores de CT depende de la temperatura del agua, del pH, de la demanda inicial de ozono y el sistema de contacto. Por lo regular, esta cantidad suele ser entre 1 y 2 mg/l de dosificación de ozono al agua.

Los generadores consisten en tubos dieléctricos por los que se hace pasar oxígeno, éste recibe una descarga eléctrica constante (llamado efecto corona) y que se ha generado en un transformador. Este hecho provoca la

transformación de la molécula de oxígeno (O_2) proveniente del aire, en una molécula de ozono (O_3). Este gas (Ozono) es succionado por un sistema venturi y es mezclado con el agua que va a ser tratada.

De manera general se puede decir que el ozono tiene las siguientes ventajas:

- Eliminación del color, olor y sabor del agua.
- Reducción de la turbiedad, contenido en sólidos en suspensión y de las demandas químicas (DQO) y biológicas del oxígeno (DBO).

2.1.5 Cloración.

El uso experimental del cloro empezó en la década de 1890 para combatir enfermedades transmitidas a través del agua como el cólera y la tifoidea. El uso del cloro ganó una gran popularidad por su bajo costo y su alta eficiencia en eliminar todos los contaminadores presentes en el agua.

Antes de iniciar el proceso, el agua es almacenada en una cisterna y es clorada con Hipoclorito de Sodio al 5%. El cloro elimina la mayor parte de las bacterias, hongos, virus, esporas y algas presentes en el agua. No se necesita añadir mucho cloro, una concentración de 0,5 ppm es suficiente para destruir bacterias e inactivar el virus, después de un tiempo de reacción mínimo de 30 minutos. La concentración de cloro es verificada por análisis por el método de Ortolidina, que consiste en aplicar ortolidina al agua con cloro en un tubo de ensaye y se compara el color del agua contra una grafica con diferentes colores, y cada uno de ellos corresponde a cierta cantidad de cloro.

Por otro lado, el cloro reacciona con materias orgánicas que pueden presentarse en el agua, y crear una familia de compuestos llamados

Trihalometanos,⁸ que son altamente venenosos.

•Cloramina⁹

En casos en los que el nivel de cloro está en su máximo aceptable pero aún se necesita desinfección adicional, algunas municipalidades grandes han optado por agregar un compuesto de cloruro y amoníaco, conocido comercialmente con el nombre de cloramina. Este compuesto se presenta como "totalmente seguro", pero se agrega la advertencia de no dar agua tratada con cloramina a animales o usarla en peceras (está comprobado que mata a los peces), por lo tanto, el conflicto de si la cloramina es segura para beber por humanos ó no, aún no está claro.

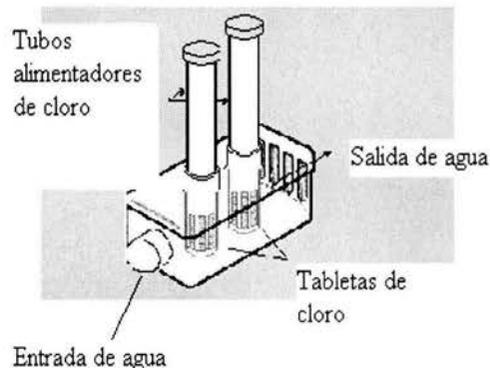


Figura # 9 Sistema de aplicación de Cloro

⁸ Trihalometanos

Derivados del metano, CH₄, en los cuales tres átomos de hidrógeno son reemplazados por tres átomos halógenos (cloro, bromo o yodo).

Pueden ser cancerígenos.

⁹ Cloramina

Compuesto de nitrógeno orgánico o inorgánico y cloro.

En figura # 9 se muestra una de las formas tradicionales de alimentación de cloro.

1.- Aplicación de cloro o compuestos de cloro al agua o al agua residual, generalmente con fines de desinfección, pero también para oxidación química y control de olores.

2.- La cloración es una forma de desinfección, es decir, de eliminación de los organismos patógenos. El cloro, o el agente desinfectante, penetra en las células de los microorganismos y reacciona con sus enzimas, destruyéndolas.

Las enzimas son un complejo de proteínas funcionando como catalizadores orgánicos en reacciones químicas de los microorganismos. Como son esenciales a los procesos metabólicos de las células vivas, estas, sin la acción de las enzimas, mueren.

3.- Aplicación de cloro o compuestos de cloro al agua residual para desinfección y en algunos casos para oxidación química o control de olores.

2.1.6 Ósmosis Inversa

La ósmosis permite que una célula viva seleccione solamente los minerales necesarios para mantener su existencia, al mismo tiempo que rechaza los minerales que pueden ser dañinos.

El sistema de Ósmosis Inversa trabaja de manera similar. Utiliza una membrana de 0.0000001 micras semi-permeable hecha por la *Eastman Kodak Company* (E.E.U.U.) que es capaz de cambiar agua común en la más sabrosa y saludable agua para beber.

Para este tipo de sistemas es muy importante considerar que el agua debe ser neutra es decir ni ácida ni alcalina, es importante considerar bombas dosificadoras de sustancias químicas ver figura # 12 como ácido sulfúrico y sosa cáustica para mantener el control sobre el pH del agua para evitar que las membranas sean afectadas. Este sistema debe de tener un controlador de pH para que cualquier variación (rango permitido pH de 6-8) hacia la parte ácida sea neutralizada con sosa o hacia la parte alcalina sea neutralizada por el ácido.

El agua pasa por un pre-filtro de 5 micras para remover sustancias suspendidas. Seguido, el agua es forzada a través de la membrana semi-permeable ver figura # 10 en la que las moléculas de agua son separadas de impurezas y contaminantes, incluyendo bacteria y virus. Estas impurezas son automáticamente desechadas por el desagüe del sistema de drenaje. La última etapa utiliza carbón activado granulado para remover olores, gases disueltos y productos secundarios de cloro como trihalometanos y cloramina.

Este proceso es el mayor crecimiento en el mercado, se utiliza incluso para purificar agua de mar, el hacer el proceso tiene ventaja de que el agua queda pura casi en un 100%, por lo que la hace apta para ser embotellada, ya que queda como agua ligera, libro de sodio, etc. Con esta agua se puede exportar a cualquier parte del mundo.

Algunos factores a considerar son que trabaja con alta presión ver figura # 13 el gasto de energía eléctrica es un factor a considerar y desperdicia agua, pero tiene además un importante mercado en procesos industriales, laboratorios, industria farmacéutica, fábricas de hielo, tintorerías, etc.

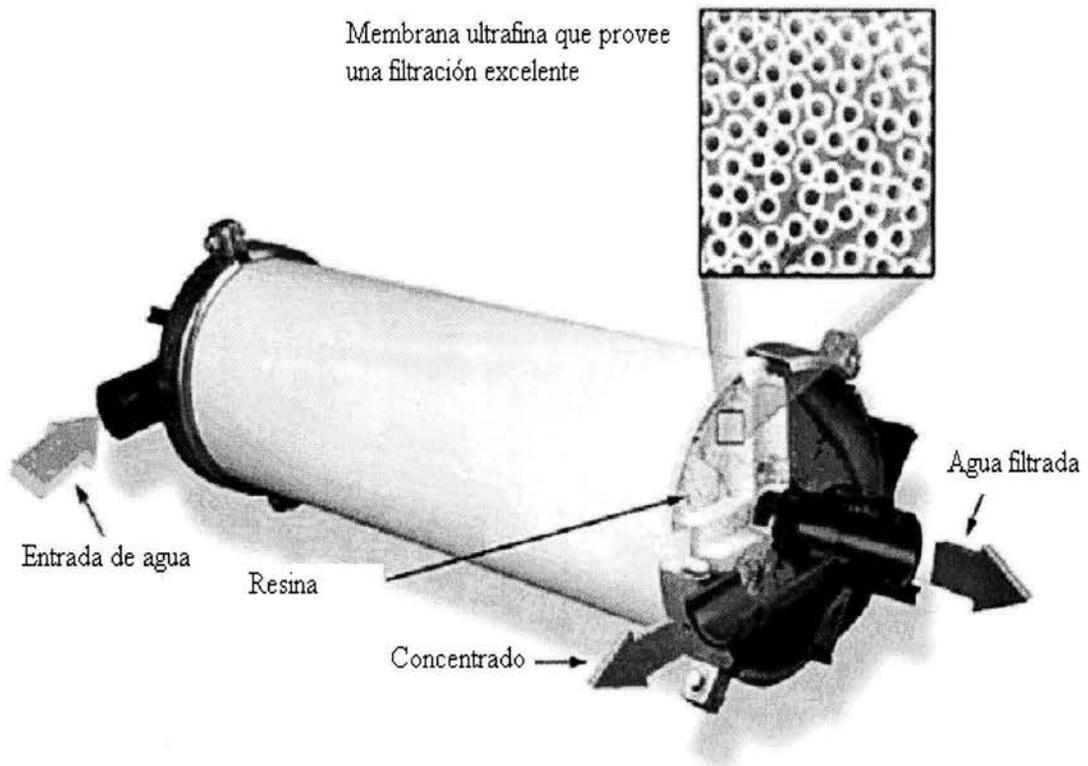


Figura # 10 Filtro de Osmosis inversa

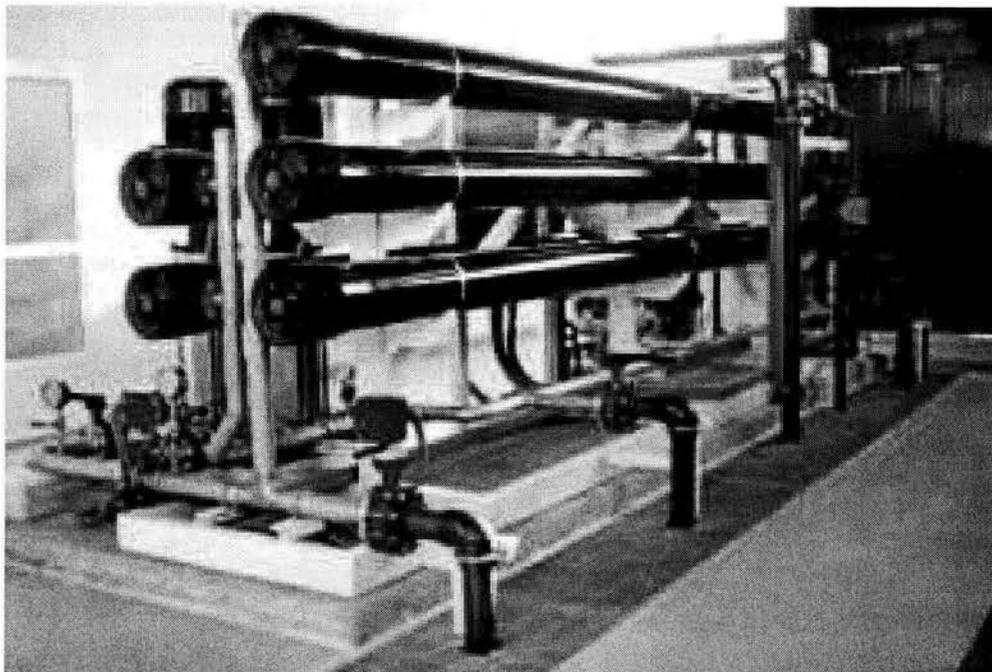


Figura # 11 Sistema de filtrado de Osmosis Inversa

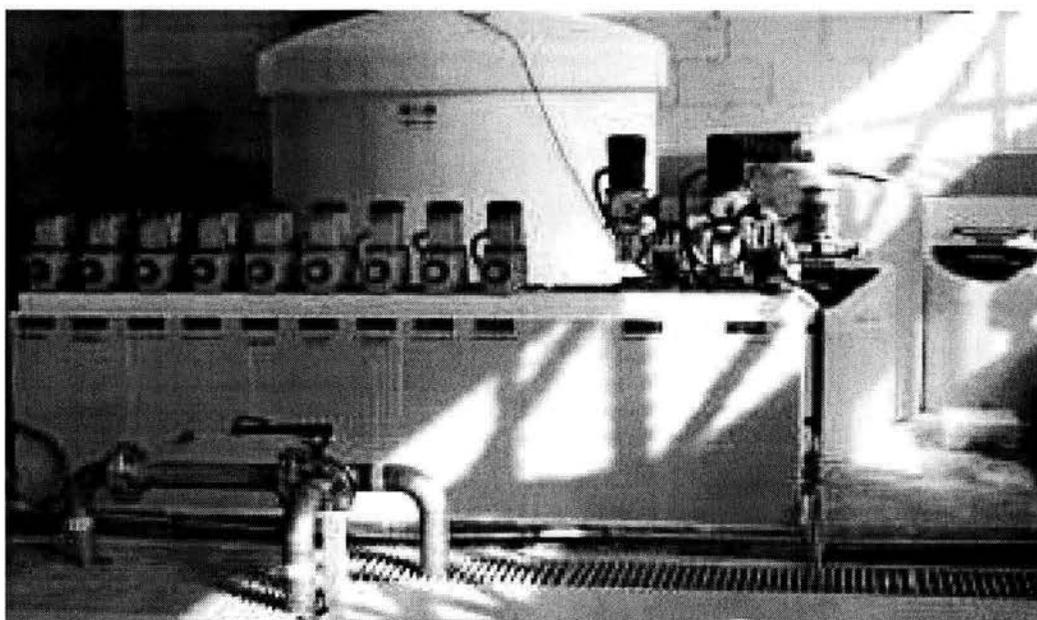


Figura # 12 Dosificación de químicos para un sistema de filtración de Osmosis inversa

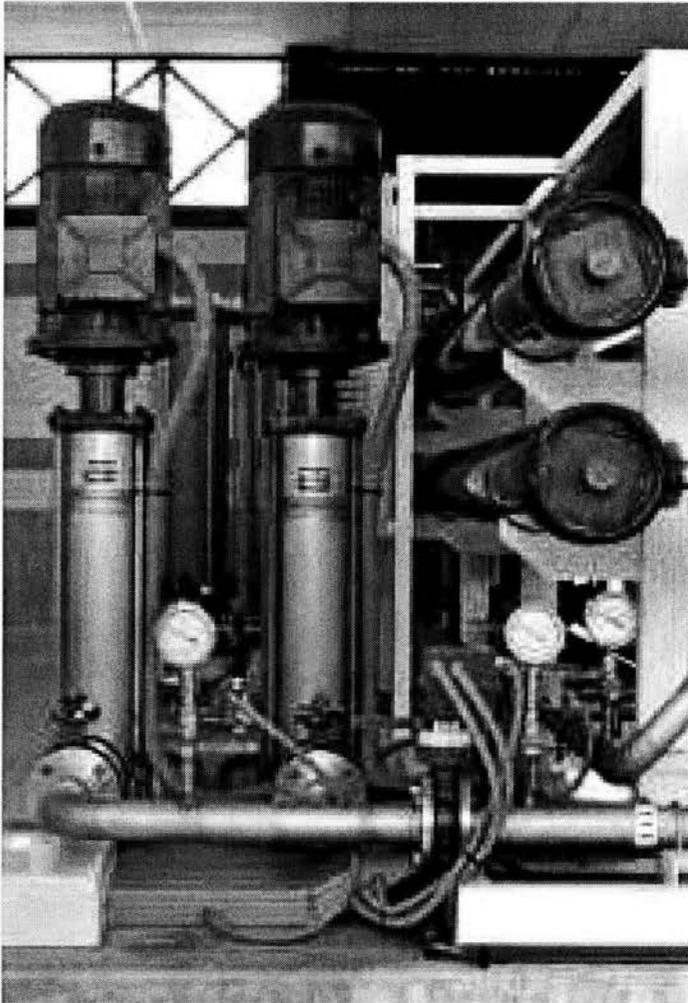


Figura # 13 Sistema de bombeo para suministrar agua a presión para el conjunto de membranas

Análisis de los sistemas de potabilización mostrados en este capítulo

El análisis de los diferentes sistemas de purificación en la siguiente tabla comparativa nos ayudará a determinar cual método es el adecuado.

Estos sistemas se pueden clasificar en dos grupos, los que requieren Osmosis inversa y los que no lo requieren.

Hay casos donde el agua solo presenta una dureza alta y los sólidos totales se encuentran dentro de los límites y solo un suavizador es necesario. En el caso donde los sólidos totales disueltos sean altos se requiere de osmosis inversa.

La siguiente tabla muestra los diferentes métodos de potabilización del agua con sus ventajas y desventajas

Método	Ventajas	Desventajas
Carbón Activado Granular	Buen absorbente de impurezas y químicos. Presente en todos los sistemas de purificación	Canalización es una vía de escape de virus y bacterias. Acumulación que se presenta por falta de mantenimiento
Destilación	Destruye la mayoría de los microorganismos	Muy costoso por el calentamiento y desperdicia mucha agua
Luz ultravioleta	Destruye la mayoría de los microorganismos	Obstrucción por tierra e impurezas al paso de la luz
Ozonificación	Oxigenación muy buena para destruir bacterias	Requiere de tiempo de contacto, puede contener acetonas y formaldehídos
Cloración	Destruye la mayoría de los microorganismos	Sabor residual a cloro
Osmosis inversa	Destruye la mayoría de los microorganismos	Inversión muy alta, costos de operación elevados, (alto consumo de energía eléctrica), gran consumo de agua

Tabla # 5 Tabla Técnica comparativa de los diferentes métodos de potabilización

Capítulo 3 Diseño de la planta de potabilización de agua para una industria procesadora de botanas

3.1 Requisitos para el diseño de la planta

Para determinar el diseño de la planta se requiere el análisis de los siguientes puntos:

- 1- Identificar la(s) fuente(s) de suministro de agua (agua cruda).
- 2- Analizar la naturaleza y cantidad de contaminantes en el agua cruda.
- 3- Determinar los parámetros de calidad requeridos para el agua.
- 4- Determinar la cantidad de agua necesaria. (capacidad de producción)
- 5- Evaluar las tecnologías que se tienen como alternativas en la purificación del agua.
- 6- Diseñar el mejor sistema que provea de la cantidad requerida de agua en el nivel apropiado de pureza (calidad del producto) considerando el factor económico.

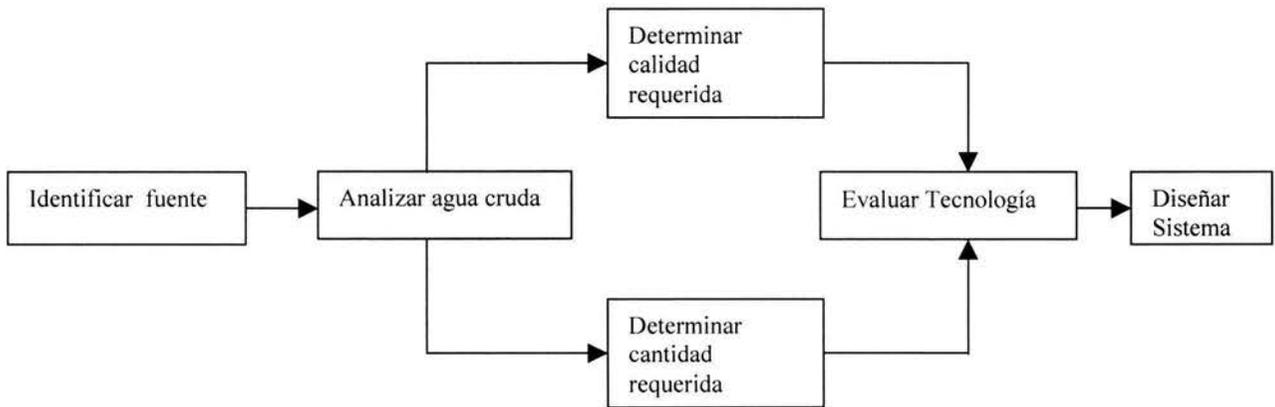


Figura # 14 Requerimientos para el diseño del sistema de procesamiento de agua

Identificar las fuentes existentes de suministro de agua

Existen dos tipos:

- Natural que puede ser de un río, de un lago o de pozos profundos
- Artificiales como del municipio que normalmente se suministra por tubería de concreto, acero, PVC; de Servicios Urbanos e industriales que pueden ser suministrados por contenedores de ferrocarril, carros tanque etc. Las de servicios urbanos también pueden ser potables o sin tratar.

En este proyecto de ingeniería se diseña una planta de tratamiento de agua potable para la industria alimenticia donde se pretende dejar este vital liquido para procesos de planta donde el agua es parte de los insumos o materia prima, (dentro de parámetros establecidos por la(NOM-127-SSA1-1994) Esta planta se ha diseñado tomando en cuenta la calidad del agua y su procedencia que es de mantos acuíferos a una profundidad de 180 m y también de un nacimiento al pie de una montaña o manto superficial para casos de extrema urgencia.

El agua en esta zona es de buena calidad en términos generales, sin embargo, para asegurar el suministro con la calidad requerida, se debe de tratar para que llegue en condiciones de ser utilizada para el consumo humano.

No. de Muestra: 407711

Identificación: Agua de pozo

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	L.D.	L.C.
NMPC Fecales	NMP/100ml	N.D.	NMX-AA-042-1987	3*	N.A.
NMPC Totales	NMP/100ml	N.D.	NMX-AA-042-1987	3*	N.A.
Nitritos	mg/L	N.D.	NMX-AA-099-1987	0,002	0,01
Cianuros	mg/L	N.D.	NMX-AA-058-SCFI-2001	0,01	0,05
S. Disueltos Totales	mg/L	490 ± 29	NMX-AA-034-SCFI-2001	1,00*	N.A.
Dureza Total	mg/L	80 ± 2	NMX-AA-072-SCFI-2001	2,00*	N.A.
Fenoles	mg/L	N.D.	NMX-AA-050-SCFI-2001	0,01	0,02
Nitratos	mg/L	11,51 ± 1,77	NMX-AA-082-SCFI-1986	0,03	0,2
SAAM	mg/L	N.D.	NMX-AA-039-SCFI-2001	0,2	0,5
Fluoruros	mg/L	0,2 ± 0,03	NMX-AA-077-SCFI-2001	0,1	0,2
Cloruros	mg/L	2450 ± 67	NMX-AA-073-SCFI-2001	1,00*	N.A.
Sulfatos	mg/L	49 ± 9	NMX-AA-074-1981	1	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0,3 ± 0,03	NMX-AA-026-SCFI-2001	0,3*	N.A.
Color	UPt-Co	5 a pH=6,65	NMX-AA-045-SCFI-2001	N.A.	N.A.
Olor	N.A.	Agradable	NMX-AA-127-SSA1/94	N.A.	N.A.
Sabor	N.A.	Agradable	NMX-AA-127-SSA1/94	N.A.	N.A.
Yodo libre residual	mg/L	0,059 ± 0,0002	Standard Methods 20 th Edition-4500 I-1998	0,004	0,01
Turbidez	UTN	0,8 ± 0,1	NMX-AA-038-SCFI-2001	0,2	1
Fierro	mg/L	N.D.	EPA 6010B	0,02	0,1
Cromo Total	mg/L	N.D.	EPA 6010B	0,01	0,1
Cobre	mg/L	N.D.	NMX-AA-051-SCFI-2001	0,1	1,0
Zinc	mg/L	N.D.	EPA 6010B	0,3	2,0
Manganeso	mg/L	N.D.	EPA 6010B	0,006	0,05
Cadmio	mg/L	N.D.	EPA 6010B	0,002	0,01
Bario	mg/L	0,01 ± 0,002	EPA 6010B	0,01	0,1
Arsénico	mg/L	N.D.	EPA 6010B	0,01	0,02
Aluminio	mg/L	N.D.	EPA 6010B	0,004	0,01
Mercurio	mg/L	N.D.	NOM-117-SSA1/94	0,0002	0,001
Sodio	mg/L	50,3 ± 4,4	EPA 7770	0,2	1,0
Plomo	mg/L	N.D.	NMX-AA-051-SCFI-2001	0,01	0,1

No. de Muestra: 407711

Identificación: Agua de pozo

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	L.D.	L.C.
Benceno	µg/L	N.D.	EPA 8260B	1,0	5,0
Tolueno	µg/L	N.D.	EPA 8260B	1,0	5,0
Etilbenceno	µg/L	N.D.	EPA 8260B	0,6	5,0
Xileno	µg/L	N.D.	EPA 8260B	0,6	5,0

No. de Muestra: 407711

Identificación: Agua de pozo

Determinación: Trihalometanos

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	L.D.	L.C.
Bromoformo	mg/L	N.D.	EPA 8260B	0,003	0,02
Diclorobromometano	mg/L	N.D.	EPA 8260B	0,004	0,01
Dibromoclorometano	mg/L	N.D.	EPA 8260B	0,001	0,01
Cloroformo	mg/L	0,0080 ± 0,0001	EPA 8260B	0,0002	0,002

No. de Muestra: 407711

Identificación: Agua de pozo

Determinación: Plaguicidas y Herbicidas

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	L.D.	L.C.
Aldrin	µg/L	N.D.	EPA 8270C	0,01	0,03
Dieldrin	µg/L	N.D.	EPA 8270C	0,01	0,03
Hexaclorobenceno	µg/L	N.D.	EPA 8270C	0,50	1,00
Lindano	µg/L	N.D.	EPA 8270C	0,50	1,00
Heptacloro	µg/L	N.D.	EPA 8270C	0,01	0,05
Heptacloro epóxido	µg/L	N.D.	EPA 8270C	0,01	0,05
Clordano	µg/L	N.D.	EPA 8270C	0,08	0,10
Metoxicloro	µg/L	N.D.	EPA 8270C	5,00	20
Acido 2,4-Diclorofenoxiacético	µg/L	N.D.	EPA 8270C	20,00	30,00
DDT	µg/L	N.D.	EPA 8270C	0,50	1,00

Tabla # 6 Parámetros del agua de entrada. Análisis Físico Químico Abastecimiento de agua de Pozo

Muestra: Agua de Cisterna, Punto de muestreo: Válvula

Hora de muestreo: 13:25.

Fecha de Ingreso: Abril 28, 2004

Clave de Identificación: 2085-MV

Tipo de Análisis: Físicoquímico

" Estos Resultados Corresponden Únicamente a la Muestra Analizada "

Determinación	Resultados	Unidades	Referencia
Cianuros (como CN ⁻)	<0,03	mg/L	NMX-AA-058-SCFI-2001
Cloro Residual Libre	<0,02	mg/L	NMX-AA-108-SCFI-1997
Cloruros (como Cl ⁻)	5,20	mg/L	NMX-AA-073-SCFI-2001
Color	<10	u.c.Pt-Co	NMX-AA-045-SCFI-2001
Dureza Total (como CaCO ₃)	128,53	mg/L	NMX-AA-072-SCFI-2001
Fenoles o compuesto fenólicos	<0,0005	mg/L	NMX-AA-050-SCFI-1997
Fluoruros (como F ⁻)	0,29	mg/L	Método HACH 8029
Nitratos (como N)	0,3	mg/L	Método HACH 8171
Nitritos (como N)	<0,001	mg/L	Método HACH 8507
Nitrogeno Amoniacal (como N)	<0,05	mg/L	NMX-AA-026-SCFI-2001
Olor	Inodoro	-----	-----
pH	7,38	u. pH	NMX-AA-008-SCFI-2001
Solidos Disueltos Totales	232	mg/L	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sulfatos (como SO ₄ ⁼)	10,75	mg/L	NMX-AA-007-SCFI-1997
Sustancias Activas al Azul de Metileno	<0,13	mg/L	NMX-AA-039-SCFI-2001
Turbiedad	Cero	UTN	NMX-AA-038-SCFI-1999

Observaciones: mg/L unidad internacional equivalente a p.p.m.

Abreviaturas: Los Resultados Marcados como "<", Indican que la Concentración es "Menor de", Lo cual señala el limite de cuantificación del Método (LCM) utilizado para el Análisis.

Determinación	Resultados	Unidades	Referencia
2,4 - D	< 0,04	ug/L	EPA METHOD 608
Aldrin	< 0,01	ug/L	EPA METHOD 608
Clordano (Total de isómeros)	< 0,02	ug/L	EPA METHOD 608
DDT (Total de isómeros)	< 0,02	ug/L	EPA METHOD 608
Dieldrin	< 0,01	ug/L	EPA METHOD 608
Gamma-HCH (Lindano)	< 0,01	ug/L	EPA METHOD 608
Hepta y epóxido de heptacloro	< 0,01	ug/L	EPA METHOD 608
Hexaclorobenceno	< 0,01	ug/L	EPA METHOD 608
Metoxicloro	< 0,01	ug/L	EPA METHOD 608
Trihalometanos totales	< 0,03	mg/L	EPA METHOD 608

Determinación	Resultados	Unidades	Referencia
Aluminio	< 0,00737	mg/l	NOM-117-SSA1-1994
Arsénico	< 0,00190	mg/l	NOM-117-SSA1-1994
Bario	< 0,06246	mg/L	NOM-117-SSA1-1994
Cadmio	< 0,00190	mg/l	NOM-117-SSA1-1994
Cobre	< 0,09984	mg/l	NOM-117-SSA1-1994
Cromo Total	< 0,00890	mg/l	NOM-117-SSA1-1994
Hierro	< 0,07170	mg/l	NOM-117-SSA1-1994
Manganeso	< 0,05000	mg/l	NOM-117-SSA1-1994
Mercurio	< 0,00031	mg/l	NOM-117-SSA1-1994
Plomo	< 0,00381	mg/l	NOM-117-SSA1-1994
Sodio	10,7371	mg/l	NOM-117-SSA1-1994
Zinc	< 0,11812	mg/l	NOM-117-SSA1-1994

Tabla # 7 Agua dentro de los parámetros requeridos Análisis Físico Químico

Existen dos formas de abasto de agua a la planta:

a.- Agua de pozos 1 y 2, Existen dos pozos de agua de 180 m de profundidad capaz de proporcionar 46 LPS c/u que va directo al tanque de mezclado.

b.- Agua superficial.- Existe un nacimiento de agua al pie de una montaña, (Ojo de Agua), esta se transporta hasta la planta a través de un tubo con un flujo aproximado de 35 LPS hasta el tanque de mezclado utilizada solo en casos de emergencia.

Las dos fuentes de abasto llegan a un tanque, (Tanque de homogenización) donde se mezclan las aguas a tratar

3.2 Objetivos Planteados

a) Seleccionar el mejor sistema de purificación del agua tomando en cuenta los afluentes de acuerdo con los resultados obtenidos de los análisis para obtener agua con la calidad deseada.

b) Determinar el criterio de selección del método de potabilización, la selección de este sistema deberá considerar el aspecto técnico que cumpla con las especificaciones de la norma del agua y también el aspecto económico que también es un parámetro importante en la selección.

3.2.1 Descripción de los equipos que consumen agua en la planta

Esta planta cuenta con dos calderas de 23,000 kg de vapor por hora con un retorno de condensados del 60% al tanque de alta presión. Estas calderas trabajan alternadamente y suministran vapor de 25 kg/cm² de presión a:

2 Freidores con una capacidad de producción de 2,500 kg de papa por hora que utilizan un intercambiador de calor por freidor para calentar el aceite con el que se frien las papas con un consumo de 7500 kg de vapor por hora

1 Freidor con una capacidad de producción de 1500 kg. de frituras de maíz con un consumo de vapor de 3000 kg de vapor por hora

1 Sistema de cocimiento de maíz donde es cocinado en marmitas de vapor de 1000 kg con un consumo de 500 kg. de vapor por hora.

No. De Líneas	Tipo de producto	Capacidad en kg/hr. Por línea	Consumo de Vapor kg/hr.	Otros consumos m ³ /hr.
2	Papa	2,500	7,500 c/u	53 c/u
1	Tortilla	1,500	3,000	20.4 c/u
1	Tortilla	3,000	6,000	30
2	Cocimiento de maíz	1,500	1500	10.3
1	Sistema de Limpieza		500	1
2	Futuro		6,500	
Consumo de Agua			40,500	208.2

Tabla # 8 Procesos productivos y consumos de agua

Cálculo de consumo de agua por intercambiadores de calor con un retorno de condensados del 60%.

Total de consumo de vapor = 40,500 kg./hr X 40% de uso = 16,200 kg/hr

Si consideramos que 1kg de vapor = 1kg de agua = 1Litro

Total de consumo de agua (vapor) en intercambiadores de calor 12,400 l/hr

Equivalentes a 12.4 m³ /hr

A continuación se describe la columna de otros consumos de agua en m^3/hr de la Tabla # 8

Líneas de papa con un consumo de agua en:

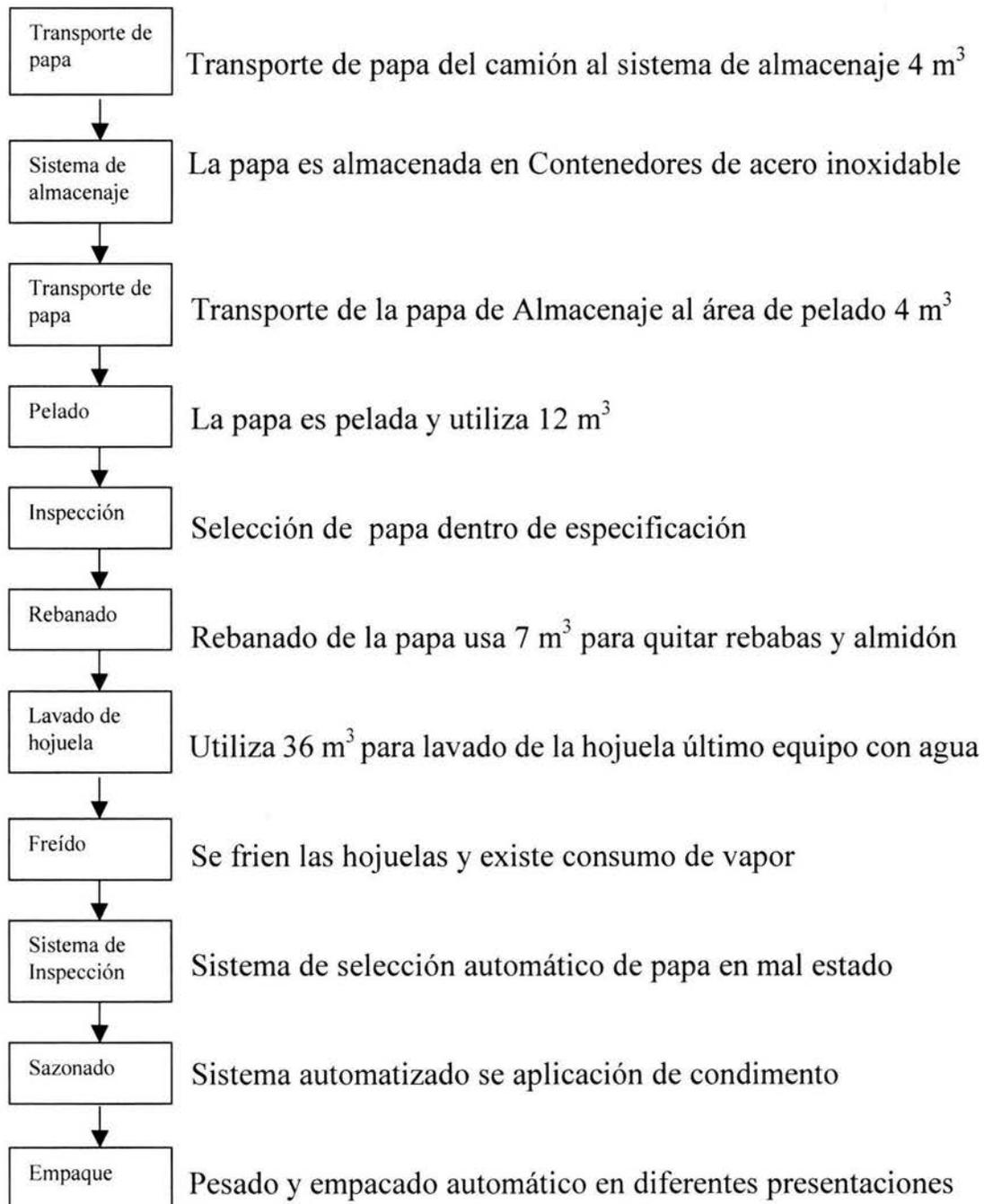


Figura # 15 Diagrama de flujo de una línea de papa

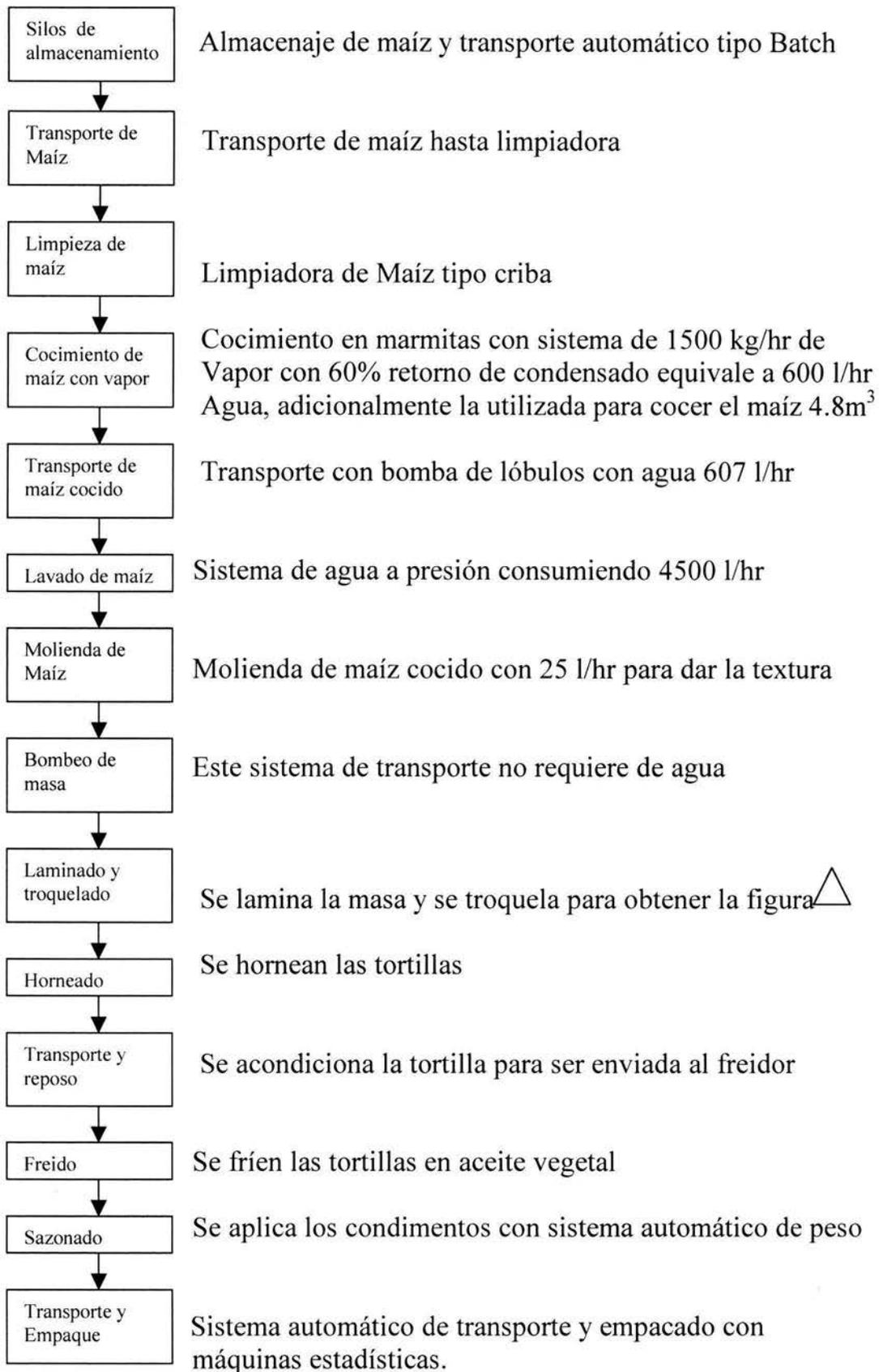


Figura # 16 diagrama de flujo de una línea de tortilla.

1 sistema de limpieza de agua caliente CIP con un consumo de 200 l/hr producto de vapor condensado que se desperdicia por evaporación y 4 total de agua de 4.2 m³ por hora.

3.3 Características del proyecto.

Este proyecto consta de varias etapas

a).- Suministro de Agua.- Se escogieron las dos fuentes existentes en la región, agua de pozo profundo y agua superficial de los mantos que nacen al pie de la montaña y deshielos del Pico de Orizaba.

Método	Inversión	Costos de operación \$/m ³
Carbón Activado Granular	\$170, 000.00 Dls	\$0.50
Destilación	NA	
Luz ultravioleta	\$ 80,000.00 Dls	\$0.20
Ozonificación	\$ 20,000.00 Dls	\$0.20
Cloración	\$ 10,000.00 Dls	\$0.23
Osmosis inversa	\$800,000.00 Dls	\$1.20

Tabla # 9 Tabla comparativa económica

Alternativas.

La compra de agua purificada en tanques cisterna con un costo de \$150.00 m³

b).- El sistema de purificación del agua seleccionado es el de aplicación de cloro, el cual nos asegura que tendremos agua libre de microorganismos patógenos (bacterias, hongos, virus, esporas, y algas presentes en el agua). No se requiere añadir mucho cloro, una concentración de 5 ppm es suficiente para destruir bacterias e inactivar el virus, después de un tiempo de 30 minutos. (Ver figura # 17)

El criterio usado para la selección del equipo es

- 1).- Que cumpla con la norma NOM-127-SSA1-1994 Agua para uso y consumo humano.
- 2).- Inversión económica y bajo costo de operación y mantenimiento ver tabla # 9
- 3).- Que ofrezca seguridad en el cumplimiento de la norma y parámetros ver tabla # 5

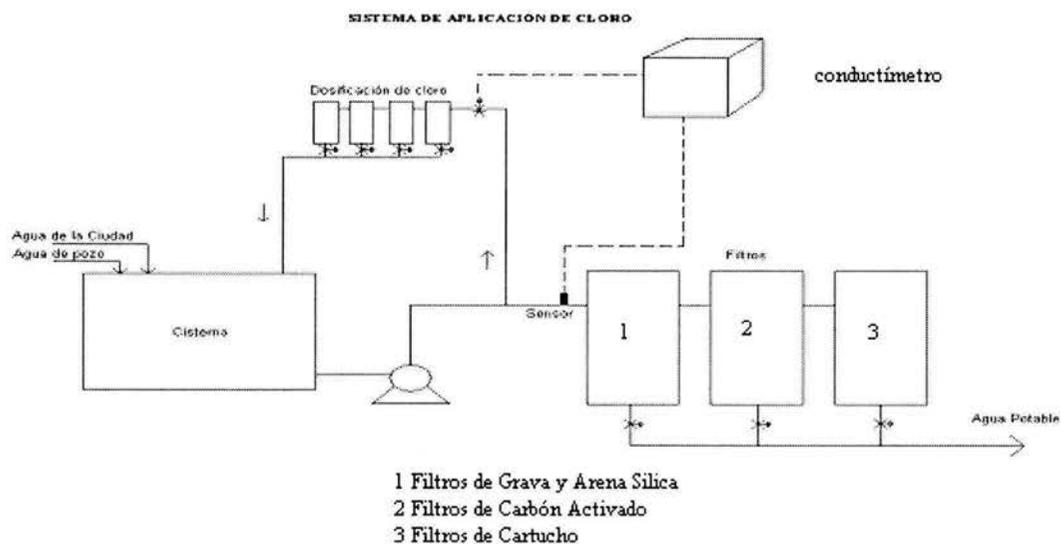


Figura # 17 Sistema esquemático de aplicación de cloro

c).- Sistema de filtración de grava y arena para quitar sólidos suspendidos, filtro de carbón activado para la remoción del cloro residual y filtros de cartucho para quitar partículas suspendidas hasta de 5 micras.

PROCESO DE FILTRACIÓN

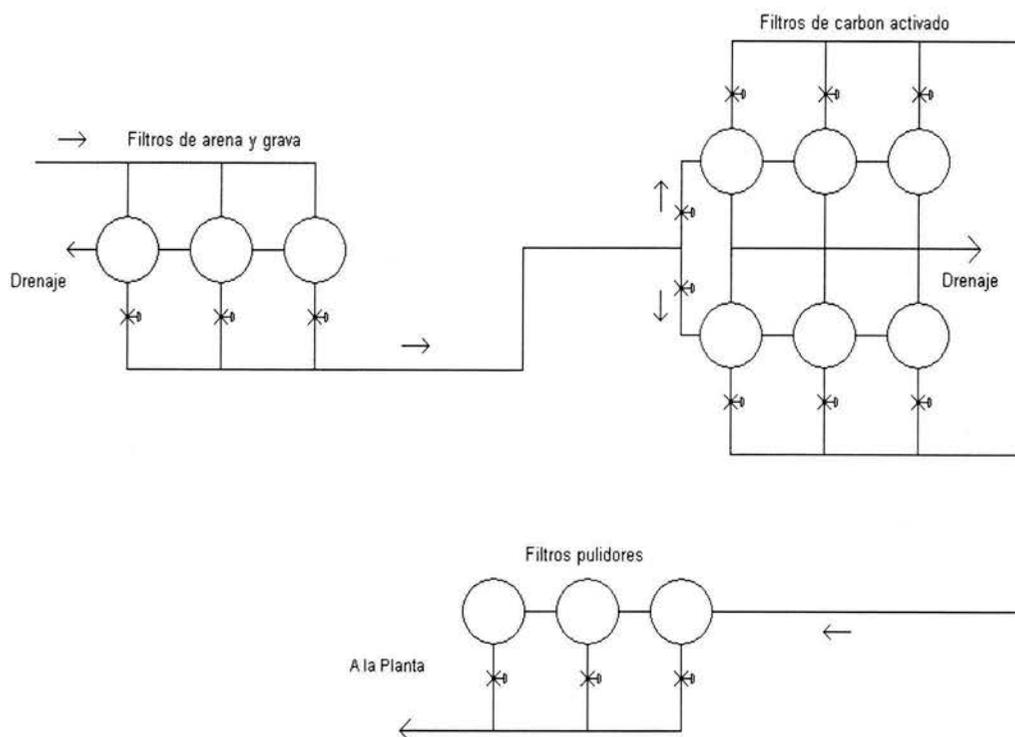


Figura # 18 Proceso de filtración

3.4 Método seleccionado

El método seleccionado, después de haber revisado la tabla comparativa económica # 9, analizando cada una de las ventajas y desventajas de la tabla # 5 también se debe de considerar que el uso del agua en su gran mayoría se utiliza para proceso de lavado de papa, lavado y cocimiento de

maíz y lavado de equipos, otro gran consumidor son los equipos de generación de vapor que además requieren de otro sistema de suavizado con resinas para evitar la incrustación y tomando en cuenta que uno de los procesos es el freído, donde el agua es evaporada al 99%, se concluye que el agua simplemente debe de ser sin microorganismos patógenos, sin olor, y ni sabor; sin importar la cantidad de sólidos disueltos (Para eliminar sólidos disueltos se requiere de osmosis inversa o nanofiltración) se decidió por el método de **cloración y filtrado**.

3.5 Diseño del sistema

Este sistema fue diseñado y calculado para una planta de procesos de Botanas, se tomó en cuenta la cantidad de agua empleada para las diferentes líneas de producción de la planta, considerando también el consumo promedio de los empleados se calculó un consumo total de agua de 50 l/seg. vigilando siempre que el sistema cumpla con la norma NOM-127-SSA1-1994. En la siguiente tabla se analiza la cantidad de agua por cada uno de los procesos.

También se tomaron en cuenta los consumos para líneas de producción que se puedan instalar en el futuro.

Se escogió un sistema capaz de purificar 49.4 litros por segundo, tomando en cuenta que se requiere otro sistema igual para tratamiento de lavado de filtros se compró uno de 98.7 litros por segundo.

El sistema consta de tres etapas a partir de la recepción en la cisterna hasta el tanque de 1500 m³ cúbicos que consisten en la aplicación del cloro, para matar microorganismos patógenos, filtrado primario para materiales sólidos de 0.3 milímetros o mayores, filtrado con carbón activado para quitar los malos sabores y eliminar el cloro y por último el microfiltrado con

cartuchos con capacidad de filtrar hasta 5 micras para partículas para retener las partículas que haya dejado pasar los filtros de arena.

3.5.1 Purificación del agua con aplicación de Cloro

El método de aplicación de cloro consta de 4 recipientes cilíndricos de 3 lt. con capacidad de 20 pastillas de cloro en cada uno de ellos, están interconectados a través de dos tubos de PVC de 5 cm. que corren paralelos a los dosificadores, uno de ellos lleva el agua cruda y el otro lleva agua con cloro una vez que el agua cruda ha pasado por los recipientes; cada uno de ellos se aísla con dos válvulas manuales para poder adicionar el cloro en pastillas a cada dosificador (ver figura # 17) El sistema de aplicación del agua con cloro trabaja en forma automática, consta de un conductímetro¹⁰ ver figura # 22 el que determina la cantidad de cloro en la cisterna, el sensor se encuentra colocado en el tubo de agua que entra a los filtros de grava y arena; si la cantidad de cloro es baja <2 ppm se abre una electroválvula de 12 mm. para aumentar la concentración de cloro en la cisterna hasta alcanzar 3 a 5 ppm cantidad de cloro.

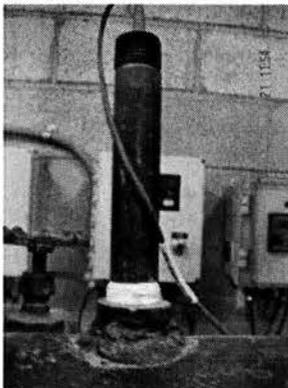
¹⁰ Conductímetro

Medidor eléctrico de la conductividad



Figura # 19 Sistema de dosificación de cloro con tabletas

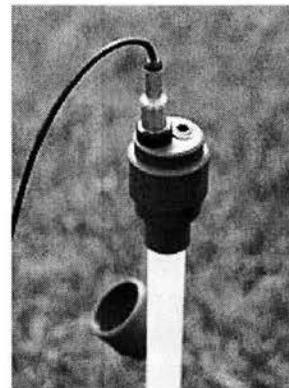
El cloro debe permanecer en el agua al menos 30 minutos para que se eliminen todos los microorganismos dañinos.



1



2



3

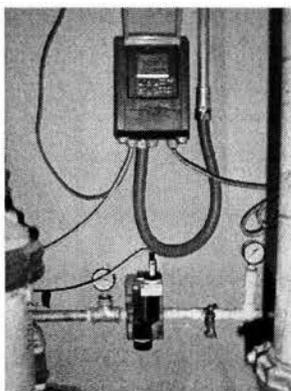


Figura # 20 Conductímetro:

Fotografías 1 y 2 Conductímetros instalados en la planta de Botanas

Fotografía 3 Tipos de conductímetro

Fotografía 4 Control de conductividad

Conductividad

Es una medida de la habilidad que tiene una solución para conducir la corriente eléctrica. La unidad de medición es el siemen/centímetro.

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica esta capacidad depende de la presencia de ión y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de la medición.

Las soluciones de la mayoría de los ácidos, bases y sales presentan coeficientes de conductividad relativamente adecuados. La resistencia de un conductor es inversamente proporcional a su área de sección transversal y directamente proporcional a su longitud.

La conductividad de las aguas potables de los Estados Unidos oscila generalmente entre 50 y 1500 micro mhos/cm. Los mhos son inversos a los omhs donde se refiere entonces a la conductancia, y en las aguas residuales domésticas es superior a 10,000 micro mhos/cm.

La conductividad electrolítica (a diferencia de la metálica) aumenta con la temperatura a un índice de 1.9 por 100°C aproximadamente.

La conductividad eléctrica es la inversa de la resistividad específica. Se mide en $\text{ohm}^{-1} \text{ m}^{-1}$ o Siemens/m. La conductividad depende de la

migración de cargas eléctricas (electrones o iones). El agua pura no es buena conductora, pero sí lo es el agua con sustancias iónicas disueltas, por lo que la medida de la conductividad del agua sirve para medir la concentración de cloro disuelto.

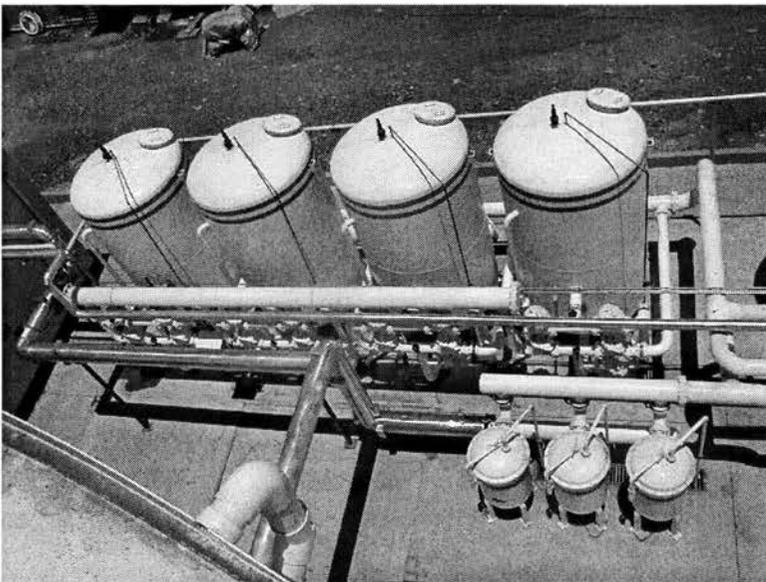
3.5.2 Sistema de Filtración de Arena y Carbón Activado

Este sistema está compuesto por dos grupos de filtros:

- 1.- Filtros de Presión de Arena de Cama Profunda
- 2.- Filtros de Carbón Activado



Vista lateral de filtros de grava y arena



Filtros de grava y arena

Figura # 21 Filtros de Grava y arena

Funcionamiento de los filtros

La filtración es un proceso físico ampliamente utilizado en los tratamientos de purificación y saneamiento de agua, para la remoción de partículas y minerales encontrados comúnmente en el agua. Los filtros son muy efectivos para la remoción de partículas de un amplio rango de tamaños.

El proceso de filtración consiste en pasar agua, a un flujo determinado, en forma descendente a través de las capas filtrantes como la arena, antracita o ambas y cama de soporte con el objeto de eliminar todas las partículas en suspensión que pueda traer el agua.

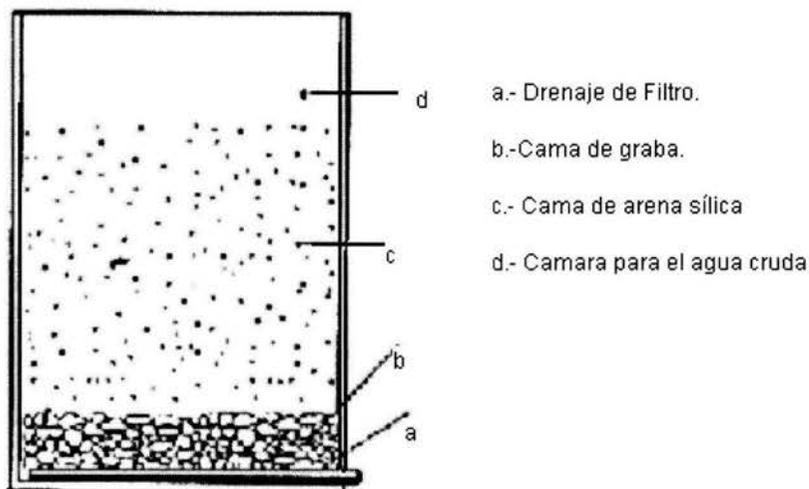


Figura # 22 Composición de filtro de grava y arena

Las partículas en suspensión se van acumulando en la superficie de la cama filtrante, por lo que pasado cierto tiempo, generalmente de 8 a 12 horas, se efectúa un proceso al que llamamos (excepto en filtros de hilo y cerámicos que son desechables) retrolavado, el cual se puede hacer en forma manual o automática con el objeto de eliminar las partículas retenidas durante el ciclo de filtración.

El retrolavado consiste en invertir el flujo de filtrado del agua, llevando este flujo de agua fuera del filtro, para eliminar las partículas que se han ido acumulando en la superficie, así como permitir que se expanda el medio filtrante y dejarlo en condiciones óptimas para el próximo ciclo de filtración.

En el filtro de operación automática, el retrolavado se efectúa una vez que se complete el periodo de tiempo prefijado con el control existente, el cual es generalmente de 8 horas de servicio y que se puede modificar si se observa una caída de presión mayor de 0.7 psi. antes de terminar en este tiempo, pero nunca se debe fijar un periodo mayor.

Es muy importante que el proceso de retrolavado se efectúe como mínimo una vez al día, para evitar que se compacte la cama filtrante y se produzcan lo que se conoce como “canalizaciones” y el agua pase sin filtrar; se debe utilizar el flujo máximo recomendado (20 litros por segundo) para que sea efectiva la limpieza de las camas soporte y filtrante, pero teniendo el cuidado de manejar la presión correcta (60 psi.) para no tirar la cama filtrante al drenaje.

Si se alarga el periodo de retrolavado se corre el riesgo de ensuciar más pronto la cama filtrante y compactarla haciendo que se formen grietas o canalizaciones en la misma, dando lugar a una mala calidad en la filtración, requiriendo además tiempos de retrolavado más prolongados.

Descripción de los equipos de filtración.

Los filtros de presión son fabricados generalmente en placa de acero al carbón, del tipo cilíndrico vertical, con sus tapas toriesféricas, de operación manual o automáticos. Estos filtros, dependiendo del material filtrante pueden ser de carbón, antracita, arena o arena y antracita.

1.-Especificaciones de los Filtros de arena.

En el filtro de presión de arena, la cama filtrante es de arena sílica especial malla 10-30, (los números en las mallas significan la cantidad de barrenos por pulgada, la clasificación de la arena malla 10-30 significa que todo lo que se quede arriba de la malla 10 y pase a través de la malla 30 deberá de ser retirado) y la cama soporte grava clasificada en cuatro diferentes tamaños.

Están equipados con válvula de diafragma normalmente abiertas y cierran con señal de aire.

Los pasos de un ciclo de un filtro son los siguientes:

- 1.- Drenado parcial: se baja el nivel de agua hasta que queda justo sobre la cama.
- 2.- Retrolavado con aire: Se alimenta aire por el fondo del filtro, a un flujo de 50 pies cúbicos por minuto por unidad de área, suficiente para aflojar las impurezas de la cama filtrante.
3. - Retrolavado con aire-agua: Sin suspender la alimentación de aire, se inicia el retrolavado con agua, que se alimenta también por el fondo del filtro para arrastrar hacia afuera a las impurezas.

4. - Retrolavado con agua: Para complementar el retrolavado y reclasificar el material filtrante, se suspende la alimentación de aire y se continua con el retrolavado con agua únicamente, hasta que el agua salga clara.

Un sistema de cuatro filtros de presión de arena de operación automática por tiempo dos en uso y los otros dos en espera ya retrolavado para hacer el cambio dependiendo del gasto de agua en el sistema, con retrolavado con ayuda de aire para mejorar la turbulencia y tener un mejor retrolavado, con capacidad para un flujo de 98.7 lps (1565 gpm.)

Número de unidades	Cuatro
Operación	Automática por tiempo
Flujo total	98.7 lps (1,565 gpm)
Flujo normal a tratar por unidad	24.7 lps (392 gpm)
Flujo máximo a tratar por unidad	32.9 lps (522 gpm)
Flujo superficial normal	6.9 lps/m ² (10 gpm/pie ²)
Flujo de aire para el retrolavado	179 m ³ /h. (105 pie ³ /hr)
Flujo de agua para el retrolavado	36.4 lps (577 gpm)
Flujo de retrolavado por unidad de área	8.15 lps/m ² (12 gpm/pie ²)
Frecuencia de retrolavado	Se determinará en campo, por la caída de presión, podrá ser de 1.2 kg/cm ²
Presión de diseño	7.38 kg /cm ² (105 psi.)
Presión de operación	3.5 kg/cm ² (50 psi.)
Código (no estampado)	ASME, sec. VIII, DIV.1

Tabla # 10 Descripción del equipo grava y arena

Número de unidades	Cuatro
Diámetro exterior	2.13 M (84")
Altura del cuerpo cilíndrico	3.05 M (120")
Material de construcción	Acero al carbón, SA36
Espesor de las tapas toriesféricas	12.7 mm. (½")
Espesor del cuerpo cilíndrico	9.52 mm. (3/8")

Tabla # 11 Datos de construcción de cada tanque Filtro

Soldado interior y exteriormente.

Registro hombre: Uno en la tapa y otro en el cuerpo de 20" de Ø.

Distribuidor superior: Cabezal de 8"Ø x 4" de alto con 4 conos deflectores, con entrada de agua de 6"Ø en A.C.

Colector: Fondo falso de 83.5"Ø x ½" de espesor, con 77 difusoras de aire, de ¾" (por unidad), 308 toberas en total por las cuatro unidades.

Recubrimiento interior: Pintura epoxytar grado Alimenticio de 6 a 8 mm de espesor.

Recubrimiento exterior: Pintura base anticorrosiva y acabado con pintura epoxy blanca, de 4 a 6 mm de espesor.

Grava no. 1	368 litros (13 pies ³)
Grava no. 2	368 litros (13 pies ³)

Tabla # 12 Cama Soporte (Grava clasificada en 2 diferentes tamaños)

Arena sílica, malla 10-30, especial para filtros ¹¹	4,358 litros (154 pies ³)
Altura total de la cama filtrante	1.2 M (4 pies) aprox.

Tabla # 13 Cama filtrante

¹¹ Malla 10-30. De 10 a 30 orificios por pulgada cuadrada, la arena se tamiza en las mallas 10 y 30 y lo que retiene la malla 10 se utiliza, la arena que deja pasar la malla 10 y la que retiene la 30 se desechan.

Válvula de diafragma o de operación automática. Se aplica una presión de 100 psig. de aire en el cuerpo del diafragma para abrir o cerrar la válvula.



Figura # 23 Válvula de diafragma

La válvula hidráulica ha sido especialmente diseñada para realizar el control de flujo de agua en los cabezales de filtración automatizados.

El diafragma de la válvula, además de abrir y cerrar el paso de agua directo, actúa sobre un pistón que abre y cierra el paso de agua en derivación.

Los respectivos cierres del diafragma y del pistón se hallan contrapuestos, de tal forma que, cuando el primero está abierto el segundo permanece cerrado y viceversa, permitiendo realizar el lavado en contraflujo del filtro de forma óptima y sencilla.

A la válvula se le puede conectar un solenoide para realizar el lavado en contraflujo de forma automatizada con un programador de lavado de filtros.

Válvula de aguja: este tipo de válvula se utiliza para controlar el flujo, el asiento es en forma de cono y el vástago en forma de aguja.

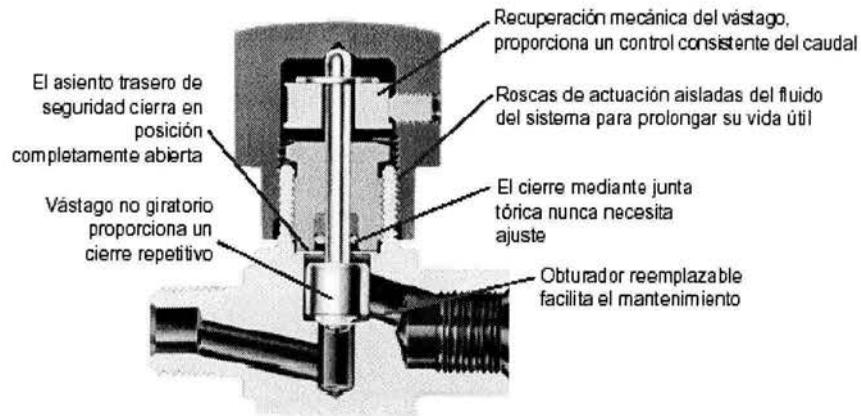


Figura # 24 Válvula de Aguja

Válvula check: Permite que el flujo solo pueda ser en una sola dirección, no permite que el flujo se regrese por la misma tubería.



Figura # 25 Válvula check

Válvulas de compuerta: De operación manual se requiere de un giro de 90° para abrir o cerrar al 100%.

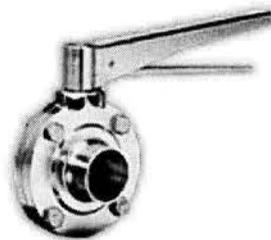


Figura # 26 Válvula de compuerta

Válvulas de mariposa: La característica de esta válvula es que abre o cierra al 100%, no controla flujo.



Figura # 27 Válvula de mariposa

Lista de válvulas y accesorios incluidos:

Cantidad	Tipo de Válvula	Tamaño	Material
16	Válvulas de diafragma de operación automática	152.4mm	Fierro Fundido
4	Válvulas de diafragma de operación automática	101.6mm	Fierro Fundido
4	Válvulas de diafragma de operación automática	76.2 mm	Fierro Fundido
4	Válvulas de diafragma de operación automática	19 mm	PVC
4	Válvulas de diafragma de operación automática	51 mm	Fierro Fundido
8	Válvula tipo mariposa de operación manual	152.4 mm	Fierro Fundido
8	Válvula tipo aguja	6.35 mm	Bronce
4	Válvula muestreadoras	6.35mm	Bronce
4	Válvula check tipo horizontal	6.35mm	Acero al carbón
8	Válvula solenoide de 3 vías	9.52mm	Bronce
8	Indicadores de presión de 0 –100 psi.	114.5mm	
2	Válvulas del puerto múltiple		
4	Válvulas de seguridad	63.5mm	Bronce

Tabla #14 Listado de válvulas para los filtros de grava y arena

Especificación de Filtros de Presión de Carbón Activado

Los filtros de presión de carbón activado son fabricados, generalmente, en placa de acero al carbón, del tipo cilíndrico vertical, con sus tapas toriesféricas, pudiendo ser de operación manual o automáticos. Estos filtros, dependiendo del material filtrante pueden ser de carbón, antracita, arena o arena y antracita.

En el filtro de carbón activado, la cama filtrante es de carbón activado, y la cama soporte de antracita clasificada en cuatro diferentes tamaños.



Figura # 28 Filtros de Carbón Activado

Los filtros de presión de carbón activado se emplean generalmente después de los filtros de arena o antracita, y a diferencia de estos no retienen partículas en suspensión, sino que se usan para absorber y retener cloro, materia orgánica que le imparta al agua color, olor o sabor. También requieren de un retrolavado para evitar la compactación de la cama filtrante y el ciclo entre retrolavados generalmente se fija en 72 horas.

Los filtros de carbón activado se esterilizan conectando la entrada de un distribuidor con que cuentan a la alimentación de vapor de baja presión 1.5 Bar

Los pasos de un ciclo de filtrado son los siguientes:

1.- Servicio:

Cuando se está produciendo agua filtrada.

2.- Retrolavado:

Se invierte el flujo y se eliminan las partículas retenidas, además se expande y afloja la cama filtrante.

3. - Enjuagado:

Se introduce el agua nuevamente en forma descendente y lentamente para que se asienten las camas, enviando el agua al drenaje y terminando éste, el filtro se pone nuevamente en servicio.

Descripción del equipo:

Un filtro de presión de carbón activado, de operación automática por tiempo.

Número de unidades	Seis
Operación	Automática por tiempo
Flujo normal a tratar	100.8 lps (1580 gpm)
Flujo normal por unidad	16.8 lps (266.6 gpm)
Flujo máximo por unidad	25.2 lps (400 gpm)
Flujo superficial normal	3.6 lps/m ² (5.3 gpm/pie ²)
Flujo de agua de retrolavado	9.5 lps (151 gpm)
Tiempo de retrolavado	10 minutos
Volumen de agua de retrolavado	95 lts (25.1 gal.)
Presión de diseño	5.0 kg/cm ²
Presión de operación	4.0 kg/cm ²

Tabla # 15 Información de Equipo filtros de carbón activado

Número de unidades	Seis
Diámetro exterior	2.4 m (96")
Altura del cuerpo cilíndrico	2.4 m (96")
Material de construcción	Placa de acero A-36
Espesor de las tapas toriesféricas	12.7 mm. (1/2")
Espesor del cuerpo cilíndrico	9.52 mm. (3/8")
Soldado interior y exteriormente	
Registro tortuga	Uno en la tapa de 12"X16"
Distribuidor inferior	Cabezal de 6"Øx84" de longitud con los siguientes materiales; 4 tubos de: 2 " de Ø x 19 " de long. c/u con 36 barrenos de 3/8" de Ø en 3 filas orientados hacia abajo, 4 tubos de 2"Øx 30 de longitud c/u con 56 barrenos de 3/8"Ø en 3 filas, orientados hacia el fondo, 4 tubos de 2" Øx 35 ½" de longitud c/u con 68 barrenos de 3/8" en 3 filas orientados hacia el fondo, 4 tubos de 2" de Øx 38" de longitud c/u con 74 barrenos de 3/8" Ø en 3 filas orientados hacia el fondo con una salida de agua de 4" de diámetro
Distribuidor superior	Cabezal de 6"Øx4" alto, con 4 conos deflectores, con entrada de agua de 4"ØA.C.
Distribuidor de vapor	Cabezal de 6"Øx3" de alto, con 6 medios coples de ½" Ø, rosca N.P.T. Material de Acero Inoxidable con entrada de vapor de 1.5" Ø rosca N.P.T. Material de acero Inoxidable.
Recubrimiento interior	Pintura epoxica de 4 a 6 mm de espesor
Recubrimiento exterior	Pintura base anticorrosiva y acabado con pintura epoxy blanca, espesor 4 a 6 mm.

Tabla # 16 Datos de Construcción de cada Tanque Filtro

Cama Soporte

Antracita No. 1	368 litros (13 pies ³)
Antracita No. 2	368 litros (13 pies ³)
Antracita No. 4	368 litros (13 pies ³)
Antracita No. 6	1613 litros (57 pies ³)

Tabla # 17 Cama soporte: (Grava clasificada en 4 diferentes tamaños)

Cama filtrante de carbón activado con 7, 130 litros (22 pies³)

Cantidad	Tipo de Válvula	Tamaño	Material
15	Válvulas de diafragma de operación automática	101.6 mm	Fierro Fundido
3	Válvulas de diafragma	19.0 mm	PVC
6	válvula tipo mariposa de operación manual	152.4 mm	Fierro Fundido
6	válvula tipo aguja de operación manual	6.35 mm	Bronce
3	válvula muestreadoras	6.35 mm	Bronce
	Indicadores de presión de 0 –100 psi.	114.5 mm	
3	Válvulas del puerto múltiple		
3	Válvulas de seguridad	63.5 mm	Bronce

Tabla # 18 Listado de válvulas de filtros de carbón activado

3.5.4 Filtros Pulidores de Cartucho

Especificación de tres filtros pulidores de tipo cartucho, de 5 Micras.

Estos filtros pulidores tienen la función de eliminar pequeñas partículas suspendidas en el agua, que no haya sido retenida en los filtros de arena. Para efectuar esta filtración se utilizan cartuchos desechables de polipropileno.

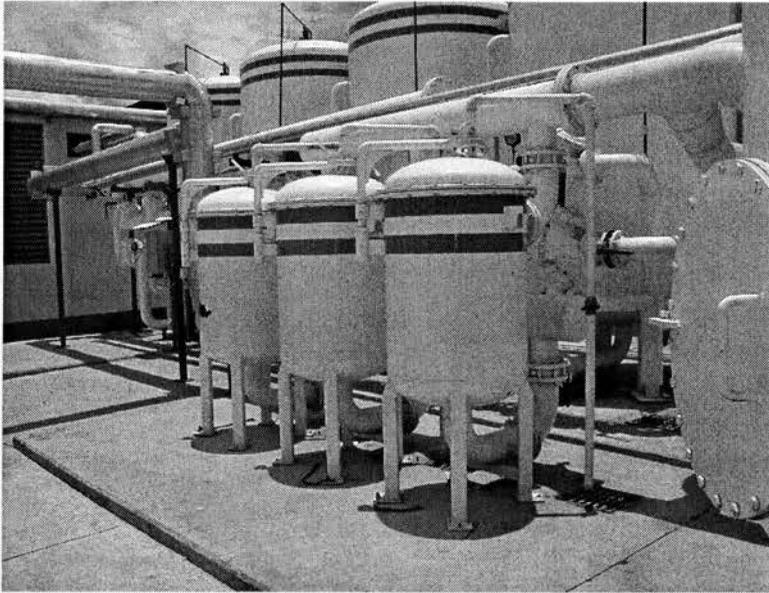


Figura # 29 Filtros pulidores

Descripción de los Filtros

Son tanques cilíndricos verticales, construidos en placa de acero, cuentan con un distribuidor en el que van colocados elementos filtrantes, para su remoción las tapas superiores están bridazas, para que se puedan quitar fácilmente y tener acceso a los elementos pulidores, solo tienen válvulas manuales de corte, para entrada y salida.

Especificaciones Para el Sistema de Tres Filtros pulidores de Agua:

Flujo normal por filtro	98.7 lps (1565 gpm)
Calidad requerida	5.0 micras
Presión de diseño	7.4 kg/cm ² (105 psi.)
Presión de operación	3.5 kg/cm ² (50 psi.)

Tabla # 19 Datos de diseño de filtros pulidores

Número de unidades	Tres
Material de construcción	Acero al carbón
Diámetro	76 cm (30")
Altura en la parte recta	91 cm (36")
Espesor de las tapas toriesféricas	6.35 mm. (1/4")
Espesor de pared	6.34 mm. (1/4")

Tabla # 20 Especificaciones de filtros pulidores

Elementos filtrantes	De 0.5 micras
Cantidad	47
Diámetro	70 mm. (2.75")
Longitud	749 mm. (29.5")

Tabla # 21 Características de los elementos filtrantes

Cantidad	Tipo de Válvula	Tamaño	Material
6	Válvula tipo mariposa de operación manual	152.4 mm	Fierro Fundido
6	Válvula tipo de aguja de operación manual	6.35	Bronce
3	Válvula tipo esfera de operación manual	38.1	Latón forjado
6	Indicadores de presión de 0-100 psi	50.8 mm	

Tabla # 22 Tipos de válvulas para los filtros de cartucho

Capítulo 4 Operación y Mantenimiento de la planta

Sistemas que la integran

Cloración. El operador coloca manualmente pastillas de cloro en los dosificadores, y en forma automática los dosificadores aplican el cloro a las cisternas, el agua con cloro permanece 30 minutos en la cisterna antes de continuar con el siguiente proceso.

Filtración por grava y arena. El agua con cloro es filtrada, el sistema cuenta con 4 recipientes de filtrado, 2 siempre se encuentran trabajando y los otros 2 se encuentran lavándose, una vez que termina el ciclo de lavado quedan en espera y con un programador lógico hace el cambio en forma automática como sigue; el primer par de filtros ya listos para trabajar (lavados) entran funcionamiento, mientras el controlador programa el lavado y cambia en forma automática después de 8 horas de servicio.

Filtración por carbón activado. El sistema consta de 8 tanques de filtrado 4 en operación y 4 lavándose, estos se utilizan para quitar el cloro residual y los malos olores, al igual que los filtros de grava entran al mismo ciclo. Es necesario analizar la calidad de filtrado semanalmente por el operador, si detecta fuga de cloro debe avisar al departamento de mantenimiento para verificar que no existan problemas con el filtro, si con el cambio de tiempo de filtrado no es suficiente, la solución será la desinfección con vapor en forma manual por el personal de mantenimiento

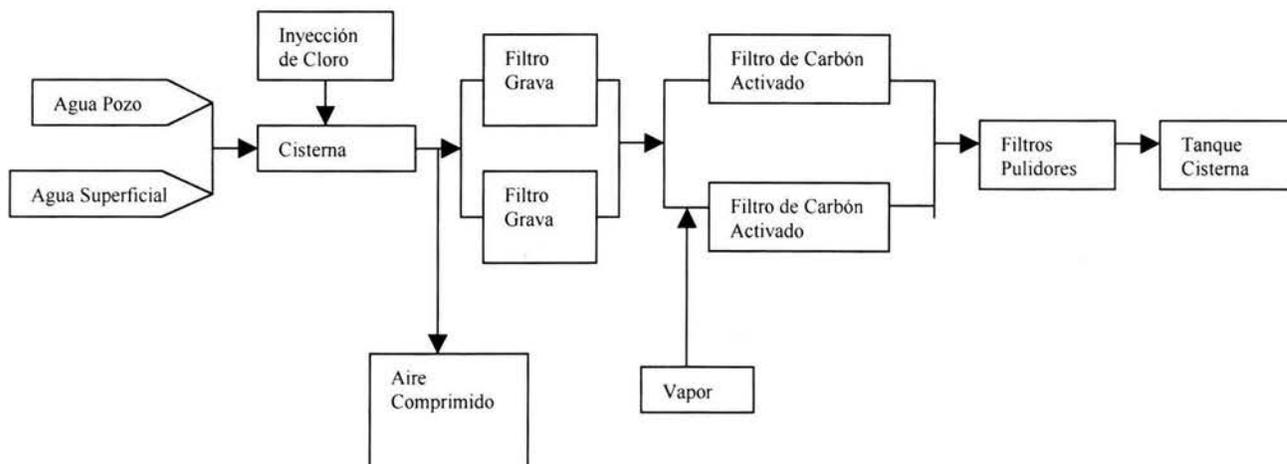


Figura # 30 Diagrama de flujo de sistema de potabilización

Filtración con cartuchos. El agua entra al último sistema de filtración con 3 tanques con cartuchos de polipropileno en forma manual el operador deberá observar los manómetros indicadores de presión, si los indicadores muestran una presión diferencia de 1kg/cm^2 deberá avisar al departamento de mantenimiento para que cambie los filtros de cartucho.

4.1 Instrucciones para la instalación

Antes de que se haga cualquier cosa para instalar el equipo, se deberá de hacer una inspección cuidadosa del estado físico para detectar cualquier daño que pudiera haber ocurrido durante el transporte.

Después de la inspección, el equipo deberá colocarse a nivel en la ubicación requerida, una vez que la unidad esté lista para operar, se debe de hacer las siguientes conexiones:

Conectar la fuente de agua cruda a la tubería de agua de entrada, la cual deberá de ser de mayor medida que la de la tubería principal del filtro.

Nota: La presión mínima del agua alimentada al filtro deberá ser de 1.8 kg/cm² (25 psig.) si la presión del agua es excesiva se debe colocar en esa línea una válvula reguladora de presión a un máximo de 4 kg/cm² Conecte la tubería de drenaje de la unidad, a un drenaje disponible, la capacidad de este drenaje deberá de ser al menos de un 20% mayor que el flujo máximo del filtro. Conecte la tubería de “agua filtrada” a las líneas interiores de servicio de la planta, esta tubería debe ser de la misma medida que la de la tubería principal del filtro.

Instale el sistema de control neumático, con una presión de 0.5 kg/cm² (7 psig.), mayor que la presión de entrada de agua a las válvulas de diafragma, el aire debe ser filtrado y seco.

Instrucciones para la instalación de la carga de las camas soporte y filtrante Después de revisar cuidadosamente el distribuidor inferior, de que no existan orificios obstruidos o piezas que se encuentren quebradas, procurando limpiar perfectamente esta superficie, llenar el filtro con agua y efectuar las operaciones de servicio, retrolavado y enjuagado, sin las camas soporte y filtrante, para asegurar que la tubería esté limpia y libre de objetos extraños. Después añadir primeramente y en forma manual y sin dejar caer la grava de mayor tamaño, o sea la no. 6, la cual deberá cubrir perfectamente este distribuidor, después de nivelarla, se deberá añadir la grava no. 4, 2 y 1, procurando emparejar perfectamente cada capa, una vez hecho esto, añadir la arena sílica y por último la antracita.

Puesta en marcha

Después de haberse cargado, se deberá introducir agua por la parte inferior, como en el paso de retrolavado a un flujo muy lento, con el fin de eliminar todas las partículas en suspensión que puedan traer la cama soporte y

filtrante, esto se debe hacer después de haber sumergido perfectamente, tanto la cama soporte como la cama filtrante en el agua durante unas 4 horas, pasado este tiempo, abrir la válvula de retrolavado para empezar a lavar hasta que el agua que salga a drenaje, salga limpia.

4.2 Instrucciones para la operación de los filtros de arena

Los filtros Figura # 31 cuentan con válvulas de diafragma de operación neumática, normalmente abiertas, para la realización de los diferentes pasos de operación (retrolavado, enjuagado y servicio), que están operadas por una válvula motorizada controlada por un control programador tipo PLC, en el cual se fijan los tiempos para la duración de los distintos pasos de operación.

La iniciación del retrolavado del filtro se efectuará una vez que se complete el periodo de tiempo prefijado en el control programador, recomendándose que este tiempo sea de 8 horas de servicio, o menor si se observa una caída de presión mayor de 0.7 kg/cm^2 (10 psi.). Una vez alcanzado el tiempo prefijado, el control programador, enviará una señal eléctrica a la válvula de puertos múltiples la cual a su vez mandará una señal neumática a las válvulas de diafragma, por cada paso del programa de operación (retrolavado, enjuagado y servicio) al filtro.

En el control programador se podrá fijar el tiempo que se desee en cada uno de los pasos de la operación, de esta manera, por ejemplo, el tiempo de retrolavado con aire-agua será de 10 minutos y el retrolavado final con agua, deberá ser de 10 minutos, siguiendo después con las 8 horas de servicio, pudiendo ser modificado, según los ajustes que se requieran.

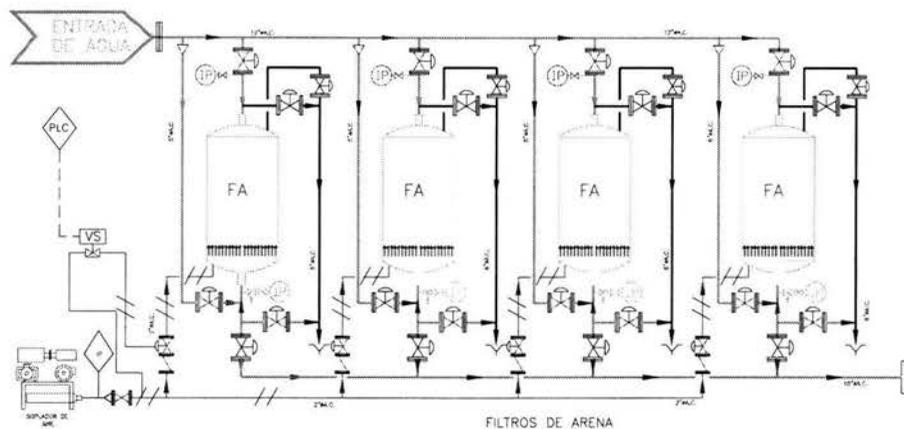


Figura # 31 Filtros de arena

4.3 Instrucciones para la operación de filtros de carbón activado

Funciona de la misma forma que los filtros de grava y área a diferencia de los tiempos de retrolavado se realizan cada 72 Horas de servicio. Este grupo consta de 6 filtros, operan 3 mientras los otros están en lavado

4.3.1 Desinfección con vapor

Para efectuar la esterilización con vapor, es necesario llevar a cabo un drenado en la columna durante un tiempo aproximado de 2 a 3 minutos. Para este drenado se requiere abrir la válvula No. 2 para que entre aire a la columna y la válvula No. 5 para descargar el agua hasta que el nivel del tanque de carbón activado este completamente vacío. Una vez efectuado lo anterior, proceda a introducir el vapor de agua a baja presión 0.5 a 1 Kg./cm. Durante dos horas continuas, manteniendo abierta la válvula No. 2, para descargar al drenaje el vapor ya condensado.

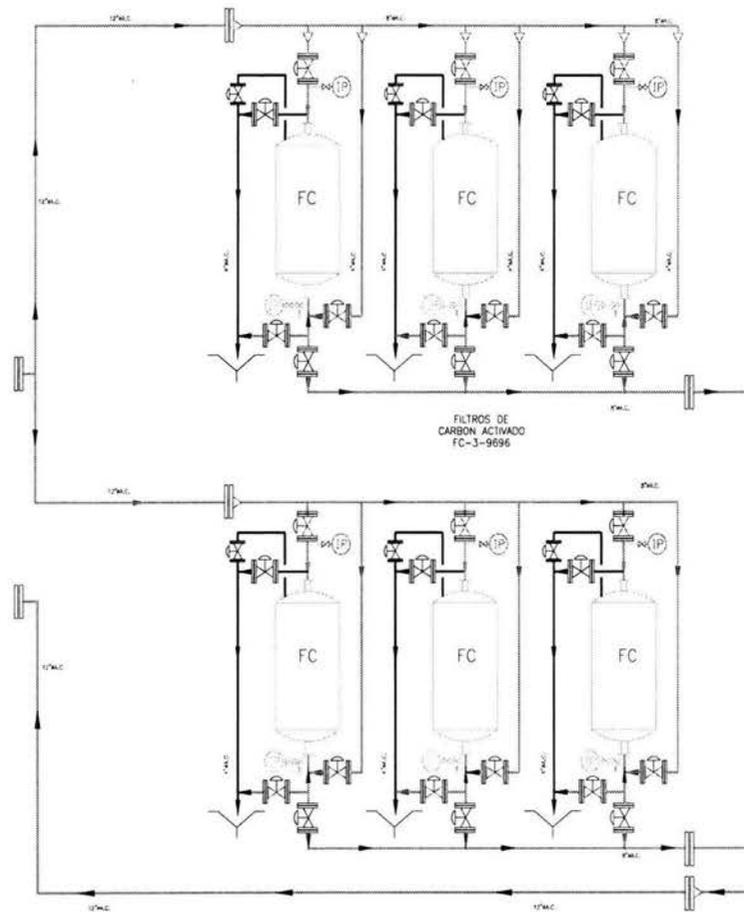


Figura # 32 Filtros de Carbón activado diagrama esquemático

4.4 Funcionamiento de los filtros de cartucho

El agua de alimentación entrará por la parte superior de los filtros y debido a la caída de presión natural para este tipo de filtros de operación manual, de 0.5 a 1 kg/cm², se mantendrá inundado, permitiendo que la distribución del agua se realice uniformemente a través de todos los elementos filtrantes, saliendo ya filtrada por la parte inferior de los filtros.

Los elementos filtrantes deberán ser reemplazados, dependiendo de la calidad del agua de alimentación, en un periodo de 1 a 3 meses o antes si se registra una caída de presión arriba de 1 kg/cm², estos elementos filtrantes van montados sobre un tubo distribuidor perforado en acero inoxidable con rosca en la parte inferior y colocado sobre el fondo falso y se reemplazaran quitando la tapa superior de los filtros y desenroscando cada uno de los 47 elementos.

4.4.1 Mantenimiento del filtro de cartucho

A este sistema de tres filtros pulidores de agua se le deberá dar mantenimiento aproximadamente cada 2 ó 3 meses o cuando exista una caída de presión considerable (mayor a 1 kg/cm² aproximadamente.) Este mantenimiento consiste en cambiar los elementos filtrantes, removiendo los tornillos de la tapa superior de cada filtro pulidor en la figura 35 se muestra un filtro de cartucho sin la tapa

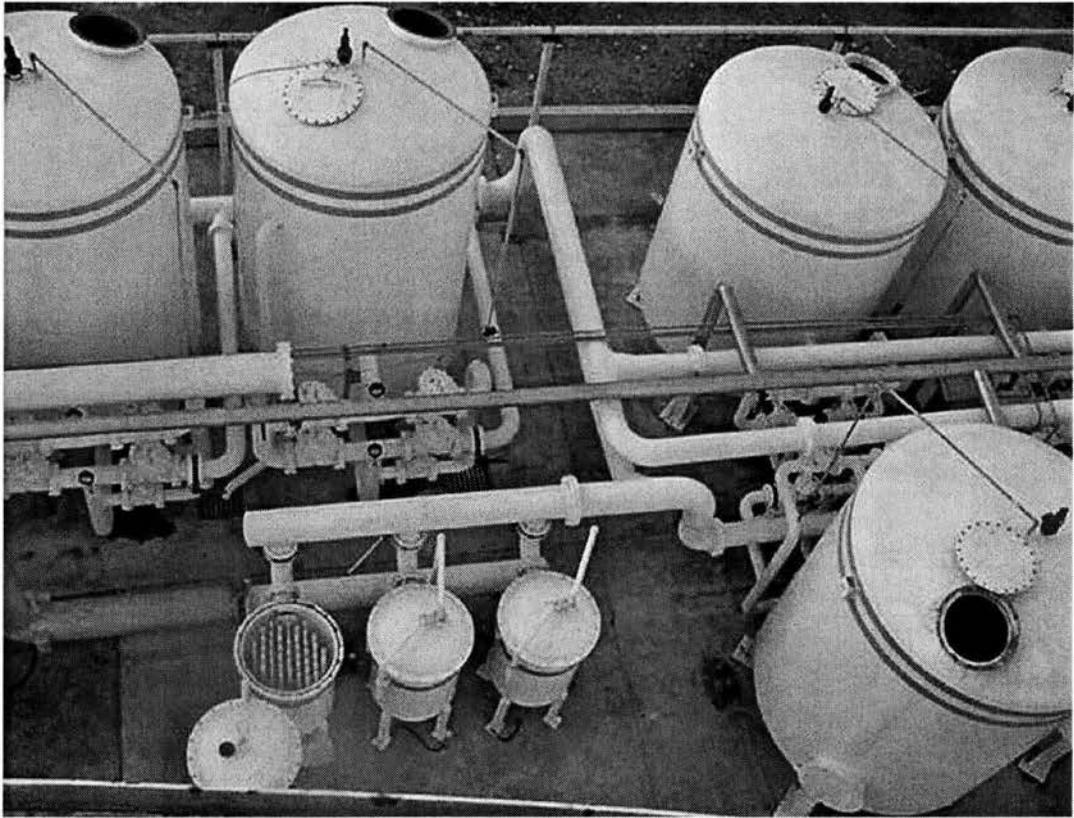


Figura # 33 Filtros de Grava, Carbón Activado y de Cartucho en mantenimiento

4.5 Programador e Instrumentos de Control

Estos filtros se retrolavarán automáticamente por tiempo, es decir, están controlados por un control programable tipo PLC, en el cual se determinan los tiempos de funcionamiento de cada uno de los filtros, una vez que transcurre el tiempo, se transmite una señal a una válvula de puertos múltiples motorizada, la cual acciona neumáticamente, en cada paso a las válvulas de diafragma, abriéndolas o cerrándolas, siendo controlado el tiempo de retrolavado, enjuague y puesta en servicio por el control programable tipo PLC.

Es muy importante que se analice la calidad del agua cada vez que se haga el retrolavado (durante la primera semana de operación) en los filtros de arena y carbón activado para determinar el tiempo adecuado y hacer un buen programa de control. De esta manera se evitarán las fallas de operación humanas, como puede ser: retrolavados fuera de tiempo, o por el contrario, muy frecuentes, lo que ocasiona desperdicio de agua.

4.6 Problemas de operación y sus soluciones

Algunas dificultades comúnmente encontradas y sus causas generales son listadas a continuación

4.6.1 Disminución de la calidad de filtrado

a.-Canalización

Causa posible	Corrección
Retrolavado inadecuado	Falla en el sistema de distribución de agua interior. Dar a la unidad un retrolavado durante 30 minutos, con la tapa registro abierto, abrir toda la válvula de entrada de agua de retrolavado teniendo el cuidado de no tirar fuera de la unidad la cama filtrante.

Tabla # 23 Disminución de la calidad de filtrado debido a la canalización

b.-Pérdida de la cama filtrante

Causa posible	Corrección
Flujo de retrolavado fuera de especificación:	Compruebe que los flujos de retrolavado no excedan de lo especificado.
Deficiente sedimentado:	El reposo o enjuague que se debe hacer después del retrolavado es sumamente importante ya que si no se efectúa y se pone a servicio de inmediato el filtro, puede tirarse al drenaje la cama filtrante.
Acondicionamiento inadecuado:	Al operar el filtro por primera vez se debe sumergir tanto la cama soporte como la cama filtrante en el agua durante unas 12 horas. (Ver punto referente a acondicionamiento)

Tabla # 24 Disminución de la calidad de filtrado debido a pérdida de cama filtrante

4.6.2 Aumento de la caída de presión o disminución del flujo

a.- Cama filtrante sucia

Causa posible	Corrección
Acumulación de partículas en la cama filtrante:	Es muy importante que en el retrolavado haya flujo máximo con el fin de eliminar completamente todas las partículas en suspensión o tierra, pues de lo contrario se pueden ir acumulando en la cama filtrante.

Tabla # 25 Caída de presión por disminución de flujo

b.-Cama comprimida

Causa posible	Corrección
Deficiente retrolavado	Para camas demasiados apretadas o comprimidas, es necesario darle al filtro un retrolavado utilizando el máximo flujo permisible, para que el lecho filtrante se expanda, teniendo la precaución de no tirar la cama filtrante.

Tabla # 26 Caída de presión por cama comprimida

Capítulo 5 Manual del Operador

El manual del usuario describe la operación de la Terminal para el operador incluida en el sistema de control de la planta de purificación del agua.

5.1 Terminal del operador

Es una unidad de procesamiento de información conectada al PLC del sistema de control; ha sido programada para servir como una interfase del operador con el sistema de control.

5.2 Modos de Operación

La terminal tiene dos modos básicos de operación. El modo de configuración **CFG**, utilizado para programar la terminal y el modo de operación, modo en el que se encuentra normalmente la terminal presentando las pantallas de operación del sistema de control.

Desde el modo de operación puede ser llamado el menú de comandos del sistema que incluye modos adicionales. Para tener acceso al menú de comandos se pulsa la tecla **ENTER** durante dos segundos. La siguiente pantalla aparece:

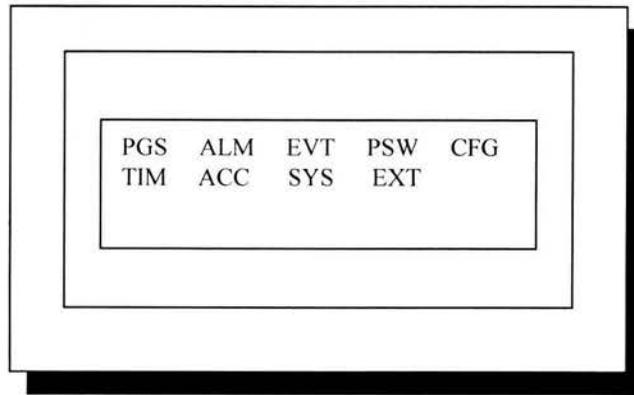


Figura # 34 Terminal del operador en modo de configuración

Pulsando las teclas del cursor  , se selecciona el modo deseado y luego se pulsa la tecla **ENTER**.

Modo para establecer hora y fecha

El modo **TIM** permite al operador modificar la hora y la fecha. Para modificar la hora y la fecha, se selecciona el campo deseado usando la tecla **ENTER**. El campo seleccionado parpadeará.

Presionando las teclas   se podrá incrementar o decrementar el valor del campo. Cuando se han realizado todos los cambios deseados, se presionarán las teclas   simultáneamente para regresar al modo de operación.

Modo del Sistema

El modo **SYS** permite al operador conocer y ajustar parámetros de operación de la terminal. Pulsando las teclas de cursor   se recorre entre parámetros.

Pulsando las teclas   se modifica el parámetro seleccionado.

La siguiente lista muestra las selecciones posibles que pueden hacerse desde el submenú del sistema:

1. **EXIT**. Pulsando la tecla **Enter** se abandona este modo.
2. **DISPLAY**. Cambia el contraste del *display*.
3. **LAMP**. Prueba los indicadores de la terminal.
4. **BATTERY**. Indica el estado de la batería. Si la indicación es low, debe ser reemplazada la batería que puede ser accesada desde la parte posterior de la terminal cuando está desenergizada. El reemplazo debe ser efectuado rápidamente.
5. **PLC**. Presenta el estado de comunicación de la terminal con el PLC.
 - 00.No error.*
 - 04. Negative Acknowledgement.*
 - 05. Time out error*
 - 06. Response error*
 - 07. General communication error.*
6. **PRINTER**. Presenta el estado de la impresora: No esta disponible en esta aplicación.

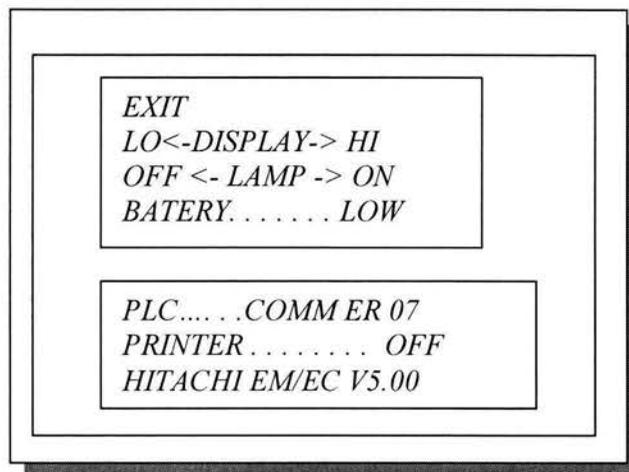


Figura # 35 Pantalla en modo Sistema (SYS)

5.3 Pantallas de operación

Las pantallas de operación permiten al operador observar el proceso en forma de tiempos, datos, banderas de estados; además de realizar modificaciones a datos para establecer nuevas condiciones de procesos.

En las figuras de las pantallas de operación se deben de tener en cuenta las siguientes convenciones:

1. Los datos que son leídos del PLC son representados por 9's (nueves sin asterisco.)
2. Los datos que son leídos del PLC y a la vez pueden ser modificados son representados por 9*'s (nueves con asterisco)
3. Las banderas de estados que son leídos del PLC son representadas por M's (sin asterisco)
4. Las banderas de estados son leídas del PLC y a la vez pueden ser modificados y son representados por M*'s (con asterisco)

La navegación entre pantallas se realiza pulsando las teclas de cursor  

Para realizar la modificación de un dato primero se presenta el dato en el display pulsando las teclas del cursor   . Después, para activar el modo de entrada de datos se pulsa la tecla  . Aparece un recuadro que parpadea sobre el dato. Pulsando el teclado numérico se alimenta el nuevo valor y se acepta pulsando la tecla  , o bien se cancela la operación con la tecla  .

Cuando se requiere modificar la bandera de estados de una variable primero se debe posicionar en el *display* de dicha bandera y luego debe de activar el modo de entrada de datos, pulsando la tecla ; al oprimir esta tecla, aparece un recuadro sobre la bandera cuyo estado se quiere modificar, si el recuadro (también llamado cursor) no aparece sobre esta, se debe utilizar las teclas para seleccionar la bandera, enseguida debe pulsar nuevamente la tecla para confirmar el cambio del estado de la bandera, enseguida se debe oprimir la tecla para aceptar el cambio. A continuación se presentan las pantallas de operación con información adicional

Pantallas en Terminal del operador

Pantalla Principal



Figura # 36 Pantalla de la terminal del operador donde se muestra el estado de cada filtro de arena y carbón

En esta pantalla se muestran los estados de los filtros de arena y carbón activado, monitoreando el estado actual del proceso indicando en el espacio señalado con las letras M como se muestra en la figura # 36 si se encuentra en retrolavado o en servicio.

Pantalla de operación del filtro de arena 1

```

DD/MM/YY          12:00:00

FILTRO ARENA 1
ETAP-ACT=
MMMMMMMMMMMM
SWITCH PD MMMMMMMMM
STG-FA1 = MMM

                pre totacc
1.DRENADO      99 99 999
2.RET/AIRE     99 99
3.RET/AGUA     99 99
4.ENJUAGUE     99 99

PUL-STGFA1 =9999msg

<1> REGN.A/M   MMMMMMM
<2> AVAN-ETA   MMMMMMM
<3> PAUSA     MMMM

HORAS   PRE  ACC
P/INCIO 999  999
DESP/RET 999  999

```

Figura # 37 Pantalla de estados del filtro de arena

En esta pantalla se muestra los estados en que se encuentra el filtro 1, ya sea en servicio, retrolavado con aire, retrolavado sin aire o enjuagado; también se observa el estado del switch de presión diferencial que nos indica si el filtro está trabajando dentro del

rango y el estado actual de la válvula stager (en operación) del filtro como se indica en la parte superior de la pantalla. Se determino el tiempo XX min. observando la presión diferencial para cada etapa del proceso bajo la leyenda de PRE

En la parte inferior de la figura # 37 se muestra el tiempo para inicio de retrolavado y el tiempo para después de retrolavado, el preset se puede modificar para ajustarlo al proceso como se requiera; El cual quedo definido para cada filtro de XX hr al cumplirse dicho tiempo entrará en forma automática a retrolavado.

La pantalla del filtro 1 es igual para todos los filtros de arena con los mismos parámetros a modificar como se muestra en la figura 37.

Pantalla de filtros de carbón

```
DD/MM/YY 12:00:00

FILTRO DE CARBON 1
ETAP-ACT= MMMMMMMMMM

STG-FAG1= MMM

Pre totacc
1. RETOLAV 99 99 999
2. ENJUAGE 99 99

PUL-STGFA1 = 9999msg
<1> REGN.A/M MMMMMM
<2> AVANN-ETA MMMMMM
<3> PAUSA MMM
HORAS PRE ACC
P/INICIO 999 999
```

Figura # 38 Estado de los filtros de Carbón

En esta pantalla se muestra al igual que en las pantallas de filtros de arena el estado en el cual se encuentra cada filtro de carbón 1 se muestra en la figura # 37 con 99, los cuales pueden ser modificados por el usuario para el ajuste del proceso. En la parte superior de la figura # 38 se muestra el valor preestablecidos de los tiempos de cada variable que interviene.

Todas las pantallas de los filtros de carbón activado son idénticas a la presentada en la figura # 23 del filtro de carbón activado 1 con las mismas variables a modificar.

Conclusiones

El agua es uno de los elementos básicos para todo ser vivo: persona, animales de todo tipo, plantas. El ser humano requiere usar agua en condiciones potables sin que ocasione ningún daño a nuestro organismo, tenemos que el agua forma parte integral de nuestra existencia. El cuerpo de un adulto promedio está constituido de aproximadamente 55% a 60% de agua; el cerebro es 70% de agua, la sangre 82%, y los pulmones casi 90%. Una pérdida de 3% de agua causaría fatiga y puede representar serios daños en el organismo. Una pérdida de 10% de agua corporal sería tan serio que puede poner la vida en peligro.

Sin embargo, usualmente ponemos atención al tipo y calidad de alimentos que comemos y nos descuidamos de la cantidad y calidad de agua que tomamos.

Se recomienda que tomemos 64 onzas de agua al día (aproximadamente 2 litros), ya que esta cantidad permite el óptimo desalojo de las toxinas del sistema, mantiene el sistema de eliminación funcionando correctamente, y promueve una clara y sana piel. Pero esta cantidad de agua puede ser obtenida si consumimos algunas bebidas alternativas, como leche, jugos, café, té, ó refrescos, de las que nuestro cuerpo extrae el agua a través de la digestión y el metabolismo. Sin embargo, utilizar estos líquidos como fuentes de agua para nuestro organismo trae como resultado el que haya un considerable período de tiempo entre la ingestión de estas bebidas y el momento en que el agua es extraída para las funciones vitales. Por otro lado, el agua pura abandona el tracto digestivo rápidamente para entrar entonces a los tejidos donde se le necesita.

Más que la cantidad de agua que tomamos, debemos tener presente la calidad de ésta, o de lo contrario entraremos en el categórico peor-es-el-remedio-que-la-enfermedad. Es muy difícil establecer cuál es la calidad perfecta del agua; la composición química varía considerablemente y no hay una norma aceptada universalmente.

La **IBWA** (*International Bottled Water Association*) afirma que el agua no debe ser considerada como fuente de nutrición mineral, lo cual es exactamente opuesto a la opinión imperante en Europa.

Muchos opinan que más importante que lo que contiene el agua es considerar lo que no contiene. De la misma manera que el agua es el medio de vida de todo lo que vemos, es también el elemento principal de organismos microscópicos nocivos para el hombre. Por lo general, buscamos que el agua que tomamos no tenga sabor, color, ni olor. Pero esto no es suficiente: hay una gran cantidad de elementos dañinos que pueden pasar desapercibidos a nuestros sentidos.

Dentro de todos los métodos de purificación existen ventajas y desventajas como se vio en la tabla # 5 del Capítulo 2 y la tabla # 9 comparativa económica del Capítulo 3, y tomando en cuenta los afluentes y la calidad del efluente requerido por el proceso, se determina cual es el sistema adecuado debemos usar.

La operación del sistema de potabilización por cloro es muy simple ya que lo único que tiene que hacer es aplicar las tabletas de cloro a los recipientes, mantener la concentración de 3 ppm (el sistema lo hace en automático con el conductímetro) basándose en los análisis por turno de 8 hrs. El mantenimiento de estos dosificadores de cloro se resume a limpieza

de los recipientes con agua una vez por semana. El sistema de filtración utilizado, opera en forma automática basándose en temporizadores por cada una de las etapas como se vio en el Capítulo 4, el mantenimiento de los filtros es muy simple con revisiones semestrales para revisar el estado y nivel de la grava, arena y carbón activado, regeneración con vapor cuando los ciclos de retrolavado sean programados más frecuentes y por mayor tiempo y cambiarlo cada 2 años aproximadamente y dependiendo de la filtración de cloro después de los filtros en lapsos menores a 6 horas de retrolavados.

Lo que se puede concluir es que, cualquiera que sea el método de potabilización debe cumplir con la norma NOM-127-SSA1-1994 Agua para uso y consumo humano.

Bibliografía

- 1.-Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Ley Federal sobre Metrología y Normalización. México, D.F. 1992.
- 2.-Secretaría de Salud. Ley General de Salud. México, D.F. 1991.
- 3.-Secretaría de Salud. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios. México, D.F. 1988.
- 4.-Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NORMA-Z-013/02. Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Oficiales Mexicanas. México, D.F. 1981.
- 5.-Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NORMA-008-SCFI Sistema General de Unidades de Medida. México, D.F. 1993.
- 6.-Secretaría de Salud. Dirección General de Control Sanitario de Bienes y Servicios. Manual de Buenas Prácticas de Higiene y Sanidad. México, D.F. 1992.
- 7.-U.S. Government Printing Office Washington Office of the Federal Register Code of Federal Regulations. 21.110 "Current Good Manufacturing Practice". 1990.
- 8.-U.S. Government Printing Office Washington Office of the Federal Register, Code of Federal Regulations. 21.103.35. Subpart B-Standards of Quality (Bottled Water). 1990.

9.-U.S. Government Printing Office Washington Office of the Federal Register, Code of Federal Regulations. 21.129. Processing and bottling of bottled drinking Water. 1990

10.-Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.Eighteen Edition. APHA.AWWA.WPCF.USA. 1992.

11.-Organización Panamericana de la Salud.. Guías para la Calidad del Agua Potable. Volumen 2. México, D.F. 1987

12.- Aquamarket. Diccionario del Agua Aquamarket. México, D.F. 2003