

INDICE

1.-INTRODUCCIÓN	1
1.1.-Antecedentes de la empresa	2
1.2.- Localización de la planta.....	3
1.3.- Ubicación de la planta.....	4
1.4.- Misión	4
1.5.- Visión	5
1.6.- Política de productividad y calidad.	5
1.7.- Valores.	5
1.8.- Producto.....	6
1.9.- Organigrama de la empresa.	7
1.10.- Justificación del proyecto.....	8
1.11.- Objetivo del proyecto (general y específico).	9
1.12.- Problemas a resolver.	9
2.- DISEÑO DEL SISTEMA, Y SELECCIÓN DE FILTROS ADECUADOS.11	
2.1.- Filtración multicapas (Filtros multimedia o de lecho profundo).	12
2.2.- Filtros con adsorción en carbón activado.	14
2.3.- Soluciones de filtración.	16
2.4.- Velocidad optima del fluido a la entrada Del filtro carbón activado.....	18
2.5.- Tipos de carbón activado para filtros.....	18
2.6.- Regeneración de los filtros de carbón activado.	18
2.7.- Suavizadores (Ablandadores de agua o intercambio iónico).....	19
2.7.1.- Tipos y causas de dureza.	20
2.7.2.- Cinética y equilibrio del intercambio iónico.	22
2.8.- Regeneración de la resina.....	27
2.8.1. Cantidad de sal para regenerar agua dura.....	30
2.8.2. Control de regeneración automática.....	31
2.9.- Resinas intercambiadores en ciclo sódico.	32
2.10.- Sistema de resinas catiónicas/aniónicas con ácido.	35
2.10.1.- Características de las resinas catiónicas y aniónicas.	37
2.11.- Parámetros de un filtro de grava y arena.	39
2.12.- Parámetros de un filtro de resinas y sus características.....	39
2.13.- Sistemas de osmosis inversa.	40
2.13.1.- Sistema de osmosis inversa.	40
2.13.2.- Osmosis inversa.	42
2.13.3.- Las ventajas de la osmosis inversa.....	46
2.13.4.- Limitaciones básicas en la osmosis inversa.....	47

2.14.- Purificación por rayos UV.	48
2.15.- Tubo de PVC.	52
2.15.1.- Tubo sanitario de PVC.....	52
2.15.2.- Características de la tubería de PVC sanitaria	53
2.15.3.- Ventajas del uso de la tubería de PVC.	53
2.15.4.- Limitaciones en el uso de tubería de PVC.	54
3.- ELABORACIÓN DE LA MEMORIA DE CÁLCULO DE LA PROPUESTA DE REDISEÑO Y ANÁLISIS EXPERIMENTAL DEL PH.	55
3.1.- Elaboración de la memoria de cálculo De la propuesta de rediseño.	56
3.2.- Análisis experimental del PH.	65
4.- AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LOS DEPÓSITOS DE AGUA. ...	68
4.1.- Automatización en los depósitos de agua.	69
4.2.- Esquema del circuito.....	71
5.- ANÁLISIS DE COSTO.....	75
5.1.- Objetivo.	76
5.2.- Análisis de costo para el rediseño de tuberías.....	76
5.3.- Análisis de costo para la automatización.	77
6.- PARÁMETROS PARA EFICIENTAR EL SISTEMA DE TUBERÍAS Y FILTROS.....	78
6.1.- Métodos para efficientar los filtros.	79
6.2.- Velocidad adecuada del fluido.....	79
6.3.- Lavado periódico de la resina.....	79
6.4.- Retro-lavado.....	83
6.5.- Volumen de la resina en los filtros suavizadores.	80
6.6.- Cantidad de sal adecuada.	80
6.7.- Hacer uso de TwinOxide.	80
6.7.1.-sistemas de suministro de dióxido de cloro avanzada.	82
6.7.2.-Dosis muy eficiente y la desinfección del agua.....	83
6.7.3.-Equipo de apoyo.	83
7.- ANEXOS.....	84
9.-CONCLUSIONES.	88
8.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

1. INTRODUCCIÓN

En el presente informe se pretende dar a conocer habilidades y aplicar conocimientos obtenidas a lo largo de la formación profesional obtenidas en el instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez en la carrera de ingeniería mecánica con especialidad en mecatrónica.

El lugar de desempeño de la práctica profesional se realizara en la empresa Lácteos de Chiapas S.A de C.V es una de las plantas ultra pasteurizadoras y está ubicada en el municipio de Berriozábal, Chiapas como punto estratégico de las distintas regiones de producción lechera del estado de Chiapas y de las principales ciudades de consumo de leche industrializada.

La planta cuenta con un sistema de tratamiento de agua dura que tiene una deficiencia en su estructuración por ello se opta por hacer un rediseño y aumentar su eficiencia para el beneficio de la misma teniendo un lapso de tiempo de 6 meses para realizar dicho proyecto que es rediseño y automatización al sistema de tratamiento de agua para el proceso de producción.

Es indiscutible que todos los elementos mecánicos están sujetos al deterioro de sus características físicas, y la maquinaria en producción no es la excepción, por lo que, uno de nuestros objetivo como ingeniero mecánicos es el cuidar que la planta de tratamiento de agua proporcione de manera permanente el servicio para el cual fue diseñada con el máximo rendimiento y economía.

1.1.- ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La empresa Pradel surge de la inquietud de un grupo de ganaderos, que al darse cuenta de que el campo ya no está siendo redituable debido al alto costo de mantenimiento y control sanitario del ganado y al bajo precio que se ha vendido la leche por muchos años.

Chiapas ha sido por tradición productor de leche por lo que el proyecto de la planta ultra pasteurizadora se hizo viable en la zona centro del estado. De la producción total de leche que se produce en Chiapas, el 30% era comparado por la compañía Nestlé, el resto se utiliza en la elaboración de quesos y venta de leche bronca sin contar lo que se destina a la alimentación de los becerros.

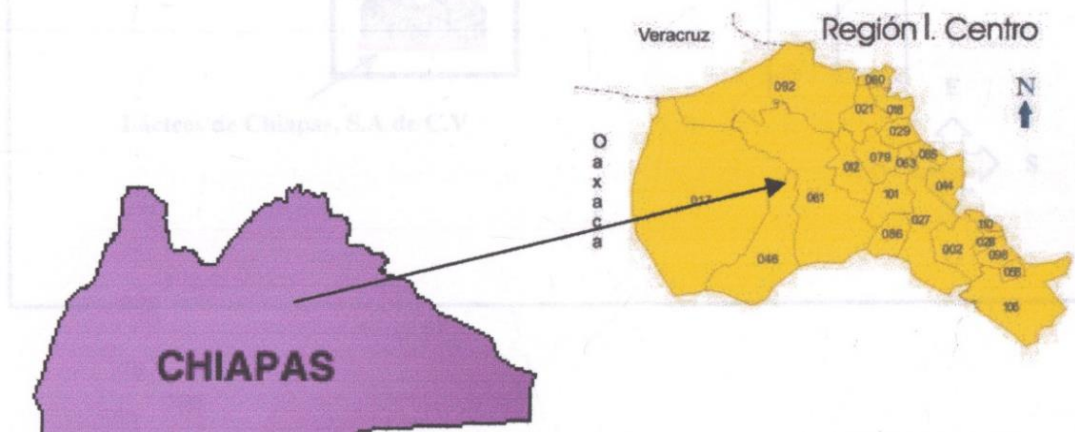
De esta manera nace la primera planta Ultra Pasteurizada en Chiapas con denominación social "LACTEOS DE CHIAPAS S.A de C.V.". La cual procesa 30,000 litros de leche diario, dicha empresa está construida por ganaderos que al comprar acciones tiene la ventaja de vender su producto a la planta, siempre y cuando cumpla con las normas de calidad establecidas. La empresa cuenta con maquinarias de tecnología de punta adquirida a la compañía Tetra Pak. La cual envasa leche UHT en presentaciones de 1 litro. Actualmente "Lácteos de Chiapas" ha alcanzado un crecimiento considerable en el estado, por lo cual busca contribuir a la salud y bienestar de las familias chiapanecas proporcionándoles un alimento natural de buen sabor y calidad elaborado en el estado. PRADEL desea mejorar la calidad y el nivel de vida de muchos chiapanecos, brindar fuentes de empleo directos e indirectos; lo más importantes son las utilidades que genera para con el estado, ya que estas no se van a otro estado como ha sucedido y sigue sucediendo con empresas de capital foráneo.

1.2.- LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

MAGROLOCALIZACIÓN



MICROLOCALIZACIÓN



1.4.- MISIÓN

Transformar el café primario y obtener un producto de la más alta calidad que satisfaga las necesidades del consumidor, contribuyendo al desarrollo social y económico de Chiapas.



1.3.- UBICACIÓN DE LA PLANTA

La empresa lácteos De Chiapas S.A de C.V se encuentra ubicada en la Carretera Berriozábal Ocozocoautla km. 3.5, Berriozábal Chiapas.



1.4.-MISIÓN

"Ser un medio de comercialización de la leche de los socios productores para darle un valor agregado al trabajo en el campo a través del crecimiento y rentabilidad de la planta ultra pasteurizadora, produciendo alimentos de alta calidad y logrando la absoluta satisfacción de los clientes y el desarrollo de nuestra gente"

1.5.-VISIÓN.

Ser la planta de Ultra pasteurización que surta la mayor demanda de productos de larga vida. En el sureste del país con calidad y rentabilidad.

1.6.-POLITICA DE PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD.

Es política de calidad de lácteos de Chiapas, S.A de C.V. asegurar que todos los productos satisfagan las necesidades de sus clientes en los aspectos de calidad, precio, seguridad y atención, y con esto buscar el liderazgo, posicionamiento y preferencia en el mercado.

Es política de calidad de lácteos de Chiapas, S.A de C.V. que en todos los niveles jerárquicos se promueva el desarrollo en dirección a la calidad total y a la mejora continua a través de la capacitación constante y la actualización tecnológica.

1.7.-VALORES.

Algunos de los valores que los distingue como empresa y los orienta como individuos para el logro de sus propósitos son:

- Calidad.
- Pasión por el servicio.
- Compromiso con los socios.
- Cooperación.
- Honestidad.
- Lealtad
- Desarrollo de los colaboradores.

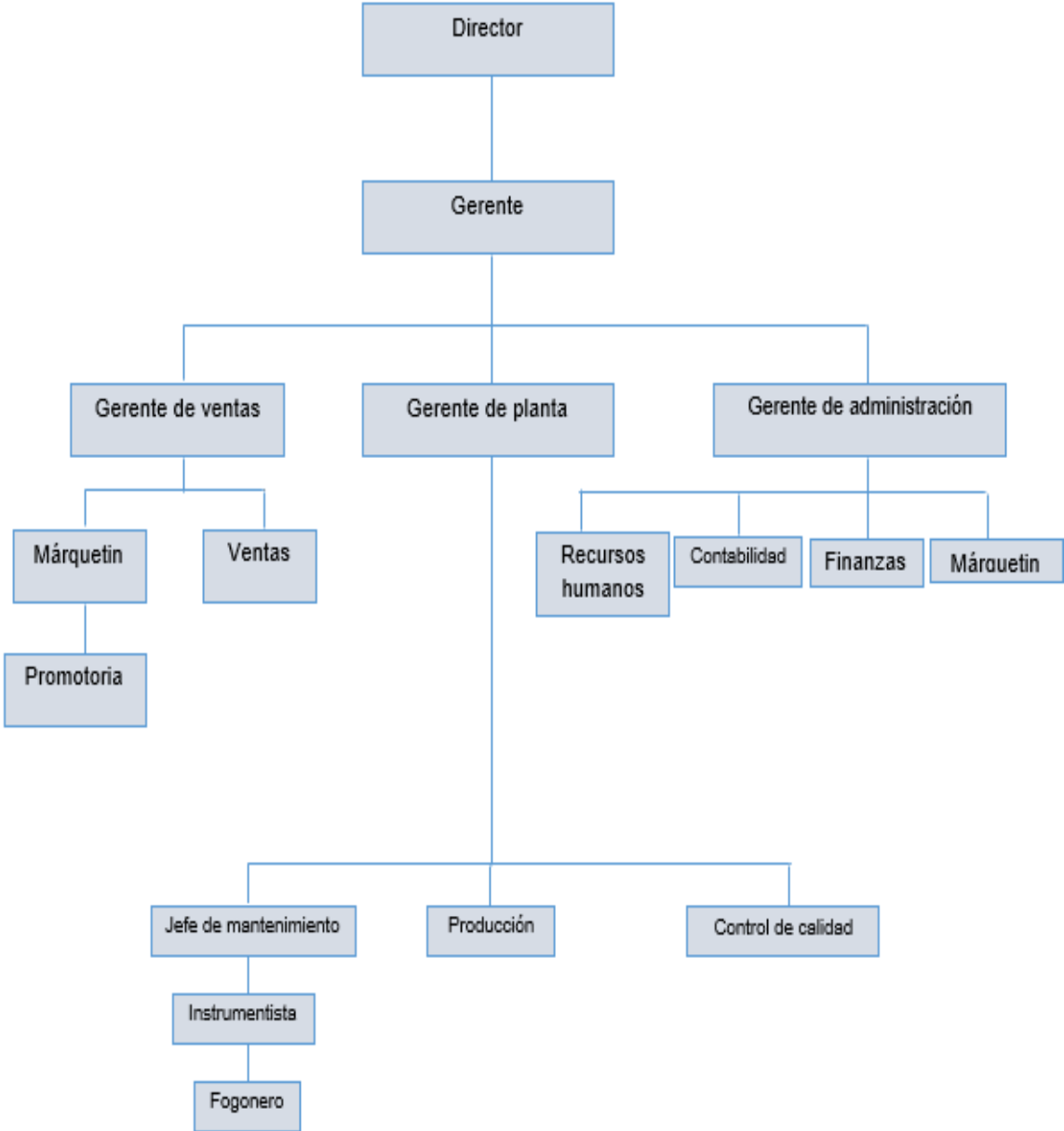
1.8.- PRODUCTO

PRODUCTO	PRESENTACIÓN
Leche UHT Entera	1 litro
Leche UHT Semidescremada	1 litro
Leche UHT Light	1 litro

El producto presenta las siguientes características:

- Leche natural, sin químicos, sin conservadores artificiales.
- Elaboración con la más alta tecnología TETRAPAK.
- Compite en calidad con otras marcas reconocidas fuertemente en el mercado.
- El producto no tienen que viajar grandes distancias para llegar a su mesa, garantizado fresca y reduciendo costo de transportación y distribución, por lo tanto ofrece bajo precio.
- La alimentación de ganado en el estado, es del 90% de libre pastoreo lo que hace que la leche de Chiapas sea rica en nutrientes, 100% natural y con un buen sabor, así es Pradel, totalmente Chiapaneca.

1.9 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



1.10.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En el mundo industrial actual se requiere ser una empresa de alta eficiencia que pueda brindar productos de calidad con un costo mínimo de producción, que le permita ser competitiva. Lácteos de Chiapas S.A. de C.V. es una empresa cuya misión es transformar la materia prima y obtener un producto de la más alta calidad que satisfagan las necesidades del consumidor, contribuyendo al desarrollo social y económico de los socios ganaderos.

La reutilización de aguas de pozo profundos es una técnica que puede cambiar la vida de todo el mundo. Con este sistema se logra economizar el uso del agua que se utiliza para el beneficio de la empresa Lácteos de Chiapas S.A. de C.V.

Así, al ahorrar parte de este vital líquido, se puede asegurar que en un futuro no muy lejano el problema de la escasez de agua no será un tema crítico de la sociedad y de la economía o que pueda ser causa de grandes conflictos. En la actualidad toda empresa tiene que tener un sistema acto para su producción si quiere continuar en el mercado por ello se va rediseñar el sistema de tuberías utilizado actualmente, eficientar, los filtros que están actualmente y automatizar el depósito de agua. Con la realización del presente proyecto se lograra facilitar la operación ya que obtendremos datos para dar a conocer que velocidad es la adecuado en las entradas de los filtros para resguardar la resina de los suavizadores y el carbón de cascara de coco para lograr una producción optima y larga duración de los materiales, en el depósito de agua usaremos tres sensores para que indique tolerancias de niveles mínimos y uno máximos, en caso de no poderse cumplir con los valores establecidos sonara un buzer que indique la falla en alguna de las variables.

1.11.-OBJETIVO DEL PROYECTO

1.11.1-OBJETIVO GENERAL

Rediseño del sistemas de tuberías en los filtros de tratamiento de agua, análisis de elementos que permitan una mayor eficiencia de los filtros y automatizar los depósitos de agua dura y tratada.

1.11.2-OBJETIVO ESPECÍFICO

- Analizar los elementos que constituyen actualmente el sistema de tratamiento de agua básico.
- Rediseñar el sistema de tuberías para distribución utilizado en el proceso de producción para eficiente el sistema.
- Realizar una investigación para la instrumentación del depósito de agua.
- Automatización del depósito de agua utilizando un software que permita verificar parámetros de nivel en depósitos de agua.
- Se realizaran propuestas para mejoras a la eficiencia de los filtros usados actualmente.

1.12.-PROBLEMAS A RESOLVER.

Eliminar la "dureza" del agua, es decir, los carbonatos de calcio y magnesio (sarro) que contiene el agua extraídos de los pozos profundos; eliminando así las molestas acumulaciones que se van formando en las tuberías y en los accesorios (llaves, llaves mezcladoras, tinacos, y calentadores) en instalación industrial.

Esto además de ser costoso, ocasiona muchas molestias. En ocasiones es necesario cambiar tramos enteros de tubería debido a que el sarro está demasiado incrustado y no es posible eliminarlo con métodos convencionales. En ocasiones los tramos de tubería que hay que cambiar están dentro de alguna pared o piso, siendo necesario romper para poder cambiar el tramo de tubería obstruido.

Se tiene un depósito de agua de ciento treinta y cinco mil litros que está siendo abastecido por tres pozos profundos, agua que es demasiado dura aproximadamente 450 ppm por esta razón se pasa por filtros de: arena, carbono y suavizadores de resina y llena un depósito secundario, el segundo depósito se verifica el nivel manualmente para saber si existe fluido suficiente o no, de no existir fluido suficiente se activa una bomba centrífuga en el primer depósito y se hace el llenado del segundo depósito, este método no es la más correcta pues se pierde tiempo y no se controla niveles exactos de fluidos, además de presentarse una pérdida de tiempo en la verificación del agua.

En el presente proyecto se dan propuestas para la solución de los problemas ya mencionados.

CAPÍTULO 2

**DISEÑO DEL SISTEMA, Y
SELECCIÓN DE FILTROS
ADECUADOS.**

2.1.-Filtración multicapas (Filtros multimedia o de Lecho Profundo).

Se entiende por filtración al proceso de eliminación de materia suspendida en el agua mediante su paso a través de un material poroso que puede estar contenido en un filtro.

La materia en suspensión (sólidos suspendidos) está compuesta principalmente por partículas o gránulos de tierra, arena y sedimentos pero también incluye organismos vivos como algas, bacterias, virus y protozoarios.

Los filtros multicapas (*Fig. 2*), tienen la finalidad de remover sólidos suspendidos en el agua de tamaños de hasta 10 micrómetros lo que quiere decir que todo sólido en suspensión (tierra, polen, basuras pequeñas, etc.) mayor a 10 micrómetros quedarán retenidos en el filtro para después ser desechados y de esta forma no permitir que los sólidos pasen a la siguiente etapa del proceso.

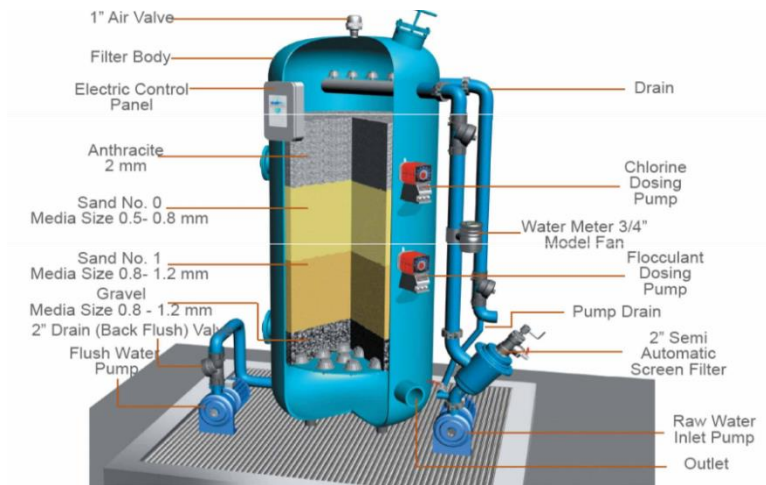


FIGURA 2. Muestra de un filtro multicapas.

La filtración se lleva a cabo por una diferencia de presión que hace necesario el uso de un equipo de bombeo o hidroneumático. Dicha función tiene como beneficio que el agua tratada quede parcialmente libre de sólidos en suspensión los cuales afectan la calidad del agua de reutilización y del proceso de filtración es del tipo profundo en donde la capa superior de material filtrante es la de mayor tamaño de fragmentos, después el agua pasa a una capa de menor tamaño de fragmentos y por último pasa por una capa fina de fragmentos que hacen la filtración final de 10 micrómetros.

Estas capas de material tienen diferente densidad, de tal forma que al realizar el mantenimiento las capas se acomodan siempre de fragmentos mayores en la parte superior a fragmentos finos en la parte inferior. Todo esto va soportado por una capa de grava proporcionando de esta forma una gran capacidad de retención de suspendidos.

Para saber el tamaño, las dimensiones o el volumen del filtro multicapas, que se requiere para un proceso dado, es necesario conocer el flujo, caudal o gasto de agua que se necesita filtrar, es decir, saber el flujo de agua a obtener y, además, el tipo de válvula o cabezal deseado en el filtro. (Ver Fig. 2.1)

La válvula puede ser manual o automática, mecánica o digital y esto es muy importante porque precisamente de eso depende si los retro-lavados del filtro se harán automáticamente o si es necesario que se realicen manualmente.

El retro-lavado del filtro multicapas no es otra cosa que invertir el flujo en el tanque de filtración para desechar o eliminar todas las partículas que han sido retenidas en el proceso. Por medio del retro-lavado se limpia el filtro multicapas. Por lo general, ese flujo de agua se desecha a través del drenaje (ya que lleva consigo todas las partículas mayores a 30 micras retenidas) en no más de 15 minutos.



FIGURA 2.1. Ejemplo de un tanque filtro con válvulas manuales.

Estos filtros de multicapas pueden operar por periodos más largos de tiempo antes de requerir limpieza, ya que el filtro puede retener más turbiedad en su medio, medido como unidades nefelométrías de turbiedad (NTU o UNT). [1].

2.2.-Filtros con adsorción en carbón activado.

La función del filtro de carbón activado es la de remover contaminantes, como son olor y sabor, del agua por medio de adsorción. (*Ver Fig. 2.2*).

La adsorción es un proceso por el cual moléculas de impurezas se adhieren a la superficie del carbón activado. La adherencia es gobernada por una atracción electro- química.

El carbón activado es preparado a partir de diversos materiales, tales como, carbón, madera, cáscaras de nueces y petróleo. El carbón se transforma en "activado" cuando es calentado a altas temperaturas (800 °C a 1000 °C) en la ausencia de oxígeno. El resultado es la creación de millones de poros microscópicos en la superficie del carbón. Esta enorme cantidad de área

superficial proporciona grandes oportunidades para que tenga lugar el proceso de adsorción.

El proceso de adsorción trabaja como un imán para mantener las impurezas en la superficie del carbón activado. Esto es una acción diferente de aquella que actúa como una esponja en el proceso de absorción, en el cual un gas o líquido es succionado hasta el centro del cuerpo poroso y allí mantenido.

El carbón activado también es conocido por su extraordinaria habilidad en eliminar el cloro y su gusto y olor relacionados por la reducción química para una forma no detectable por los sentidos (por ejemplo, cloruros).

Los filtros de carbón activado remueven los compuestos orgánicos volátiles (VOC), los pesticidas y herbicidas, los compuestos con tritio, metano, radón, los solventes y otros productos hechos por el hombre y que encontramos en el agua. Los VOC tienen todo tipo de reactivos químicos con importantes propiedades en común cuando están presentes en el agua a baja concentración, algunos VOC producen un suave y agradable olor. Los compuestos orgánicos volátiles pueden tener serios efectos sobre la salud. A altas concentraciones de esos compuestos, muchos VOC pueden causar problemas psicológicos al atacar el sistema nervioso central como depresión, decaimiento y estupor. También, puede irritar o atacar, al estar en contacto con la piel, las membranas mucosas por inhalación. [5,9]

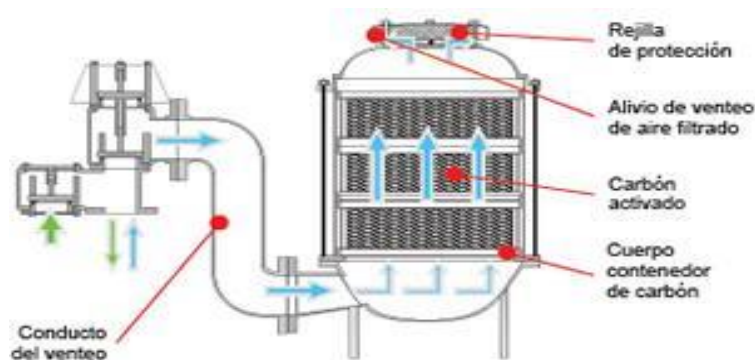


FIGURA 2.2. Filtros por absorción en carbón activado.

2.3.-Soluciones de Filtración.

La adsorción por el carbón activado es en general referida como un proceso de filtración.

Los filtros de tratamiento pueden estar instalados en el punto del uso o en el punto de entrada.

El sistema de tratamiento es recomendado para remover los VOC (compuestos orgánicos volátiles). Para el uso de todo tipo, sea para beber, cocinar, limpiar, o bañarse libre de toda contaminación. Los filtros de carbón activado son unos filtros típicos usados para reducir el nivel de VOC en el agua para reutilización.

Grandes concentraciones de contaminantes y de consumo de agua reducen la vida del carbón. El agua que entra y pasa por el filtro puede ser testado periódicamente para indicar si el sistema de tratamiento funciona perfectamente.

Algunas bacterias pueden producirse sobre la superficie del filtro de carbón. Es recomendable que el agua sea desinfectada después de que pase a través del filtro para mayor seguridad. Muchos tipos de desinfección son utilizables. La luz ultravioleta (UV) es uno de ellos.

El carbón activado granular es un material que se utiliza para filtrar químicos y microorganismos nocivos del suelo y el agua contaminados.

A medida que el agua fluye a través de un filtro de carbón activado granular, los químicos se adsorben o se adhieren a la superficie y dentro de los millones de micro poros de los gránulos del carbón activado. Los filtros de carbón activado se utilizan siempre como parte de un sistema de extracción y tratamiento para limpiar aguas subterráneas, de ríos, lagos, pozos, manantiales, aguas municipales, generalmente como segunda etapa después de un filtro multimedia. Un filtro de carbón activado consiste en un recipiente o columna empacada o rellena de gránulos. Su estructura y propiedades le permiten adsorber específicamente aquellos químicos peligrosos que se encuentran en el agua a tratar.

El tratamiento con carbón activado proporciona excelentes resultados al eliminar cloro, mal olor, microorganismos y patógenos como virus y bacterias, mejora el sabor y color del agua, retiene una amplia gama de químicos como pueden ser combustibles, bifenilos, poli clorados, dioxinas y desechos radioactivos. Asimismo, puede eliminar ciertos tipos de metales como plomo, cadmio o mercurio, siempre que los metales pesados se encuentren presentes en pequeñas cantidades. [5,6]

2.4.-Velocidad optima del fluido a la entrada del filtro carbón activado.

Para hacer su función el filtro de carbón activado requiere un flujo pico (en usos no críticos) no mayor a 10 GPM en un pie de área transversal del tanque o recipiente que lo aloja, siendo el flujo óptimo de 5 GPM en un pie.

Para las dimensiones del filtro en estudio y haciendo las conversiones necesarias la velocidad optima del fluido a la entrada de cada filtro seria 1.75 m/s .

2.5.-Tipos de Carbón Activado para Filtros.

Básicamente, existen 2 tipos de Carbón Activado:

- Carbón Activado en Polvo (P.A.C.).
- Carbón Activado Granular, en grano. (G.A.C.).

2.6.-Regeneración de los Filtro de Carbón Activado.

La duración de este tipo de filtros depende del volumen de líquidos a tratar y de la cantidad de moléculas a retener. Muchos de estos filtros vienen en formato "cartucho filtrante de carbón activado", que deben ser sustituidos como tal al final de su plazo de uso recomendado.

Otros filtros, o mejor dicho, el carbón activado de esos filtros, puede ser "regenerado", permitiendo continuar su uso con un rendimiento aceptable. Los métodos de regeneración de filtros de carbón activado suelen ser térmicos (en horno o mediante vapor, o también químicos.). [3,2].
(Ver Fig. 2.3).



FIGURA 2.3. Filtro de carbón activado con dispositivos opcionales.

2.7.-Suavizadores (Ablandadores de agua o intercambio iónico).

Para eliminar la dureza del agua o el sarro (carbonatos de calcio y de magnesio), el agua entra al suavizador por un orificio de admisión que se encuentra en la parte superior del equipo, pasa por un lecho de resina catiónica cargada con cloruro de sodio que atrae y atrapa las partículas de carbonato de calcio y de magnesio (intercambio iónico) reteniéndolas hasta que la resina se satura y es necesario regenerarla inyectándole cloruro de sodio que se encuentra en un depósito lateral al suavizador de agua. Con este proceso, el suavizador produce agua libre de sarro. Todo este proceso se realiza de manera automática.

El agua de lluvia, al filtrarse por la corteza terrestre y avanzar en el manto freático, disuelve ciertos minerales en su camino, causando que el agua se convierta en agua dura. Existen dos tipos de dureza y varios métodos de remoción.

Debido a los altos niveles de calcio y de magnesio, muchos tipos de equipos en la industria no funcionan correctamente, lo que puede conducir a un aumento en los costos de energía y / o un fallo completo del equipo.

Muchas plantas usan ablandadores de agua para alimentación de calderas, torres de refrigeración, suministro de agua a equipos especiales y varios tipos de agua de proceso. Al usar ablandadores de agua para alimentación de calderas, hay varios factores que intervienen en los bienes comunes de diseño:

- PH de la caldera.
- retorno de condensado.
- presión de trabajo.
- dureza del agua.

La alimentación de la caldera típicamente consiste en alternar ablandadores de agua para permitir una alimentación continua de agua blanda. Debido a la eficiencia de las calderas, capacidad y la velocidad de flujo no es el problema principal en el diseño del sistema ablandador de agua. Cuanto mayor sea la presión de funcionamiento de la caldera, los requisitos de calidad del agua más estrictos serán. [4]

2.7.1-Tipos y causas de dureza.

De acuerdo a la concentración de carbonatos contenidos en el agua, ésta puede clasificarse en niveles de dureza, la siguiente tabla indica las cantidades de sales. Ver tabla (1).

Denominación	Ppm de CaCO₃
Agua suave	0-150 ppm
Agua Poco Dura	150-250 ppm
Agua Dura	250-600 ppm
Agua Excesivamente Dura	Más de 600 ppm

Tabla.1 Clasificación de tipos de dureza

- Dureza de carbonatos. Es causada por la combinación de carbonatos de calcio y magnesio con el dióxido de carbono para formar bicarbonatos de calcio y de magnesio. Se llama así porque la mayoría de los carbonatos se precipitan cuando el agua es hervida, sacando el dióxido de carbono, dejando los carbonatos que son insolubles. El óxido de calcio es usado para ablandar, suavizar, acondicionar el agua cuando hay alto contenido de dureza de carbonatos.
- Dureza de no carbonatos. La dureza no carbonatada o de no carbonatos es llamada dureza permanente, y se debe principalmente a los sulfatos de calcio y de magnesio. El nombre común para el sulfato de calcio es "gypsum" y para el sulfato de magnesio es "sales epsom". Los cloritos y nitratos de calcio y magnesio también forman agua no carbonatada pero no son tan comunes como los sulfatos. Los compuestos que causan la dureza no carbonatada no precipitan al hervirse. El carbonato de sodio comúnmente llamado "ceniza de sosa", es usado para suavizar aguas con alto contenido de dureza no carbonatada.

El exceso de calcio en el cuerpo humano puede traer consecuencias graves a la salud, como el desarrollo de piedras en los riñones, esclerosis y problemas en los vasos sanguíneos. Este problema se encuentra de forma común en el agua con que se surten zonas de parcelas agrícolas.

El agua dura se encuentra prácticamente en todos los sitios y es la causante de los depósitos blancos y grisáceos que tapan las tuberías, en especial las de agua caliente. Por la dureza del agua aparecen manchas en la cristalería, loza, baños y en la pintura de los automóviles.

La solución al problema es atacar el calcio y el magnesio. La respuesta más popular es un ablandador de agua. Los suavizadores se encargan de eliminar la dureza en el agua (sarro). Estos equipos intercambian iones de calcio y magnesio por iones de sodio con la ayuda de una resina catiónica. [7,8].

2.7.2.-CINÉTICA Y EQUILIBRIO DEL INTERCAMBIO IÓNICO

Una reacción de intercambio iónico es aquella en la cual un átomo o una molécula que han ganado o perdido un electrón, y que por lo tanto adquiere una carga positiva o negativa, se intercambia por otra partícula de igual signo pero de naturaleza diferente. Esta última partícula inicialmente está ligada a la superficie de un cuerpo sólido inerte y pasa a solución y su lugar es ocupado por otra partícula que queda retenida (temporalmente) en la superficie del polímero o soporte.(FIG. 2.4). Este soporte sólido puede ser una zeolita natural o un polímero sintético, aunque en la actualidad por su mayor capacidad de intercambio y menor costo, casi siempre se emplea una resina sintética. Una reacción de intercambio en una resina puede ser representada de la siguiente manera:

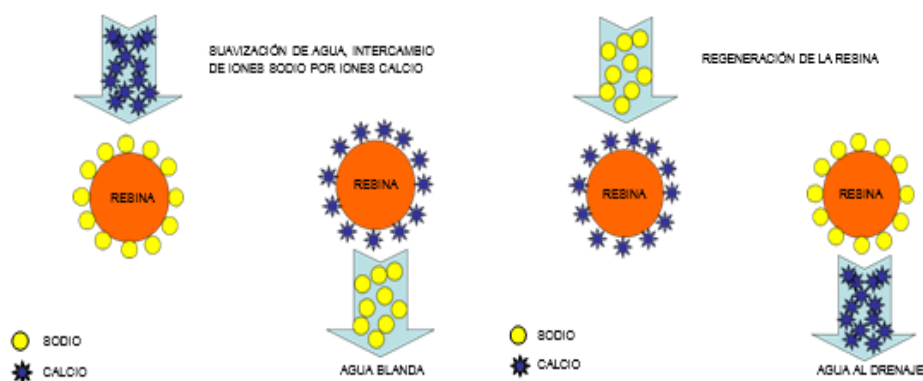
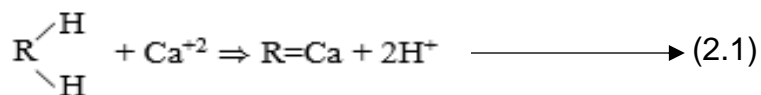


Figura.2.4. Resina de intercambio iónico en el ciclo sodio, en proceso de suavización del agua y durante el paso de regeneración.

En esta reacción química, el calcio Ca^{+2} se intercambia por su equivalente que son dos iones sodio Na^{+} . Químicamente esta reacción es de intercambio o desplazamiento y el grado o extensión en que se lleva a efecto tal reacción depende de factores tales como: temperatura, pH, concentración de la especie en solución y naturaleza del ión. Para la reacción anterior, la constante de equilibrio sería:

$$K_1 = \frac{[\text{Na}^{+}]^2}{[\text{Ca}^{+2}]} \longrightarrow (2)$$

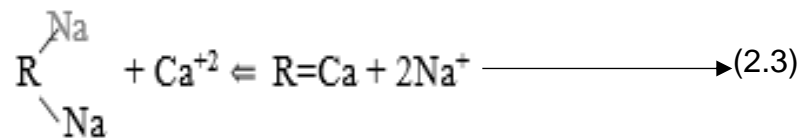
Para una temperatura determinada K, la constante de equilibrio, tiene un valor fijo que depende de la naturaleza del ión que es desplazado y del que se adhiere a la superficie del polímero. Por ejemplo, si sobre la superficie de la resina se tienen iones hidrógeno la reacción sería:



El valor constante del equilibrio es:

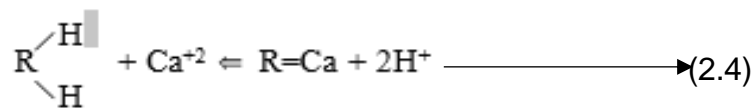
$$K_2 = \frac{[\text{H}^{+}]^2}{[\text{Ca}^{+2}]} \longrightarrow (2.2)$$

Es evidente que K_1 y K_2 serán diferentes para las dos reacciones anteriores. También, el desplazamiento o sentido de la reacción, de acuerdo al principio de Le Chatellier, dependerá de la concentración de las especies en solución, y este hecho se aplica para la regeneración de la resina intercambiadora. Por ejemplo: para regenerar una resina saturada en calcio se revierte el equilibrio incrementando sensiblemente la concentración de sodio y la reacción sería:



En otras palabras, si a una resina saturada en calcio se le agrega una solución de alta concentración de sodio, los iones sodio desplazan el calcio de los sitios activos de la resina y la resina se "regenera".

De igual manera, si a una resina saturada en calcio se le agregan iones hidrógeno en alta concentración, los sitios activos son ocupados por hidrógeno y la resina vuelve a su condición original.



En la práctica o en el "mundo real", los iones que se adhieren a los sitios activos de la resina son de muy diferente tipo y pueden ser removidos total o parcialmente durante el proceso de regeneración.

Si la naturaleza o la concentración de los iones en solución son similares, el orden de preferencia o la selectividad de la resina para los diferentes iones es la que se presenta en la Tabla (2.1)

Tabla 2.1: Orden de selectividad decreciente de los iones en resinas de intercambio iónico, a igual concentración de la especie en solución.

CATIÓN	ANIÓN
Fierro Fe^{+3}	Cromato CrO^{-2}
Aluminio Al^{+3}	Sulfato SO^{-2}
Plomo Pb^{+2}	Sulfito SO^{-2}
Bario Ba^{+2}	HPO^{-2}
Estroncio Sr^{+2}	CNS^{-}
Cadmio Cd^{+2}	CON^{-}
Níquel Ni^{+2}	Nitrato NO^{-}
Zinc Zn^{+2}	Nitrito NO^{-}
Cobre Cu^{+2}	Yoduro I^{-}
Fierro Fe^{+2}	Bromuro Br^{-}
Manganeso Mn^{+2}	Cloruro Cl^{-}
Calcio Ca^{+2}	Cianuro CN^{-}
Magnesio Mg^{+2}	Bicarbonato HCO^{-}
Potasio K^{+}	$HSiO^{-}$
Amonio NH^{+}	Hidróxido OH^{-}
Sodio Na^{+}	Fluoruro F^{-}
Hidrógeno H^{+}	
Litio Li^{+}	

La cinética o velocidad con que se efectúa la reacción de intercambio se ha observado que es sumamente rápida y ocurre en segundos, cuando el catión o el anión tienen contacto con el grupo funcional de la resina. Esta alta velocidad de reacción se debe a que no es necesario romper enlaces químicos para que proceda la reacción. La

velocidad de intercambio está en función de la movilidad del ión o su facilidad a difundirse en la estructura de la resina. La estructura tipo gel de la resina y el grado de porosidad obtenido en el proceso de polimerización, es lo que determina la eficiencia de la resina en su capacidad de intercambiar iones con el agua en su contacto. Los cationes comúnmente encontrados en el agua son calcio, magnesio, sodio, hierro, y manganeso. Los aniones comúnmente encontrados en el agua son bicarbonatos, carbonato, cloruro, sulfato y nitrato. Hay ocho compuestos que generalmente se asocian con el problema de la dureza. Estos compuestos son divididos en dos clasificaciones en relación a su facilidad de remoción.

La dureza temporal puede ser causada por bicarbonato de calcio, carbonato de calcio, bicarbonato de magnesio, y puede ser removida mediante la ebullición del agua.

La dureza permanente es causada por el cloruro de calcio, sulfato de calcio, sulfato de magnesio, y cloruro de magnesio. Estos compuestos también son llamados dureza no carbonatada. Los problemas de dureza son ocasionados por los cationes calcio y magnesio. Si los cationes de calcio y magnesio son removidos para remplazarlos por cationes de sodio, los problemas de la dureza pueden ser eliminados.

La separación de los iones y el intercambio es logrado por el uso de una columna de resina aniónica insoluble que es mantenida neutra por iones sodio. Al pasar el agua que contiene cationes, calcio, y magnesio, por la columna de resina, los cationes de calcio y de magnesio se adhieren a la resina y son reemplazados por cationes de sodio que tenía la resina.

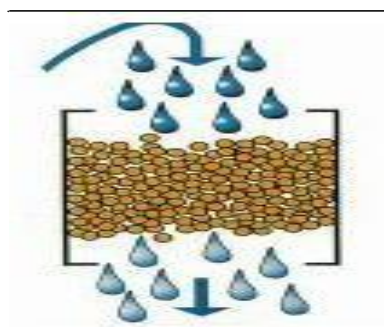
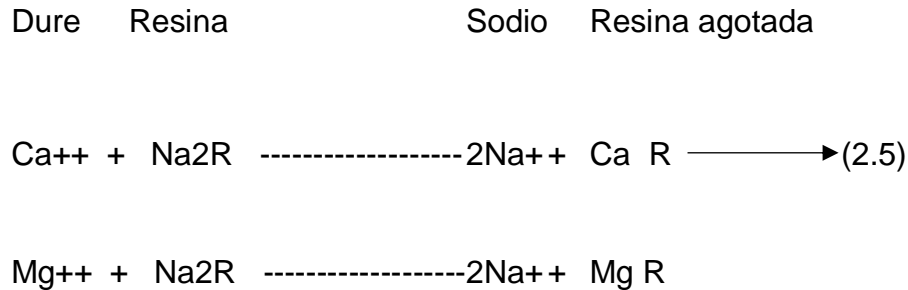


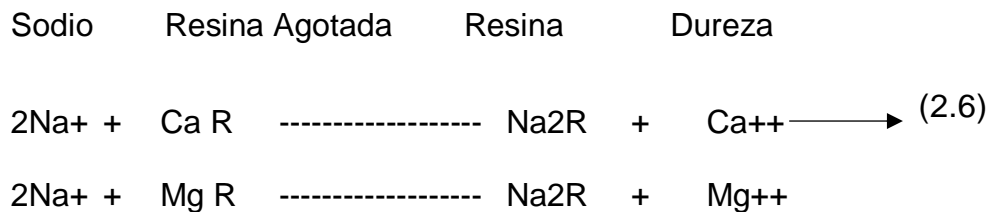
FIGURA 2.5 Principio de funcionamiento de un suavizador de agua dura.

La columna de resina puede suavizar el agua mientras contenga cationes de sodio, al alcanzar el contenido de sodio, la resina debe ser regenerada con sal (NaCl).

El proceso de intercambio es como sigue:



Para regenerar el suavizador, una solución fuerte de salmuera es usada. La solución fuerte de salmuera forzaré al calcio y al magnesio de regreso a la solución. Los cationes de sodio se adhieren a la resina para mantenerla eléctricamente neutra. [11].



2.8.-Regeneración de la resina.

Después de que la resina se encuentra saturada (con el calcio y el magnesio que ha removido del agua ya tratada), es necesario regenerar esta. Para esto se efectúan las siguientes operaciones (Figura 2.6)

- **RETRO-LAVADO:** En el retro-lavado se hace circular el agua de alimentación al filtro, de abajo hacia arriba, al contrario de como circula normalmente cuando el filtro está en operación. Esta agua de retro-lavado sale por la parte superior del filtro y es desechada. El retro-lavado tiene la finalidad de redistribuir el lecho o cama de resina y evitar que esta se compacte, formando canalizaciones en el agua que fluye, y disminuyendo con esto la eficiencia y capacidad del filtro.
- **SALADO:** Después del retro-lavado se hace circular una solución de sal a través del lecho de resina. Para esto se prepara una solución de sal en agua y se hace circular en el filtro, fluyendo esta solución de arriba hacia abajo. La cantidad de sal empleada es de aproximadamente 5 Kgs. de sal de grano por cada pie cúbico de resina en el filtro (aprox. 180 grs por litro de resina). Esta sal se disuelve en la cantidad de agua que sea suficiente para su disolución completa y se vierte en el filtro, o se agrega directamente a éste y se disuelve la sal agregando agua al recipiente.
- La solución de sal o la sal entera, se puede hacer pasar por el filtro abriendo este por la parte superior vertiendo la sal o solución salina, o también a través de una válvula de paso. En caso de que el volumen de salmuera sea considerable, es conveniente inyectar esta salmuera por medio de una bomba. En cualquiera de los dos casos la solución tiene contacto con la resina y ésta es regenerada. Con esto la resina regresa a su condición original y es capaz de remover nuevamente la dureza de un cierto volumen de agua que pase por el filtro. Durante el salado el agua que fluye y sale por la parte inferior del filtro es desechada hacia el drenaje.

- **LAVADO:** El lavado tiene como finalidad eliminar toda la solución de salado, que tiene una alta concentración de dureza (calcio y magnesio), para esto se hace fluir agua de alimentación (el agua que entra al filtro para tratamiento) de arriba hacia abajo, es decir, en la forma normal de operación del filtro, y el agua de lavado es desechada hacia el drenaje. Al término de la operación la resina y el filtro están listos para su operación normal.
- **SERVICIO.** El agua fluye a través de la cama de resina en un flujo hacia abajo, de tal forma que se introduce agua suave a las líneas de servicio. Si el agua tiene un contenido de dureza alta en sodio en sus sólidos disueltos habrá un "sangrado" de dureza. Cuando el contenido de sodio en el agua es alto, la resina tenderá a regenerarse mientras suaviza. La dureza se fugará de la resina y aparecerá en el agua de servicio.[3]

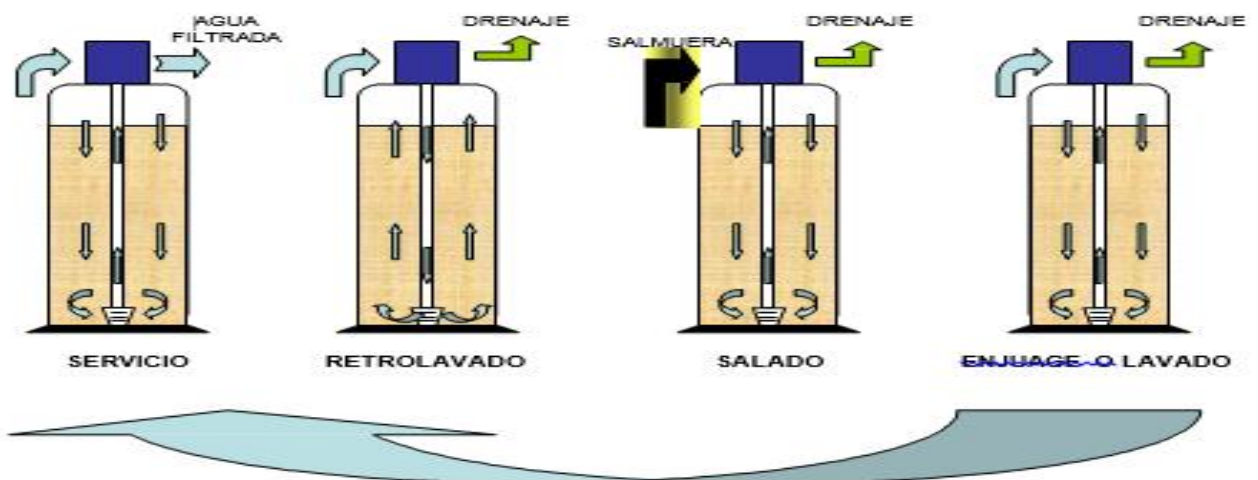


Figura 2.6 Secuencia en la regeneración de la resina en ciclo sodio con una solución concentrada de salmuera.

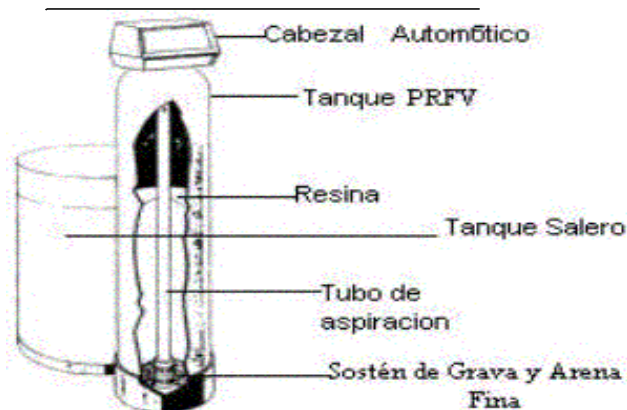


FIGURA 2.7. Muestra de un suavizador de agua con tanque de salmuera.

2.8.1 Cantidad de sal para regenerar agua dura.

La capacidad de intercambio de la resina depende en forma muy importante de la cantidad de sal utilizada para su regeneración: a mayor cantidad de sal, mejor se regenera la resina; no obstante la relación entre la cantidad de sal y el rendimiento de la regeneración no es lineal, como podemos ver en la siguiente tabla orientativa:

Gramos de sal por litro de resina	% de resina regenerada (y de ciclo)
250	100 % (como referencia)
200	90 %
150	80 %
100	70 %
80	60 %
60	50 %

Es mucho más rentable regenerar con 80 - 100 g de sal por litro de resina (en equipos industriales son los valores habituales) aunque el ciclo, lógicamente sea más corto.

Si se ha cálculos en el volumen de los filtros de resina tenemos lo siguiente:

$$V = (Ab) (h)$$

$$V = (\pi r^2) (h)$$

$$V = [(\pi(0.9)^2)/2] (0.35)$$

$$V = 0.4453 \text{ m}^3$$

$$V = 445.3 \text{ Litros.}$$

Para eficiencia de 80% tenemos:

Cantidad de sal para $n_{80\%}$ = 150 g (445.3 litros) = 66 795 g de sal.

Cantidad de sal para $n_{80\%}$ = 66.7 kg por cada filtro de resina.

Para eficiencia del 80%

Tenemos:

Si 1000 litros de resina es igual a 1 m^3 de resina entonces:

La cantidad de sal por cada m^3 es de 150 kg para regenerar la resina.

2.8.2.-Control de Regeneración Automática.

La mayoría de los suavizadores de agua tienen un sistema automático de regeneración. El tipo más básico tiene un cronómetro eléctrico que limpia y recarga el sistema en un horario regular. Durante la recarga, el agua suave no está disponible.

El segundo tipo de control usa un computador que controla la cantidad de agua usada. Cuando bastante agua ha pasado a través del depósito mineral como para haber agotado los granos de sodio, la computadora acciona la regeneración. Estos ablandadores tienen frecuentemente una capacidad de reserva de resina, para que agua ablandada esté disponible durante la recarga.

Un tercer tipo de control usa una escala mecánica para medir la cantidad de agua usada y para poner en acción la recarga. La ventaja de este sistema es que no hay componentes eléctricos, y el depósito mineral se recarga solo cuando es necesario. Cuando está equipado con dos depósitos de minerales, el agua suave está siempre disponible, aun cuando la unidad está recargando. El pretratamiento de ablandadores de agua o intercambio iónico del agua es esencial para cuando se usan equipos de osmosis inversa. [10].

2.9.-Resinas intercambiadoras en ciclo sódico.

Las resinas intercambiadoras de iones son hoy en día ampliamente utilizadas en el ablandamiento de aguas. Como ya se ha mencionado anteriormente, éstas consisten de esferas de polímeros de polivinilbenceno las cuales tienen terminales de grupos sulfónicos.

Estos son grupos funcionales que tienen capacidad de intercambio, donde se pueden fijar especies químicas tales como.

H^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , etc.

Cuando se pone en contacto una solución que contiene como cationes H^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ y K^+ , los cationes serán removidos selectivamente en orden a su relación tamaño/carga del ión (Tabla I), así como en función de la concentración del catión. La selectividad aumenta a medida que disminuye la relación tamaño/carga y también se incrementa con la concentración de la especie.

Si la resina está en contacto con una solución de igual concentración (igual normalidad) de iones Ca^{+2} , Mg^{+2} , y Na^+ , el orden de selectividad es $Ca^{+2} > Mg^{+2} > Na^+$ y de esta forma el calcio y el magnesio serán removidos antes que el sodio.

En una resina intercambiadora de iones en ciclo sódico, las terminales activas de las esferas de PVB (Polivinilbenceno) tienen grupos sodio, los cuales se intercambian por los iones Ca^{+2} y Mg^{+2} , en ese orden. El agua que ha estado en contacto con la resina ya no tiene cantidades apreciables de calcio y magnesio y se dice que el agua es blanda.

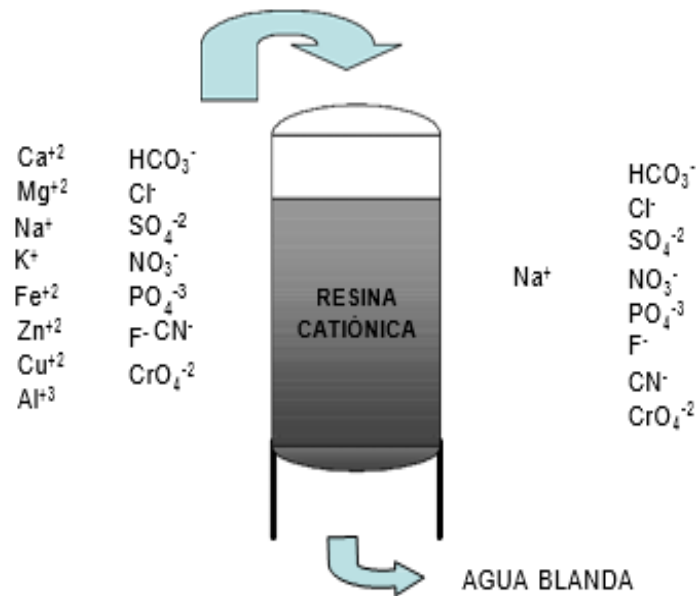


Figura 2.8 Tanque con resinas de intercambio iónico en ciclo sodio, para ablandamiento del agua, al intercambiar sodio por otros cationes, cuando fluye el agua y se pone en contacto con la resina.

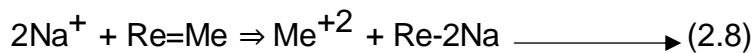
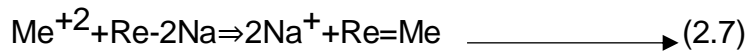
Es necesario recalcar que en el tratamiento de resinas ocurre un proceso de intercambio, ya que el calcio y el magnesio se integran a la estructura a la resina y el sodio que se encuentra inicialmente en la resina pasa a la solución acuosa.

Cuando la resina agota su capacidad de intercambio, las terminales activas de ésta se encuentran saturadas de iones de calcio y magnesio

principalmente, y ya no es posible remover la dureza del agua que se pone a su contacto.

Para recuperar esta capacidad se efectúa la regeneración de la resina, que consiste en hacer pasar por el lecho de resina una solución de cloruro de sodio de alta concentración y en exceso de la cantidad de sodio requerida estequiométricamente para volver a saturar en sodio los sitios activos de la resina.

La regeneración o recuperación de sodio en los sitios activos de la resina, es posible y explicable por el principio de Le Chatellier, ya que la alta concentración de sodio en la salmuera de lavado produce una reversión en la reacción de intercambio.



Me^{+2} puede ser: Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} , Fe^{+2} , Sr^{+2} , etc.

Re es la terminal activa de la resina

La reacción (2.7) representa el proceso normal de intercambio, tal y como ocurre cuando el agua a tratar fluye a través de la resina, mientras que la reacción (2.8) es cuando se agregan cantidades de sodio en exceso y en altas concentraciones, para invertir la reacción y favorecer que esta proceda en sentido inverso. Cuando la resina opera en una reacción de intercambio de iones sodio por otros iones en solución, se dice que la resina trabaja en ciclo sódico. Es evidente, de acuerdo a la reacción de intercambio, que la cantidad de sólidos disueltos en el agua no disminuye, por el contrario, aumenta ligeramente, ya que el peso equivalente del sodio es 23, mientras que el del calcio es 20 y el del magnesio es 12.15. [9].

2.10.-Sistema de resinas catiónicas/aniónicas con ácido.

Cuando la resina de PVB se regenera con ácido, las terminales o sitios activos de la resina adsorben sobre su superficie los iones hidrogeno H^+ que se producen por la disociación del ácido que se emplea para la regeneración de la resina. Estos iones se intercambian fácilmente por iones tales como: Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , Fe^{+2} , Sr^{+2} , K^+ , etc., los cuales, en mayor o menor grado se encuentran en aguas superficiales y subterráneas.

El resultado final en el proceso de intercambio, es un incremento en la concentración de iones hidrógeno en el agua y al mismo tiempo una disminución en la concentración de cationes de otra naturaleza. Esta reacción de intercambio es:



Los aniones presentes en el agua como: NO_3 , Cl , HCO_3 , CO_3 , SO_4 , etc. Deben removerse en una siguiente etapa de tratamiento. Para esto se emplea una resina anionica, la cual es también de policloruro de divinil benceno, pero la superficie activa es modificada para adsorber selectivamente los aniones. La reacción de intercambio en una resina anionica es:

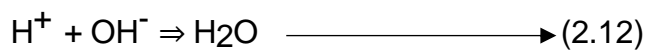


Es un anión monovalente tal como: NO_3 , Cl , HCO_3 , etc.

En caso de tratarse de un anión divalente tal como: CO_3 , SO_4 , etc., este ocupara un lugar doble en la superficie de la resina, pero el proceso de

intercambio es idéntico. Las reacciones de la resina, pero el proceso de intercambio es idéntico.

Las reacciones (2.9, 2.10, 2.11 y 2.12) muestran que el resultado final en un proceso de intercambio en resinas catiónicas y anionicas es la disminución de las especies químicas que se encuentra en solución en el agua a tratar, y la formación de iones hidrogeno e hidróxido, los cuales reaccionan inmediatamente para producir agua.



Cuando se desea obtener agua de muy alta pureza es, con un bajo contenido de sólidos, se utiliza un sistema de resinas catiónicas anionicas, para depurar dichas aguas.

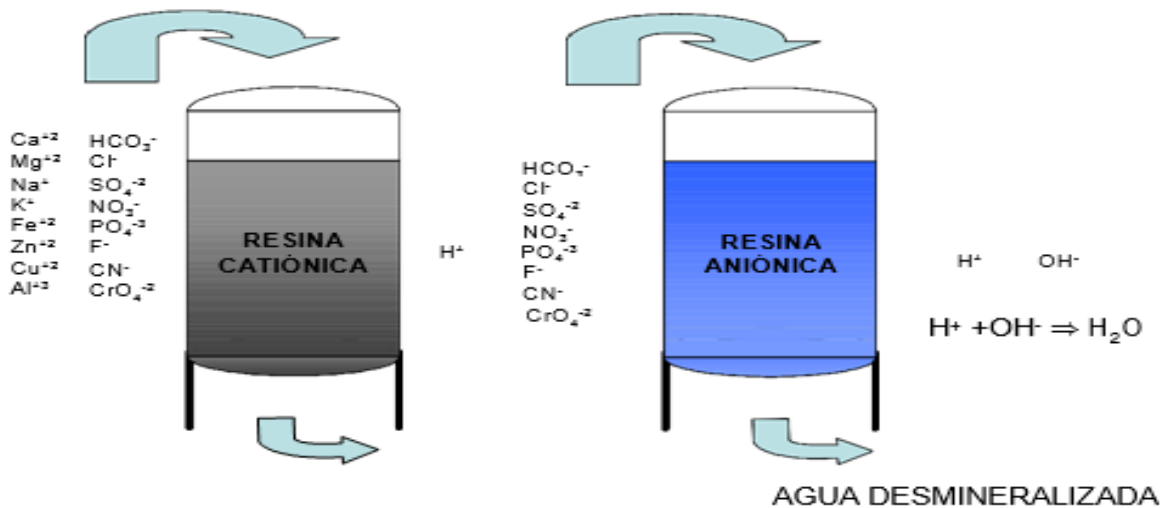


Figura 2.9 Desmineralización del agua por medio de resinas intercambiadoras de iones, una de ellas resina catiónica en ciclo hidrogeno y otra resina anionica en ciclo hidroxilo.

Una vez que se alcanza el límite de saturación en las resinas, es necesario su regeneración. La regeneración de las resinas, tanto la catiónica como la aniónica, se efectúa de la misma manera que en el ciclo sódico, solo que se emplean diferentes sustancias químicas para su regeneración.

En la regeneración de la resina catiónica o en ciclo ácido, se emplea cualesquier ácido fuerte tal como: nítrico, fosfórico, clorhídrico, sulfúrico, etc. En la práctica los ácidos más empleados son el clorhídrico y el sulfúrico por su bajo costo y disponibilidad.

En la resina aniónica o en ciclo básico, se emplean como regeneradores carbonato de sodio o hidróxido de sodio. Es frecuente que se produzca agua desmineralizada o de ionizada para usos industriales como: sistemas de enfriamiento, en calderas de alta presión, etc. pero no es común que estos sistemas se empleen en tratamiento de aguas potables. [9].

2.10.1.-Características de las resinas catiónicas y aniónicas

Como ya se ha mencionado, las resinas sean éstas: catiónicas, aniónicas o se encuentren en ciclo sódico o ácido, tienen una capacidad de intercambio que es limitada.

Una vez que se han ocupado todos los sitios de intercambio de la resina, ésta ya no remueve los cationes o aniones que están a su alcance y se dice que la resina está saturada.

Con el tiempo, la resina envejece y se desgasta y su vida útil es de 5 a 10 años, dependiendo de la calidad su condición original. Las características de una resina típica, disponible en el mercado, se describen en la Tabla (2.2)

RESINA CATIONICA

Tabla 2.2 Características de una resina catiónica y de una resina aniónica típica.

Forma Química	Sodio Na ⁺	Hidrógeno H ⁺
Capacidad Total	2.0 eq/lto	1.8 eq/lto
Capacidad Total	100 grs.	90 grs.
Capacidad de	44-48%	50-56%
Densidad	0.85 gr/lto	0.80 gr/lto
Regenerante	NaCl	HCl o H ₂ SO ₄
Cantidad	80-240 gr NaCl/lto de	130-200 grs HCl
Concentración del regenerante	10-25% NaCl	2-8% HCl 4-10% H ₂ SO ₄
Tiempo de	30 minutos	30 minutos
Agua de lavado	3-6 lts de	6-15 lts de

RESINA ANIÓNICA:

Forma Química	Cloruro Cl ⁻	Hidroxilo OH ⁻
Capacidad Total	1.2 eq/lto	1.0 eq/lto
Capacidad Total	60 grs.	50 grs.
Capacidad de	53-60%	60-72%
Densidad	0.69 gr/lto	0.64 gr/lto
Regenerante	NaCl	NaOH
Cantidad	80-240 gr	80-240 gr
Concentración del	10-25% NaCl	4-5% de
Tiempo de	30 minutos	30 minutos
Agua de lavado	3-6 lts de	6-15 lts de

2.11.-Parámetros de un filtro de grava y arena

En un filtro de grava y arena se pretende tener un área de filtración bastante grande, por lo que el diámetro del filtro es el parámetro de diseño de importancia, y la altura solo se ajusta a acomodar el material filtrante y a tener un volumen vacío para cuando ocurra el retro-lavado se expandan las capas de grava y arena o de material filtrante que se emplea. [9].

2.12.-Parámetros de un filtro de resinas y sus características.

En un filtro de resinas, el área de filtración no es lo importante, sino el contacto que tenga el agua que fluye con la resina contenida en el tanque. En este tipo de filtros se emplea un diseño tubular o tipo columna, lo cual hidráulicamente facilita que el agua pase a través de la resina. Cuando la resina se agota y es necesario regenerarla, el retro-lavado es muy importante para homogenizar el lecho de resina y que cuando fluya el agua no se formen canalizaciones o rutas preferenciales del agua en su paso por la resina. También para tener una regeneración más eficiente, el diseño en columna favorece el contacto del regenerante con el medio de intercambio.

El tamaño del tanque debe ser suficiente para que acomode el volumen de resina necesario y el volumen que ocupa la resina en el tanque no debe ser mayor del 80% del volumen total de este tanque para permitir que la resina se expanda libremente en el proceso de retro-lavado.

El tanque puede ser de: polietileno reforzado, fibra de vidrio, acero al carbón, acero inoxidable, o algún otro material resistente a la acción corrosiva del agente regenerante y debe tener una entrada y una salida, así

como un arreglo de válvulas y tuberías que lo hacen muy complejo, sobre todo si el proceso de regeneración es automático, ya que cuando el sistema es un desmineralizador, se debe tener todo el arreglo para inyectar el regenerante (ácido o sosa cáustica), así como toda la hidráulica necesaria para las operaciones de: regeneración, lavado y retro-lavado.

También, las resinas pueden emplearse para remover ciertos elementos que contaminan el agua. Por ejemplo: si el agua de un pozo tiene valores mayores a los establecidos en la norma en el contenido de plomo y todos los demás parámetros están dentro de los valores normales, puede emplearse un proceso de tratamiento con resinas en ciclo sódico y de esta manera el plomo (y desde luego el calcio y el magnesio) se adhiere a la resina, quedando el agua libre de este contaminante.

Cuanto mayor sea la altura de la columna y mejor la distribución del agua que se pone en contacto con el medio de intercambio, mayor será la eficiencia en la operación. Para este fin se procura distribuir el agua uniformemente a lo largo de la columna y la relación entre el gasto y el volumen de resina recomendado deberá estar dentro del rango de 1.5 a 2.5 gpm/ft³ (galones/min por pie cúbico de resina).

2.13.- Sistemas de osmosis.

2.13.1.- Sistemas de osmosis inversa.

La ósmosis es un fenómeno que consiste en el paso del solvente de una disolución desde una zona de baja concentración de soluto a una de alta concentración separado por una membrana semipermeable.

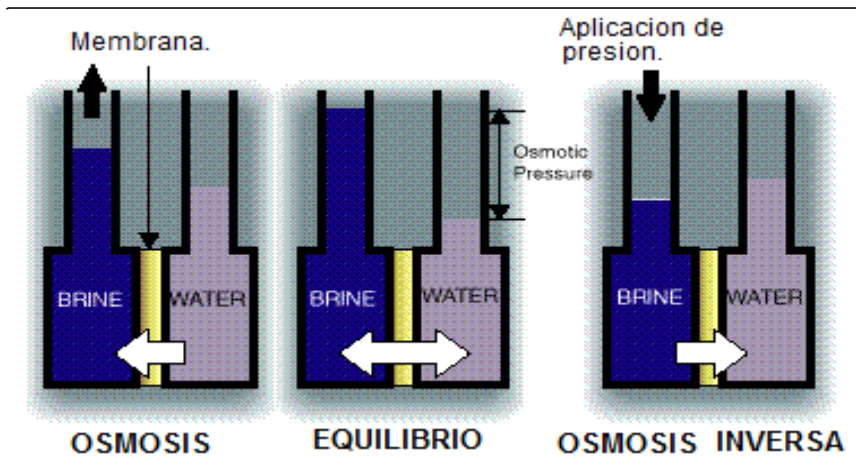


FIGURA 2.9. Osmosis normal, equilibrio de presión osmótica y osmosis inversa.

Una membrana semipermeable contiene muchos poros, al igual que cualquier otra membrana. El tamaño de los mismos es tan minúsculo que deja pasar las moléculas pequeñas pero no las grandes. Por ejemplo, deja pasar las moléculas de agua que son pequeñas, pero no las de azúcar que son muy grandes.

Debido a la temperatura, las moléculas se mueven de un lado para otro. Las moléculas de agua pasan por los poros en ambas direcciones: de la zona de agua pura a la de agua con azúcar y viceversa. Las moléculas de azúcar también se mueven, pero al no poder atravesar la membrana, rebotarán en ella, aunque algunas, momentáneamente obstruyan los poros.

En la zona de agua de baja concentración, todas las moléculas que llegan a los poros son de agua y la atraviesan. En la zona de alta concentración llegan a los poros moléculas de agua y moléculas de azúcar; por tanto, habrá menos moléculas de agua capaces de atravesar la membrana hacia la zona del agua pura.

El resultado final es que aunque el agua pasa de la zona de baja concentración a la de alta concentración y viceversa, hay más moléculas de agua que pasan desde la zona de baja concentración a la de alta.

Dicho de otro modo, dando el suficiente tiempo, parte del agua de la zona sin azúcar habrá pasado a la de agua con azúcar. El agua pasa de la zona de baja concentración a la de alta concentración.

2.13.2.- Osmosis inversa.

Lo descrito hasta ahora es lo que ocurre en situaciones normales, en las que los dos lados de la membrana están a la misma presión, pero si se aumenta la presión del lado de la solución con mayor concentración, puede lograrse que el agua pase desde el lado de alta concentración al de baja concentración. Se puede decir que se está haciendo lo contrario de la ósmosis, por eso a este fenómeno se le llama ósmosis inversa. Debe tenerse en cuenta que en la ósmosis inversa a través de la membrana semipermeable sólo pasa agua. Es decir, el agua de la zona de alta concentración pasa a la de baja concentración. [12,9]

Si se tiene agua con contaminante "x" cuyas moléculas tienen un tamaño de "y" micras, siendo "y" mayor que el tamaño de la molécula de agua y se busca una membrana semipermeable que deje pasar moléculas de tamaño igual a las del agua pero no de tamaño "y" similar a las del contaminante, al aplicar presión (ósmosis inversa) se obtendrá agua sin contaminante.

La osmosis inversa consiste en separar un componente de otro en una solución, mediante las fuerzas ejercidas sobre una membrana semipermeable. (Ver Fig. 2.10)

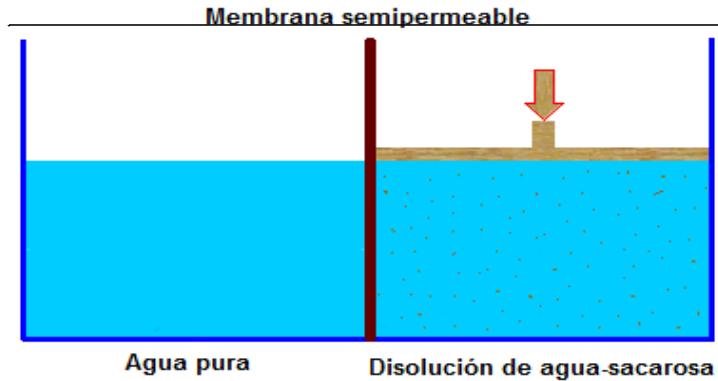


FIGURA 2.10. Presión del lado de la solución con alta concentración.

El solvente pasará en el sentido indicado hasta alcanzar el equilibrio. Si se agrega a la solución más concentrada, energía en forma de presión, el flujo de solvente se detendrá cuando la presión aplicada sea igual a la presión osmótica aparente entre las dos soluciones. Esta presión osmótica aparente es una medida de la diferencia de energía potencial entre ambas soluciones. (Ver Fig. 2.11).

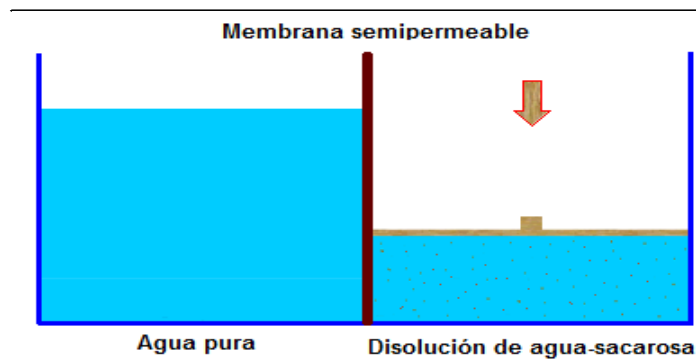


FIGURA 2.11. El agua se limpia y aumenta el nivel del lado del agua.

La osmosis inversa logra separar del agua previamente tratada en los procesos anteriores los sólidos disueltos, orgánicos, pirogénicos, la materia coloidal microorganismos, virus, y bacterias del agua. La ósmosis inversa es capaz de quitar entre 95% y 99% de los sólidos disueltos totales (TDS) y el 99% de todas las bacterias, proporcionando así un agua segura.

Los componentes básicos de una instalación típica de ósmosis inversa consisten en un tubo de presión conteniendo la membrana, aunque normalmente se utilizan varios de estos tubos, ordenados en serie o paralelo. Una bomba suministra en forma continua el fluido a tratar hacia los tubos de presión y, además, es la encargada de suministrar la presión necesaria para iniciar el proceso. Una válvula reguladora en la corriente de concentrado es la encargada de controlar la misma dentro de los elementos (se denominan así a las membranas convenientemente dispuestas). (Ver Fig. 2.12)

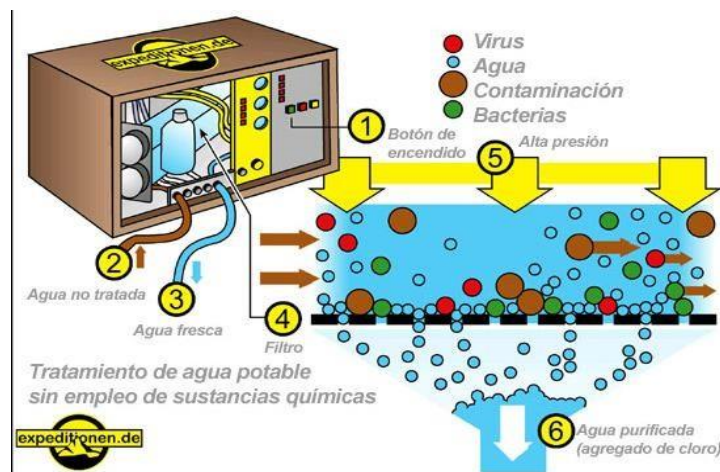


FIGURA 2.12. Principio de funcionamiento de ósmosis inversa.

Hoy en día, hay tres configuraciones posibles de la membrana:

- elemento tubular, elemento espiral y elemento de fibras huecas. Más del 60% de los sistemas trabajan con elementos en espiral debido a dos ventajas apreciables:
- Buena relación área de membrana/volumen del elemento.
- Diseño que le permite ser usado sin dificultades de operación en la mayoría de las aplicaciones, ya que admite un fluido con una turbiedad más de tres veces mayor que los elementos de fibra hueca.

En la actualidad estos elementos se fabrican con membranas de acetato de celulosa o poliamidas y con distinto grados de rechazo y producción. Con un promedio de 0.001 mm, las bacterias son aproximadamente mil veces más grandes que los minúsculos poros. Puede prescindirse casi por completo del uso de sustancias químicas.

La tecnología del proceso de ósmosis inversa es bien conocida por su efectividad para reducir el total de sólidos disueltos y también contaminantes iónicos específicos.

En recientes pruebas, la Agencia de Protección Ambiental (EPA/USA) ha demostrado que el proceso es muy efectivo en la reducción de contaminantes orgánicos como los trihalometanos, los productos químicos volátiles (VOC's) y los productos químicos sintéticos (SOC's).

Al porcentaje del agua purificada sobre el total del agua alimentada se le da el nombre de "recuperación". La recuperación es una variable de diseño del sistema y debe ser respetada. Si la recuperación es muy alta, se tendrá mayor flujo de permeado y en consecuencia mayores probabilidades de que la membrana falle por taponamiento. Si la recuperación es muy baja, se desperdiciará mucha agua.

A medida que se aplique más presión a la solución más concentrada, el agua empezará a fluir de la solución con más concentración a la de menos concentración. La cantidad de agua filtrada depende de la presión aplicada a la solución de más concentración, de la presión osmótica aparente, y del área de la membrana que está siendo presurizada. La presión requerida para sobreponerse a la presión osmótica depende de la concentración molar de la solución y de la temperatura absoluta, 100 mg/l de sólidos disueltos son equivalentes a aproximadamente 1 psi de presión osmótica. [14].

Las novedades del diseño y desempeño de la osmosis inversa son:

- Entre un 90% y 99% de remoción incluyendo flúor, sodio, calcio y metales pesados.
- Más de un 99.9 % de rechazo de orgánicos incluyendo bacterias, virus, pirógenos, sucrosa, colorantes y otros orgánicos pequeños. La Fig. (2.13) muestra los componentes básicos que conforman a un sistema de osmosis inversa

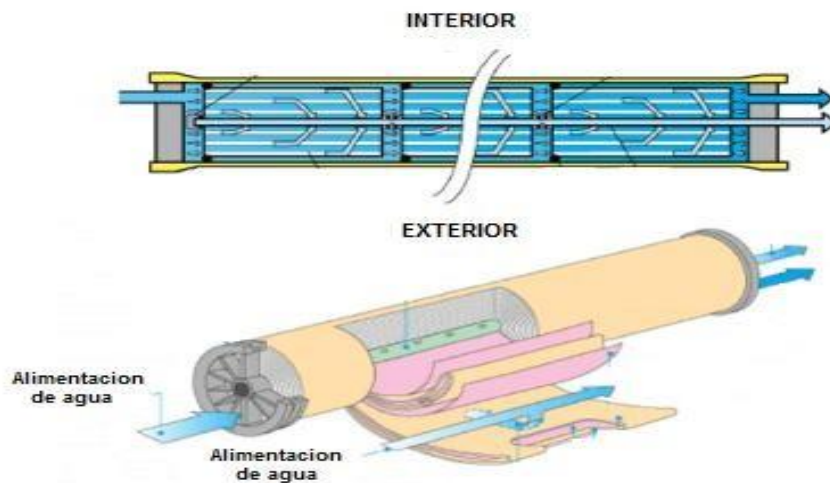


FIGURA 2.13. Elementos que componen al sistema de osmosis inversa.

2.13.3.-Las ventajas de la osmosis inversa son:

- Se usa la energía necesaria para operar la osmosis inversa (presión) que puede ser producida por bombas con motores eléctricos o de combustible.
- Altos potenciales eléctricos como los usados en la electrodiálisis no son necesarios.

- Con la excepción de bombas no hay partes móviles en el sistema de osmosis inversa.
- El sistema opera continuamente con muy poco o sin mantenimiento.
- Las membranas pueden ser diseñadas para separar diferentes porcentajes de iones.
- No hay que suministrarle calor al sistema y no es necesario un cambio de fases para efectuar la separación. Esto es muy importante en comidas con un sabor desagradable al calor.
- Los requerimientos de energía son muy bajos, como no hay necesidad de "calor de transición" dado en el cambio de fases.

2.13.4.-Las limitaciones básicas en la osmosis inversa son:

- El pH del agua de suministro debe estar siempre del lado ácido para evitar la hidrólisis de la membrana (opera mejor en un pH de 5.0 a 7.0)
- El acetato de celulosa es muy susceptible a la hidrólisis microbial.
- La temperatura de proceso no debe exceder los 75-80°F si se espera una vida alargada de la membrana.
- La vida de la membrana es de uno a tres años dependiendo del pH y la presión.

Los equipos de ósmosis inversa se fabrican para capacidades hasta de 757,000 litros diarios en equipos comunes, pero se pueden suministrar equipos para satisfacer la demanda de agua que se requiera. [12,13].

2.14.-Purificación por rayos UV.

Los sistemas UV (ultravioleta) proveen protección contra enfermedades ya que destruyen los microorganismos contenidos en el agua antes de que esta llegue a su destino final.

Desinfectan el agua usando alta densidad de energía de luz UV. Al no utilizar químicos, no deja residuos o productos secundarios en el agua ni altera su sabor, olor o claridad.

Los filtros no destruyen a los microorganismos patógenos. Dependiendo de la porosidad del mismo, los virus o bacterias quedan atrapados y pueden reproducirse, sobre todo en el filtro de carbón activado, provocando así que haya más bacterias en el agua.

Los filtros son dispositivos bacteriostáticos. Bacteriostático se refiere a dispositivos que no permiten la reproducción de microorganismos. Esto no quiere decir que los destruya, solo que no permite su reproducción, es decir, si al filtro entran 50 bacterias, no se podrán desarrollar más, pero en ningún caso las elimina. Normalmente, son los filtros de carbón activado con algún contenido de plata o de KDF, a los que se les conoce como bacteriostáticos.

Los purificadores UV son dispositivos bactericidas. Bactericida se refiere a los sistemas que sí destruyen a los microorganismos que causan enfermedades. Los purificadores UV son bactericidas bastante eficientes sin dejar residuos químicos. (*Ver Fig. 2.14*)

La aplicación de rayos ultravioleta en desinfección de agua es una opción muy atractiva y confiable, comparada con el uso del cloro, que en cantidades no controladas y en combinación con materia orgánica y algunos derivados del petróleo pueden ser dañinos para algún organismo vivo.

Los purificadores de agua con luz ultravioleta son equipos diseñados para desinfectar agua al pasarla por una cámara de desinfección que cuenta en su interior con una lámpara de rayos ultravioleta (tubo de cuarzo), logrando alterar el ADN de los microorganismos, esterilizándolos, evitando de esta forma que puedan reproducirse y así ser inofensivos para animales y seres humanos.



FIGURA 2.14. Purificador UV.

El tubo de cuarzo está elaborado con cristales de alta pureza, los cuales se funden a muy alta temperatura. El propósito del tubo de cuarzo es aislar la lámpara germicida (foco) del contacto directo con el agua, evitando así un posible corto circuito, crear una barrera térmica permitiendo a la lámpara germicida alcanzar la temperatura ideal de operación 39°C (104°F) y aprovechar al máximo la radiación germicida UV emitida por la lámpara para la purificación del agua, ya que el tubo de cuarzo de alta pureza solo absorbe entre 2% y 4% de la radiación.

La fuente de luz ultravioleta es una fusión de un tubo de silicio-cuarzo, con un diámetro comprendido entre 15 mm y 25 mm y con una longitud que va desde 100 mm hasta

1200 mm. El gas inerte con el cual el tubo es llenado proporciona la descarga primaria y la acción necesaria para excitar y vaporizar los minúsculos depósitos de mercurio.

La baja presión de la lámpara UV es solo capaz de producir líneas entre 185 nm y 254 nm. Un aumento en el suministro causa que la lámpara de UV se caliente rápidamente aumentando la presión del mercurio para producir la típica presión media espectral de salida.

La dosis UV es el producto de la intensidad de UV (expresado como energía por unidad de área. Esto es comúnmente expresado como $1\mu\text{J}/\text{cm}^2$ (micro vatio segundo/ cm^2).

La energía de una lámpara germicida ultravioleta resulta letal a los microorganismos que pudiesen estar presentes como: cólera, disentería, amibas, tifo, difteria, etc.

La energía necesaria para eliminar cualquiera de las bacterias mencionadas, oscila entre los 4,000 y 10,000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (micro watts sobre centímetro cuadrado). Las lámparas germicidas emiten una energía superior a los 30,000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, por lo que los procesos de producción en los que se requiere de agua, estarán completamente seguros al consumir agua 100% purificada, libre de virus o bacterias.

Los equipos son armados sobre una base metálica, las conexiones hidráulicas de entrada y salida son roscadas, se requiere de una fuente de corriente eléctrica de 120 V y 60 Hz en donde se conecta la clavija del equipo, mismo que tiene un interruptor eléctrico.

Debido a que los microbios podrían escudarse en las partículas suspendidas (turbiedad) en el agua, es necesario remover dichas partículas. Se recomienda una filtración previa con un grado nominal de por lo menos 10 micras (μm).

En otras palabras, el equipo purificador UV no debe operar solo, a menos que la calidad del agua lo permita, por estar dentro de los siguientes niveles:

- Menos de 5 NTU* de turbidez.
- Menos de 0.3 partes por millón (ppm) de hierro.
- Menos de 0.05 ppm de ácido sulfhídrico.
- Menos de 10 ppm de sólidos suspendidos.
- Menos de 0.05 ppm de manganeso.
- Dureza menor a 120 ppm
- pH entre 6.5 a 9.5.
- Color: ninguno.

El purificador UV debe ser el último sistema de tratamiento del agua y debe instalarse después de los filtros. Instalar algún otro filtro después del purificador UV puede contaminar el agua nuevamente.

El mantenimiento básico de estos equipos es cuidar que el agua que entra al equipo no contenga partículas suspendidas, se recomienda reemplazar cada seis meses de operación las lámparas de luz ultravioleta por otras nuevas y los tubos de cuarzo ser lavados con amoníaco líquido para garantizar su transparencia.

La vida útil de los pre-filtros depende, en gran medida, de la calidad del agua que se está tratando. De 4 a 6 meses es la vida normal, pudiendo variar de 1 a 3 meses en época de lluvia, que es cuando aumenta significativamente la cantidad de sedimentos y de materia orgánica en el agua.

Es muy importante que el sistema opere dentro del flujo especificado para cada equipo. Se recomienda instalar restrictores para controlar el flujo de entrada a la unidad.

Los equipos UV no tienen nada en su interior que detenga el paso del agua, están diseñados con conexiones de entrada y salida del tamaño adecuado

para la aplicación específica. La caída normal de presión en sistemas UV (con pre filtros) es de 2-3 libras por pulgada cuadrada (psi) (100 psi = 6.89 bar).

Existen diferentes modelos en capacidades que van desde 4 litros por minuto (lpm) hasta 1,500 lpm. El equipo promedio para casa habitación con 2-1/2 baños es uno que proporcione 30 lpm.

Conocer como está diseñada la red de distribución, si hay cisterna, tinacos o hidroneumático, además de conocer la cantidad de servicios que se alimentará (WC, duchas, lavabos, tarjas, etc.) es muy importante para determinar el equipo adecuado.

No se debe calcular el equipo por debajo de sus necesidades, en caso de duda, siempre debe seleccionarse el equipo inmediatamente superior. [14].

2.15.-Tubo de PVC.

2.15.1-Tubo Sanitario de PVC.

Esta tubería está fabricada cumpliendo con la Norma Mexicana NMX - E - 199 – SCFI

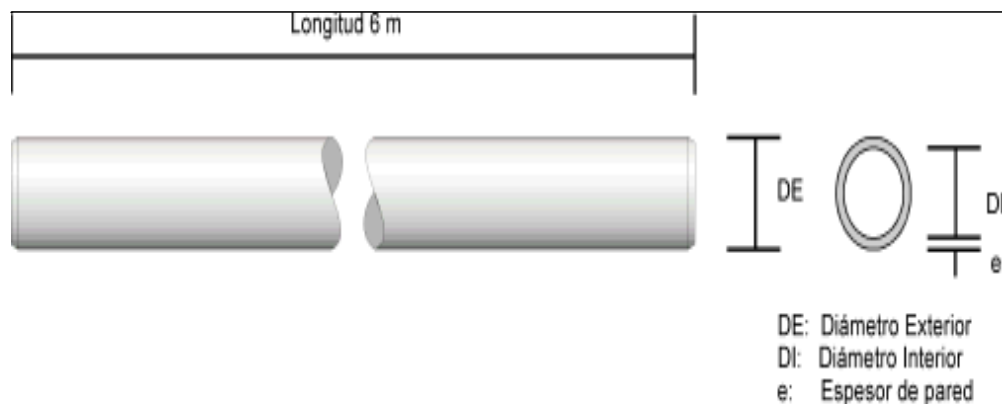


Figura 2.15 Tubo sanitario PVC.

2.15.2.-Características de la Tubería de PVC Sanitaria.

Tabla 2.3.Características de la tubería de PVC.

PROPIEDAD	VALOR
Coeficiente de rugosidad	Manning 0.009
Módulo de elasticidad	28,100 kg/cm ²
Hermeticidad	Total

Tabla 2.4. Diferentes diámetros de las tuberías de PVC.

Diámetro Nominal	Diámetro exterior	Tolerancia		Espesor de la pared	Tolerancia
40	40	0.2	0.3	1.8	0.4
50	50	0.2	0.3	1.8	0.4
75	75	0.3	0.3	1.8	0.4
110	110	0.3	0.4	2.3	0.4
160	160	0.4	0.5	3.3	0.5
200	200	0.4	0.6	4.0	0.6

2.15.3.- Ventajas del uso de la tubería de PVC.

- Unión hermética: El diseño de la unión espiga-campana no permite infiltración ni ex filtración, lo que impide la contaminación del agua.

- **Economía:** Por su superficie interna lisa las pendientes se reducen considerablemente, obteniendo menores volúmenes de excavación.
- **Mayor vida útil:** No se ve afectada por la agresividad de los suelos, no permite la entrada de raíces y las sustancias propias de un alcantarillado sanitario no la atacan.
- **Flexibilidad:** Excelente comportamiento ante cargas vivas y muertas comparado con los materiales tradicionales, que le permite ser alojada a las profundidades de proyecto sin problema alguno.
- **Baja rugosidad:** Coeficiente de rugosidad de 0.0015 mm, lo que significa una mayor eficiencia hidráulica.
- **Ligereza:** Por su peso por metro significativamente menor, el costo de manejo e instalación se reduce considerablemente, logrando altos rendimientos de mano de obra.
- **Resistencia mecánica:** La tubería de PVC es muy resistente a golpes y al trato normal en obra, desde luego debe protegerse del manejo inadecuado y rudo.

2.15.4.-Limitaciones en el uso de tubería de PVC.

- A temperaturas menores a 0°C el PVC reduce su resistencia al impacto.
- La tubería no debe quedar expuesta por periodos prolongados a los rayos solares, pues esto pudiera alterar sus propiedades mecánicas.
- La tubería de PVC es susceptible al daño al contacto con elementos punzo cortantes. [15].

CAPÍTULO 3

Elaboración de la memoria de cálculo de la propuesta de Rediseño y análisis experimental del PH.

3.1. Elaboración de la memoria de cálculo de la propuesta de Rediseño

Calculo para hacer comparación, de las perdidas por altura del agua, pasando por el sistema de tuberías que se encuentra actualmente en Pradel en comparación a la perdida por altura en el rediseño del sistema.

Datos:

$$Q=0.00556 \frac{m^3}{s}$$

Diámetro interior y exterior.

$$D1 \text{ ext. } =2 \text{ in}$$

$$D1 \text{ int. } =0.0052m$$

$$G= 9.81m/s^2$$

Para encontrar la velocidad se obtiene mediante esta ecuación:

$$V1= \frac{4Q}{\pi d^2} \longrightarrow (3)$$

Por lo tanto sustituyendo obtenemos:

$$V1= \frac{4(0.00556)}{\pi(0.052)^2} = 2.61805 \text{ m/s}$$

Para calcular las pérdidas por tubería recta

$$f \frac{L}{d} \frac{V1^2}{2g} \longrightarrow (3.1)$$

Perdidas por accesorios

$$\sum k \frac{v1^2}{2g} \longrightarrow (3.2)$$

Ecuación para pérdida de altura

$$H_f = f_s * \frac{l_s * (v_s)^2}{d_s * 2 * g} + \sum k \frac{(v_s)^2}{2 * g} + f_d * \frac{l_d * (v_d)^2}{d_d * 2 * g} + \sum k \frac{(v_d)^2}{2 * g} \longrightarrow (3.3)$$

Para las pérdidas. Ver (anexos 1).

Tipos de accesorios	Pérdidas (k)
11 codos de 90°	9.9
2 de tubería a deposito	2
4 válvulas de bola	40
4 conexiones en T	7.2
Σk	59.1

$$H_f = 0.016 * \frac{1.5(v_s)^2}{0.052 * 2 * 9.81} + (59.1) \frac{(v_s)^2}{2 * 9.81} + 0.016 * \frac{23 * (v_d)^2}{0.052 * 2 * 9.81} + (0.9) \frac{(v_d)^2}{2 * 9.81}$$

$$H_f = 203.32$$

Cálculos para el rediseño del sistema de tuberías

Mediante un cálculo experimental se tiene que el caudal es el siguiente:

Por lo tanto sustituyendo obtenemos:

$$V_1 = \frac{4(0.00556)}{\pi(0.052)^2} = 2.61805 \text{ m/s}$$

Tramo 1 tubería de succión.

Longitud de tramo de succión

$$L = 1.5 \text{ M}$$

Buscando el número de Reynolds con las ec. (3.6 y 3.7) utilizando la velocidad "1" obtenemos.

Para viscosidad cinemática ver (anexo 3).

$$Re = \frac{v^2 d}{\nu} \longrightarrow (3.6)$$

$$\frac{\epsilon}{d} \longrightarrow (3.7)$$

$$Re = \frac{(2.61805)(0.065)}{(0.897 \times 10^{-6})} = \mathbf{1.8971 \times 10^5}$$

$$\frac{0.0015 \text{ mm}}{65 \text{ mm}} = \mathbf{0.000023}$$

Con los resultados obtenidos se utiliza la tabla de coeficiente de fricción ver (anexo 2.)

$$F = 0.0166.$$

Tomando la ec. (3.1) se tiene perdida por tubería recta.

$$0.0166 \frac{1.5}{0.052} \frac{(2.61805)^2}{2(9.81)} = \mathbf{0.1673 \text{ m.c.a}}$$

Para las perdidas. Ver (anexos 1).

Tipos de accesorios	Pérdidas (k)
2 codos de 90°	1.8
1 de tubería a deposito	0.5
Σk	2.3

Tomando la ec. (3.2) se obtiene.

$$2.3 \frac{(2.61805)^2}{2(9.81)} = \mathbf{0.8034 \text{ m.c.a}}$$

Tramo 2 tuberías de descarga de bomba al filtro de arena.

$$L = 30.19 \text{ m}$$

De la Ec (3.1)

$$0.0166 \frac{30.19}{0.052} \frac{(2.61805)^2}{2(9.81)} = \mathbf{3.3669 \text{ m.c.a}}$$

Accesorios del tramo 2

Para las perdidas. Ver (anexos 1).

Tipos de accesorios	Pérdidas (k)
3 válvulas de bola	30
7 codos de 90°	6.3
2 te	3.6
2 deposito a tubería	2
Σk	41.9

De la Ec (3.2)

$$41.9 \frac{(2.61805)^2}{2(9.81)} = \mathbf{14.6376 \text{ m.c.a}}$$

Para poder disminuir la velocidad se tiene una variación de diámetros

Ecuación de ensanchamiento brusco

$$\frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \longrightarrow (3.4)$$

Tomando la ecuación (3).

$$v_2 = \frac{4(0.00556)}{\pi(0.065)^2} = \mathbf{1.83570 \text{ m/s}}$$

Diámetro de 2.5 in= 0.065 m

Para encontrar la pérdida total de carga en los filtros se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$H_f = f \frac{L^Y}{g} v \frac{(1-p_0)^2}{p_0^3} \left[\frac{6}{C_e D_c} \right]^2 \longrightarrow (3.5)$$

Dónde:

Hf= pérdida total de carga de los filtros. V= velocidad de filtración.

F=coeficiente de fricción. G= gravedad

L= Altura del lecho. p_0 = Porosidad

ν = viscosidad cinemática C_e = Coeficiente de esfericidad.

D_c = Diámetro de la arena. (cm)

Tomando la ec. Núm. (3.5) se obtiene que.

$$Hf=0.017 \frac{(1.6)(0.897 \times 10^6)}{9.81} \frac{(1-42)^2}{(42)^3} \left[\frac{6}{(0.95)(0.11)} \right]^2 = \mathbf{71.4015 \text{ m.}}$$

Tramo 3

En la entrada del filtro de carbón activado lleva una velocidad de 1.83570 m/s es una reducción considerable a comparación de 2.61805 m/s .

$\epsilon = 0.00015 \text{ mm}$

$$\nu = 0.897 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$$

Para encontrar el coeficiente de fricción (f) tenemos las siguientes ecuaciones

$$Re = \frac{(1.83570)(0.065)}{(0.897 \times 10^{-6})} = \mathbf{1.3302 \times 10^5} \qquad \frac{0.0015 \text{ mm}}{65 \text{ mm}} = \mathbf{0.000023}$$

Con los resultados obtenidos se utiliza la tabla de coeficiente de fricción ver (anexo 2).

F= 0.017

Tomando la ecu. (3.1) para encontrar la pérdida de altura del tramo 3.

L=0.53362m

$$0.017 \frac{0.53362 \text{ m}}{0.065} \frac{(1.83570)^2}{2(9.81)} = \mathbf{0.0240 \text{ m.c.a}}$$

Para las pérdidas. Ver (anexos 1).

Tipos de accesorios	Pérdidas (k)
5 codos de 90°	4.5
Σk	4.5

Tomando la ec. (3.2)

$$4.5 \frac{(1.83570)^2}{2(9.81)} = \mathbf{0.7729 \text{ m.c.a}}$$

Tomando la ec. (3.3)

$$\frac{(2.61805 - 1.83570)^2}{2(9.81)} = \mathbf{0.0312}$$

Por lo tanto tenemos que la pérdida en metros columna de agua (m.c.a). En la succión es:

$$0.1673 + 0.8034 = \mathbf{0.9707 \text{ m.c.a}}$$

Pérdida total en la descarga:

$$3.3669 + 14.6376 + 0.0240 + 0.7729 + 0.0312 + 71.405 + 71.405 = \mathbf{90.2341 \text{ m.c.a}}$$

Analizando las pérdidas para los suavizadores (1,2).

Suavizador 2.

$$L = 34 \text{ m}; d = 0.052; v_1 = 2.61805 \text{ m/s}$$

Tomando ec. (3.1).

$$0.0166 \frac{34}{0.052} \frac{(2.61805)^2}{2(9.81)} = \mathbf{3.7918 \text{ m.c.}}$$

Para las perdidas. Ver (anexos 1).

Tipos de accesorios	Pérdidas (k)
2 válvulas de bola	20
4 codos de 90°	3.6
1 te	1.8
∑ k	25.4

Tomando la ec. (3.2)

$$25.4 \frac{(2.61805)^2}{2(9.81)} = \mathbf{8.8734 \text{ m.c.a}}$$

Analizando el tramo de la entrada del suavizador (2) con ensanchamiento brusco

V2.- 1.83570; d= 0.065m; f=0.017; L= 0.7189 m

Tomando la ec. (3.1)

$$0.017 \frac{0.7189}{0.065} \frac{(1.83570)^2}{2(9.81)} = \mathbf{0.0323 \text{ m.c.a}}$$

Para las perdidas. Ver (anexos 1).

Tipos de accesorios	Pérdidas (k)
5 codos de 90°	4.5
1 de tubería a deposito	1
∑k	5.5

Tomando la ec. (3.2)

$$5.5 \frac{(1.83570)^2}{2(9.81)} = \mathbf{0.9446 \text{ m.c.a}}$$

Tomando la ec. (3.4)

$$\frac{(2.61805-1.83570)^2}{2(9.81)} = \mathbf{0.0312}$$

Suma total de pérdidas en metros columna de agua (m.c.a). En el suavizador 2 es:

$$90.2341 + 3.7918 + 8.8734 + 0.0323 + 0.9446 + 0.0312 + 71.4015 + 71.4015$$
$$= \mathbf{246.7104 \text{ m.c.a}}$$

Analizando para el suavizador (1).

$$L= 1.61967\text{m}; d= 0.052; v_1= 2.61805 \text{ m/s}$$

Tomando ec. (3.1).

$$0.0166 \frac{1.61967}{0.052} \frac{(2.61805)^2}{2(9.81)} = \mathbf{0.1806 \text{ m.c.a}}$$

Para las perdidas. Ver (anexos 1).

Tipos de accesorios	Pérdidas (k)
2 válvulas de globo	20
1 codo de 90°	0.9
2 te	3.6
Σk	24.5

Tomando la ec. (3.2)

$$24.5 \frac{(2.61805)^2}{2(9.81)} = \mathbf{8.5590 \text{ m.c.a}}$$

Analizando el tramo de la entrada del suavizador (1) con ensanchamiento brusco

$$V_2.- 1.83570; d= 0.065\text{m}; f=0.017; L= 0.7189 \text{ m}$$

Tomando la ec. (3.1)

$$0.017 \frac{0.7189}{0.065} \frac{(1.83570)^2}{2(9.81)} = \mathbf{0.0323 \text{ m.c.a}}$$

Para las perdidas. Ver (anexos 1).

Tipos de accesorios	Pérdidas (k)
5 codos de 90°	4.5
1 de tubería a deposito	1
Σk	5.5

Tomando la ec. (3.2)

$$5.5 \frac{(1.83570)^2}{2(9.81)} = \mathbf{0.9446 \text{ m.c.a}}$$

Tomando la ec. (5)

$$\frac{(2.61805 - 1.83570)^2}{2(9.81)} = \mathbf{0.0312}$$

Suma total de pérdidas en metros columna de agua (m.c.a). En el suavizador 1 es:

$$90.2341 + 0.1806 + 8.5590 + 0.0323 + 0.9446 + 0.0312 + 71.4015 + 71.4015 = \mathbf{242.7848 \text{ m.c.a}}$$

Si hacemos una comparación del rediseño (anexo 4 ver disco) y la instalación actual (anexo 5) de las tuberías podemos verificar que existe una muy pequeña diferencia de perdidas, es mayor la del rediseño pero la velocidad la entrada de los filtros de carbono y suavizadores es la adecuada para que tengan una vida más prolongada, en conclusión puede afirmarse que es viable la propuestas.

3.2. Análisis experimental del PH.

En la planta lácteos de Chiapas S.A de C.V, todos los días se toman muestras de la cisterna de procesos y la de los pozos esto para verificar diferentes parámetros así como las durezas y el pH del agua ya que estos influyen de una manera alarmante en el sistema de producción, así como ya se venía mencionando anteriormente por ello.

Dependiendo del origen y función al que se le ha de dar uso al agua tiene un control adecuado para la dureza y el pH, a continuación se da a conocer el formato y el control de los parámetros ya mencionados.



LACTEOS DE CHIAPAS S.A. DE C.V.
CONTROL DE CALIDAD
ANALISIS DE AGUA

REGISTRO DE CONTROL DE AGUA CRUDA

POZO No.	FECHA	HORA	TURNO	DUREZA PPM CaCO3	CLORO	pH	VOLUMEN (LITROS)	VOLUMEN CLORO A AGREGAR	ANALISTA
C. SERV. 18.03.15	18.03.15	07:30	1 ^a	310	0	7.0			Oscar M
C. SERV. 18.03.15	18.03.15	17:45	2 ^a	320	1.5	7.0			Dania
C. SERV. 18.03.15	18.03.15	23:10	3 ^a		1.5	7.0			Luis

EFFECTIVIDAD DE FILTROS
FILTRO DE CARBON ACTIVADO

CLORO PPM	VALOR DE REFERENCIA
0	0 PPM
DUREZA PPM CaCO3	VALOR DE REFERENCIA
0	NO MAYOR A 30 PPM

FILTRO DE RESINA # _____
FILTRO DE RESINA # _____

REGISTRO DE CONTROL DE AGUA DE CALDERA

FECHA:	DUREZA	Valores referencia	CLORO	Valores referencia	pH	Valores ref.	TURNO
CALDERA ENTRADA		0 PPM		0 PPM			
AGUA DE COLUMNA		0 PPM		0 PPM		10 A 12	
PURGA DE CALDERA		1 PPM		0 PPM		10 A 11, 7	HORA:

PURGA DE FONDO	ALCALINIDAD FENOLFTALEINA	ALCALINIDAD TOTAL	SULFITOS	FOSFATOS	SILICE	Ph	SOLIDOS TOTALES	TURNO
VALORES DE REFERENCIA	250 A 500 PPM	1200 PPM	MÁXIMO 30 PPM	MAX 30 PPM	125 A 180 PPM	10 A 11, 7	1500 A 2000 PPM	
FECHA	HORA							

REGISTRO DE CONTROL DE AGUA DE PROCESO

CISTERNA	1° TURNO	2° TURNO	3° TURNO	VALORES DE REFERENCIAS
FECHA	18.03.15		18.03.15	
HORA	07:30		23:15	
DUREZA	10		25	MÁXIMO 50 PPM
CLORO	0		0	0.3 A 0.5 PPM
Ph	7.0		7.0	
SENSORIAL				
FILTRADO				
ANALISTA	Oscar M		Luis	

TUBERIA DE PROCESO	DUREZA PPM	CLORO PPM	pH
VALORES DE REFERENCIA	MAX 50 PPM	MAX 0.5 PPM	7.0

Analista turno 1
Analista turno 2
Analista turno 3
Fogonero turno 1
Fogonero turno 2
Fogonero turno 3

OBSERVACIONES: _____

Gabriela Macariego C.
Jefe de Control de Calidad

Juan Luis Alegria
Jefe de Mantenimiento

Como se puede observar en estas dos muestras de laboratorio se trata de controlar una dureza de 3 ppm y el pH de siete para que con el paso del tiempo no afecte al equipo de máquinas por donde el agua pasa.



LACTEOS DE CHIAPAS S.A. DE C.V.
CONTROL DE CALIDAD

ANALISIS DE AGUA

REGISTRO DE CONTROL DE AGUA CRUDA

POZO No.	FECHA	HORA	TURNO	DUREZA PPM CaCO3	CLORO	pH	VOLUMEN (LITROS)	VOLUMEN CLORO A AGREGAR	ANALISTA
C. SERV 1670	01-04-15	07:20	1	240	3.0	7			Dania
			1	230	0	7			

EFFECTIVIDAD DE FILTROS
FILTRO DE CARBON ACTIVADO

CLORO PPM	VALOR DE REFERENCIA
0	0 PPM

FILTRO DE RESINA # _____
FILTRO DE RESINA # _____

DUREZA PPM CaCO3	VALOR DE REFERENCIA
0	NO MAYOR A 30 PPM

REGISTRO DE CONTROL DE AGUA DE CALDERA

FECHA:	DUREZA	Valores referencia	CLORO	Valores referencia	pH	Valores ref.	TURNO
CALDERA ENTRADA	0	0 PPM	0	0 PPM	7		1
AGUA DE COLUMNA	0	0 PPM	0	0 PPM	11	10 A 12	1
PURGA DE CALDERA		1 PPM		0 PPM		10 A 11, 7	

PURGA DE FONDO	ALCALINIDAD FENOLFTALEINA	ALCALINIDAD TOTAL	SULFITOS	FOSFATOS	SILICE	Ph	SOLIDOS TOTALES	TURNO
VALORES DE REFERENCIA	250 A 500 PPM	1200 PPM	MÁXIMO 30 PPM	MAX 30 PPM	125 A 160 PPM	10 A 11,7	1500 A 2000 PPM	
FECHA	HORA							

REGISTRO DE CONTROL DE AGUA DE PROCESO

CISTERNA	1° TURNO	2° TURNO	3° TURNO	VALORES DE REFERENCIAS
FECHA	01-04-15	01-04-15	01-04-15	
HORA	07:20	11:30	22:30	
DUREZA	5	3	5	MÁXIMO 50 PPM
CLORO	0	0	0	0.3 A 0.5 PPM
Ph	7	7	7	
SENSORIAL				
FILTRADO				
ANALISTA	Dania	Dania	bel	

TUBERIA DE PROCESO	DUREZA PPM	CLORO PPM	pH
VALORES DE REFERENCIA	MAX 50 PPM	MAX 0.5 PPM	7

[Signature]
Analista turno 1

[Signature]
Fogonero turno 1
[Signature]
Fogonero turno 2
[Signature]
Fogonero turno 3

Analista turno 2
[Signature]
Analista turno 3
[Signature]

OBSERVACIONES: _____

[Signature]
Gabriela Marañón 2.
Jefe de Control de Calidad

Jefe de Mantenimiento

Se puede percatar que las fechas en que fueron realizadas tales experimentos son diferentes, pero al mismo tiempo no en un lapso de tiempo muy separados, esto con el objetivo de demostrar en control que se debe tener en el área de mantenimiento continuamente.

CAPÍTULO 4

Automatización y control de los depósitos de agua.

4.1. Automatización en los depósitos de agua.

El agua utilizada en el proceso de producción para mantenimiento de las maquinarias es extraída de tres diferentes pozos profundos los cuales por su naturaleza tienen un alto nivel de dureza, cada pozo tiene a su disposición una bomba el cual permite extraerse el agua y depositarse a una cisterna primaria con capacidad de 135, 000 litros. Cuando las bombas son accionadas y comienzan a abastecer la cisterna un operador visualmente verifica el nivel de agua de la cisterna en base a ello, si el depósito esta por llenarse se abre los interruptores de las bombas de pozo profundo y se deja de llenar para evitar pérdidas de agua y riego innecesario.

Existe una cisterna secundaria con agua controlada a 3 ppm (partes por millón) en cuanto a la dureza, de ahí se toma agua para el proceso de producción por ejemplo agua que se utiliza en las calderas o limpiezas de máquinas, de no existir fluido necesario se tiene que accionar una bomba de 5 hp que se encuentra en la parte superior del primer depósito esto para hacer pasar agua por los filtros e ir abasteciendo el segundo depósito, el depósito de agua ya tratada al igual que la primaria también se le controla un nivel de agua utilizando métodos visuales.

Usar métodos visuales tiene algunas desventajas como son: pérdida de tiempo de un operador, no existe un control nivel exacto, se ha lenta el proceso por los chequeos de agua que desemboca a baja producción.

En la actualidad una empresa solida debe tener un sistema de automatización y control en todos los niveles de su producción para estar al nivel de la competencia de no ser así su eficiencia es mejor a las otras de su mismo tipo lo cual en un plazo determinado lleva a pérdida de productividad. La ingeniería de medición y control se puede definir como el empleo de instrumentos para la detección, el procesamiento de datos y la corrección de los datos procesados.

Los procesos industriales no son estáticos, por el contrario, son muy dinámicos, cambian continuamente debido a los muchos tipos de perturbaciones y precisamente por eso se necesita que los sistemas de control vigilen continua y automáticamente las variaciones que se deben controlar.[16]

Para las empresas lácteos de Chiapas S.A de C.V se propone un sistema de automatización en sus cisternas el cual consiste en el siguiente método:

Componentes del circuito

Cantidad	Elementos
2	Relevadores.
1	Circuito Integrado (Darlington).
1	Bomba centrífuga: se usa para extraer agua de un depósito.
1	Electroválvula.
3	Resistencias de 10 K Ω .
1	Buzzer.
1	Lámpara.
1	Microcontrolador Arduino.

- Realizar una conexión de la bomba a una de las entradas del arduino para poder controlarla.
- Colocar un sensor de proximidad en el depósito primario para poder controlar el nivel de agua y cuando el agua llegue al nivel programado mande una señal a un arduino para desactivar la bomba.
- Colocar dos sensores de proximidad en la cisterna secundaria una para medir el nivel del agua cuando este muy bajo y otra para medir el nivel más alto y así cuando el sensor que mide el nivel bajo manda señales al arduino para accionarse la bomba y ejecutarse el llenado de cisterna y con el otro sensor poder controlar el llenado pues cuando llegue el agua a un nivel adecuado se detiene el fluido.

4.2. Esquema del circuito.

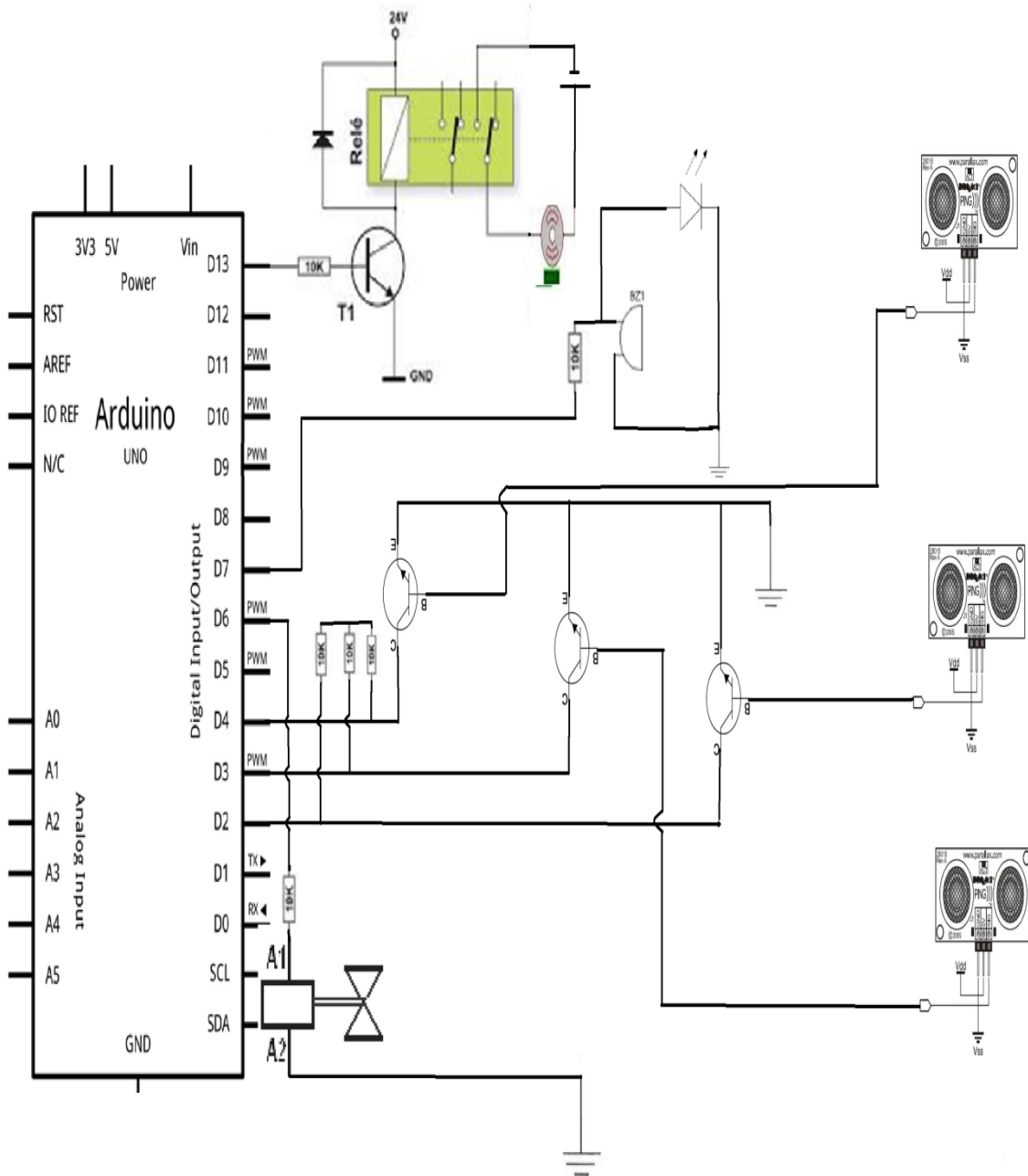


Fig.4.1. circuito eléctrico de conexión.

A continuación se presenta la programación en arduino con los parámetros adecuados de cada componente.

//declaración de constantes del programa y entradas en el arduino para cada componente.

int pinS1= 2;

int pinS2= 3;

int pinS3 =4;

int pinMotor =13;

int pinValvula= 6;

int pinAlarma =7;

//Variables Globales

boolean Mb = 0;

boolean Ev = 0;

boolean Al = 0;

//código de configuración

void setup(){

//Configuración de velocidad de comunicación serial más adecuado.

Serial.begin(9600);

```

//Configuración de puertos como entrada o salida:

for(int i=2;i<=4;i++)

pinMode(i,INPUT);

for(int i=5;i<=7;i++)

pinMode(i,OUTPUT);

pinMode(13,OUTPUT);

}

//programa principal.

void loop(){

//Lectura de los sensores:

boolean s1 = digitalRead(pinS1);

boolean s2 = digitalRead(pinS2);

boolean s3 = digitalRead(pinS3);

//en este caso se Invierte la lógica de los sensores.

boolean S1 = !s1;

boolean S2 = !s2;

boolean S3 = !s3;

//Proceso de realización de operaciones booleanas:

Mb = (S3&(~S2)&(~S1)) | (Mb&(S3)&(~S1));

Ev = S3&S2;

Al = (~S2)&(S1);

```

```
//Envia señal a los actuadores:  
  
DigitalWrite(pinMotor, Mb);  
  
DigitalWrite(pinValvula, Ev);  
  
DigitalWrite(pinAlarma, Al);  
  
//Codifica los datos y los envía por puerto serial:  
  
int valorS = Mb*1 + Ev*2 + Al*4 + S1*8 + S2*16 + S3*32;  
  
Serial.println(valorS);  
  
delay(50);  
  
}
```

CAPÍTULO 5

Análisis de costo

5.1. Objetivo.

Determinar el costo total debido a la implantación del sistema de reutilización de aguas tratadas, así como los beneficios obtenidos a partir del rediseño del sistema de tuberías para distribución utilizado en el proceso de producción y Automatización de los depósito de agua para la empresa Lácteos de Chiapas S.A de C.V.

Aunado a esto, solo se toma en cuenta la inversión necesaria para la instalación y puesta en marcha del sistema, es decir, no se toma en cuenta el gasto dedicado al mantenimiento del mismo una vez que entre en funcionamiento.

5.2. Para el rediseño del sistema de tuberías se llevó a cabo el siguiente análisis de costo

ACCESORIOS Y TUBERÍA (PVC)	NÚMERO DE PIEZAS	PRECIO AL MAYOREO	TOTAL
Tuerca rosca	40	\$ 39	\$ 1560.00
Válvula de esfera	27	\$ 85	\$ 2295.00
Codos de 90°	55	\$ 9.50	\$ 522.50
Tee sencillas	15	\$ 12.50	\$ 187.50
Tubo de 2" de diámetro por 6 mts de longitud	12	\$ 75	\$ 900.00
Reducciones de velocidad	3	\$ 137	\$ 411.00
Pegamento (500 ml)	2	105	\$ 210.00
			\$ 6086.00

5.3. Para la automatización en los depósitos de agua se llevó a cabo el siguiente análisis de costo.

ACCESORIOS	NÚMERO DE PIEZAS	PRECIO AL MAYOREO	TOTAL
Relevadores	2	\$ 29.00	\$ 58.00
Buzzer	1	\$ 39.00	\$ 39.00
Arduino	1	\$ 300.00	\$ 300.00
Electroválvula	1	\$ 198.50	\$ 198.50
Sensor ultrasónico	3	\$ 49.00	\$ 147.00
Resistencia de 10k ohm	6	\$ 1.00	\$ 6.00
Lámpara	1	\$ 50.00	\$ 50.00
Daringston	3	\$ 9.00	\$27.00
			\$ 825.50

CAPÍTULO 6

**Parámetros para
eficientar el sistema de
tuberías y filtros.**

6.1. Métodos para eficientar los filtros

De acuerdo a los datos obtenidos de la Investigación realizada se encuentran puntos destacados para poder mejorar la eficiencia de los filtros de diferentes maneras por ejemplo para alargar la vida de los componentes de un filtro o que las resinas eviten gastar mucha sal con la regeneración, estas propuestas tiene que ser desde una modificación de la dureza del agua antes de pasar por el sistema de tuberías y hasta modificaciones mismas en las tuberías y filtros. Las propuestas sugeridas son las siguientes:

6.2 Velocidad adecuada del fluido

Velocidad adecuada en la entrada de los filtros es de 1.7562 m/s por lo cual se propone un rediseño, a la entrada de los filtros se hizo un ensanchamiento brusco que regulo la velocidad a 1.83570 m/s esto en el caso del carbono para que no se granule y en los de resina para evitar su rápido desgaste, con esto se propone cambiar diámetros de tuberías y longitudes para que cada filtro trabaje adecuadamente.

6.3 Lavado periódico de la resina

Lavado de las resinas de los filtros suavizadores con ácido una vez por semana esto para preparar la resina para el intercambio iónico pues con el continuo uso se forma suciedad a la superficie de la resina lo cual hace imposible el trabajo adecuado.

6.4 El retro- lavado

El retro lavado es muy importante para homogenizar el lecho de resina y que cuando fluya el agua no se formen canalizaciones o rutas preferenciales del agua en su paso por la resina. También para tener una regeneración más eficiente.

6.5. Volumen de la resina en los filtros suavizadores

El tamaño del tanque debe ser suficiente para que acomode el volumen de resina necesario y el volumen que ocupa la resina en el tanque no debe ser mayor del 80% del volumen total.

6.6. Cantidad de sal adecuada

Para tener una eficiencia del 80% en los filtros suavizadores de resina se tienen los siguientes datos.

Si 1000 litros de resina es igual a 1 m³ de resina entonces:

La cantidad de sal por cada m³ es de 150 kg para regenerar la resina.

6.7. Hacer uso de TwinOxide

Hacer uso de una sustancia de última generación para eliminar bacterias de nombre TwinOxide trabaja en el dióxido de cloro componente biocida. Aunque el cloro se puede encontrar en el nombre, no es un tipo de cloro desinfectante. TwinOxide no libera cloro libre (ácido hipocloroso) para proporcionar una función biocida. Cuando se añade TwinOxide solución de 0,3%, la solución de dióxido de cloro / aplicado hace la matanza biocida de todo el espectro de bacterias, hongos, alga, protozoos, levaduras, metanógenos y virus.

Como se puede apreciar elimina perfectamente las bacterias y se propone dejar de usar cloro en la cisterna de 135, 000 litros y sustituirla por TwinOxide, en el momento que el fluido pase por el filtro de carbón activado tendría muy pocos

elementos para filtrar incluso podríamos hablar de desechar el filtro ya mencionado.

Esta nueva sustancia TwinOxide cuenta con grandes ventajas que se exponen a continuación:

Ventajas microbiológicas de TwinOxide son:

- Más fuerte, eficaz y función biocida más rápido; independiente que trabaja dentro de un amplio rango de pH (pH 4-10).
- Un número significativamente mayor poder de desinfección en comparación con los productos de cloro.
- Muchas veces más poder oxidante en comparación con los productos de cloro.
- Eliminación efectiva de biofilms y ningún edificio resistencia por microorganismos.

Ventajas ambientales de TwinOxide son:

- carga de aguas residuales limitada en comparación con otros agentes de desinfección de agua ;
- edificio cloro Limitado es fuertemente reprimida a una cantidad insignificante ;
- No hay extraños sucesos gusto - mejor sabor y color mejorado de agua.

Ventajas económicas de TwinOxide son:

- Bajo volumen y baja concentración de dióxido de cloro.
- Sin costo de inversión en equipos de producción.
- No hay modificaciones o certificaciones de construcción.
- No muy educados y empleados capacitados necesarios.
- El costo de operación se refiere a una bomba de dosificación con mantenimiento.

Las ventajas al utilizar TwinOxide como desinfectante del agua son:

- Eficaz contra todos los microorganismos relacionados con el agua (bacterias, virus, protozoos, hongos, levaduras).
- alto rendimiento como desinfectante y biocida.
- Ningún edificio resistencia por microorganismos.
- La eliminación de la profilaxis en Bio Films.
- Totalmente operativo en niveles de pH entre 4 y 10.
- insignificantes efectos corrosivos en comparación con los daños corrosivos del agua potable > no hay limitaciones de la aplicación de materiales.
- El rendimiento es bactericida a niveles de pH entre 4 y 10 muy constante -como una adición consecuencia de ácidos (cítrico o industrial) no es necesario.
- Debido a una adición continua de dióxido de cloro para la desinfección de agua reciclada todas las tuberías y lugares en el circuito se puede llegar y desinfectarse.

6.7.1 Sistema de suministro de dióxido de cloro avanzada

TwinOxide es un sistema de transporte único y avanzado. Proporciona una solución de dióxido de cloro puro 99,9x % en una concentración de 0,3 %, sin subproductos.

TwinOxide se entrega como un kit de polvo de dos componentes. Una vez añadido a un volumen específico de agua, TwinOxide reacciona a una solución de dióxido de cloro puro 99,9 % con una cinética de medio tiempo como un biocida de 30 días. [17].

6.7.2 Dosis muy eficiente y la desinfección del agua

En general, 1 litro de solución TwinOxide 0,3 % , con una tasa de dosificación entre 0,05 a 2,0 ppm producirá hasta 60.000 litros de agua potable.

TwinOxide ofrece una capacidad de desinfección superior sin subproductos nocivos, efectos secundarios o riesgos. El impacto ambiental de TwinOxide es insignificante. El único producto residual de TwinOxide es una cantidad de sal mínima de sal. Como los niveles de contaminación del agua varían, es fácilmente posible variar la tasa de dosificación de TwinOxide.

6.7.3. Equipo de apoyo

Los proveedores de TwinOxide cuentan con ingenieros capacitados en todo el mundo para, cheque sitio, instalación, puesta en servicio, capacitación y mantenimiento operativo. Para el uso profesional de TwinOxide se recomienda utilizar un sistema de dosificación de uno de los mejores proveedores. Un sistema de dosificación profesional el uso de dióxido de cloro TwinOxide hace que el uso de TwinOxide aún sea más fácil de lo que ya es, uno de los proveedores es:

ADECO Proyecto de Ingeniería B.V.

El especificaciones utilizados materiales y están en relación con el producto TwinOxide.

Un ejemplo de un sistema de dosificación es el siguiente:



Con los datos de este producto se puede demostrar la facilidad de su uso con solo concentrado de 2.5 litros se podría eliminar cualquier clase de bacterias y levaduras en cisterna que cuenta productos lácteos de Chiapas S.A de C.V.

Anexos

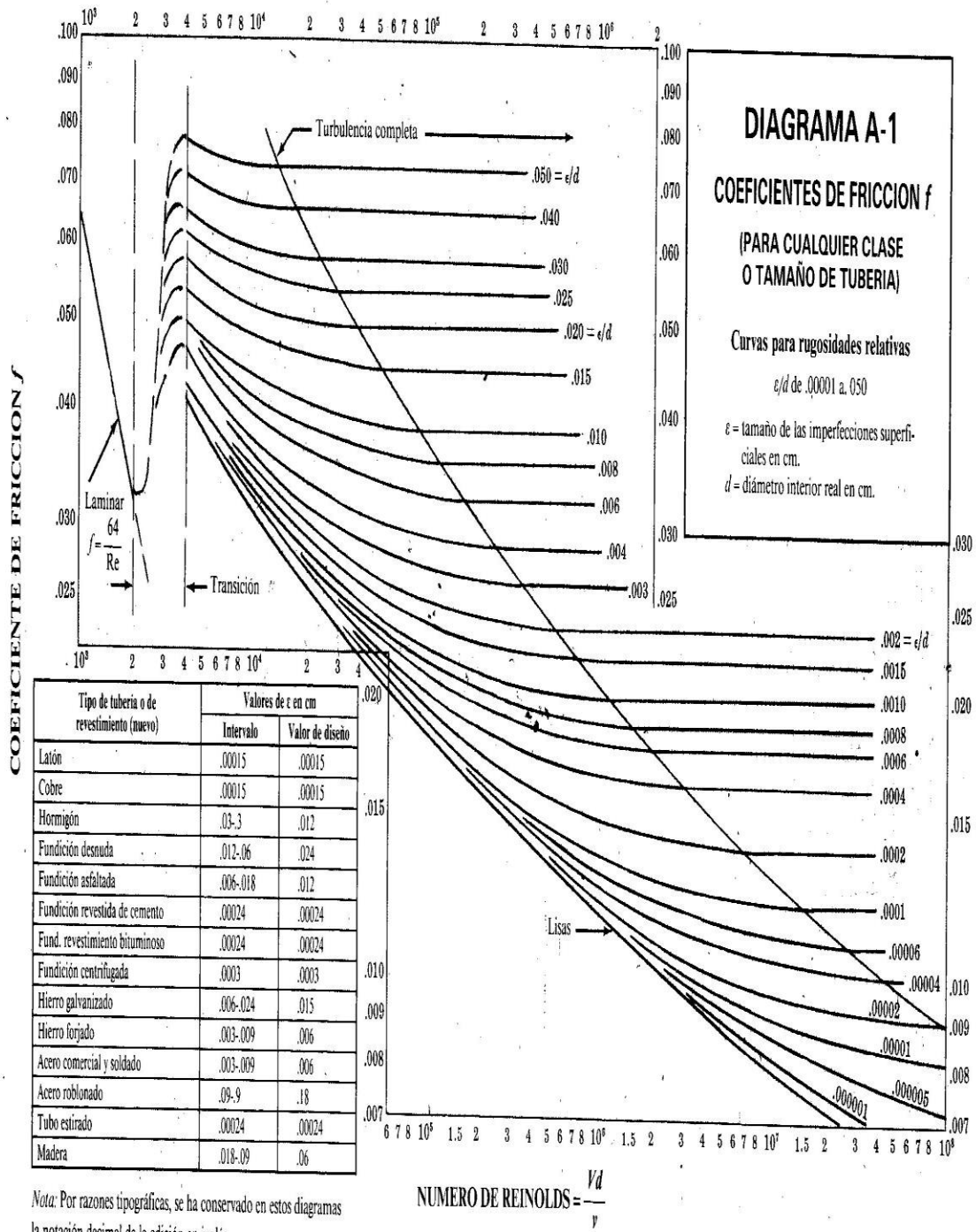
Anexo 1

Tabla de valores de pérdidas para los accesorios en las tuberías

Accesorios	K
Válvula de globo completamente abierta	10.0
Válvula de ángulo completamente abierta	5.0
Válvula de retención de columpio abierta	2.5
Válvula de compuerta abierta	0.19
Codo en U	2.2
Conexión en T estándar	1.8
Codo estándar	0.9
Codo de radio medio	0.75
Codo de radio largo	0.60
Codo de 45 grados	0.45
Válvula de control abierta	3.0
De depósito a tubería a ras	0.50
De tubería a depósito (pérdida a la salida)	1.00

Anexo 2

Diagrama para encontrar coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach



Anexo 3

Tabla de densidad relativa y viscosidad cinemática de algunos líquidos.

(Viscosidad cinemática = valor de la tabla · 10⁻⁶)

Temp (° C)	Agua**		Disolvente comercial		Tetracloruro de carbono		Aceite lubricante medio	
	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)
5	1,000	1,520	0,728	1,476	1,620	0,763	0,905	471
10	1,000	1,308	0,725	1,376	1,608	0,696	0,900	260
15	0,999	1,142	0,721	1,301	1,595	0,655	0,896	186
20	0,998	1,007	0,718	1,189	1,584	0,612	0,893	122
25	0,997	0,897	0,714	1,101	1,572	0,572	0,890	92
30	0,995	0,804	0,710	1,049	1,558	0,531	0,886	71
35	0,993	0,727	0,706	0,984	1,544	0,504	0,883	54,9
40	0,991	0,661	0,703	0,932	1,522	0,482	0,875	39,4
50	0,990	0,556					0,866	25,7
65	0,980	0,442					0,865	15,4

Temp (° C)	Aceite a prueba de polvo*		Fuel-oil medio*		Fuel-oil pesado*		Gasolina*	
	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)
5	0,917	72,9	0,865	6,01	0,918	400	0,737	0,749
10	0,913	52,4	0,861	5,16	0,915	290	0,733	0,710
15	0,910	39,0	0,857	4,47	0,912	201	0,729	0,683
20	0,906	29,7	0,855	3,94	0,909	156	0,725	0,648
25	0,903	23,1	0,852	3,44	0,906	118	0,721	0,625
30	0,900	18,5	0,849	3,11	0,904	89	0,717	0,595
35	0,897	15,2	0,846	2,77	0,901	67,9	0,713	0,570
40	0,893	12,9	0,842	2,39	0,898	52,8	0,709	0,545

Algunos otros líquidos

Líquido y temperatura	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)
Turpentina a 20° C	0,862	1,73
Aceite de linaza a 30° C	0,925	35,9
Alcohol etílico a 20° C	0,789	1,53
Benceno a 20° C	0,879	0,745
Glicerina a 20° C	1,262	661
Aceite de castor a 20° C	0,960	1.031
Aceite ligero de máq. a 16,5° C	0,907	137

* Kessler y Lenz, Universidad de Wisconsin, Madison.

** ASCE Manual 25.

Anexo 5

Foto de la vista actual de la instalación del depósito a las tuberías.



CONCLUSIONES:

En este proyecto lo que se logró fue reunir la información necesaria para llevar a cabo un análisis detallado para poder implantar un sistema más eficiente en el proceso de tratamiento del agua, así mismo, observar los beneficios tanto sociales como económicos que se generan.

Como se puede observar en la etapa del rediseño, no se usaron áreas mayores a comparación del espacio ocupado actualmente, ello demuestra que se está aprovechando adecuadamente el área de trabajo, en este sentido podemos mencionar que no se harán gastos para invertir en buscar mayores áreas para la localización de los componentes de filtración.

En cuanto al aspecto económico, como se observó en el desarrollo del capítulo 5, la inversión es recuperada en un periodo de tiempo relativamente corto; sin embargo, el costo del proyecto solamente contempla la instalación y puesta en marcha del sistema.

Si se tomaran en cuenta otros gastos adicionales como mano de obra, material adicional, mantenimiento, personal, etc., la inversión para implantar el sistema de tratamiento de agua automatizado aumentaría, lo que daría como resultado un periodo mayor para amortizar la inversión.

Es necesario mencionar, que este tipo de proyecto puede ser aplicado en cualquier otra empresa que requiera de un tratamiento de aguas duras y que aunado a ello se desee un proceso automatizado, con muy bajos costos de inversión y eficiente.

Finalmente con este proyecto se ayuda a disminuir el tiempo de regeneración de los filtros de resina, un mejor aprovechamiento del espacio del trabajo, la aportación de nuevos elementos para eliminar microorganismos en el agua y la automatización y control de los elementos. Cada uno de los puntos mencionados anteriormente comprobados con cálculos y exposición teórica.

Referencias bibliográficas.

[1] (22 de noviembre de 2012) (disponible en <http://www.sefiltra.com/filtros-de-arena.php> consultado el 12 de febrero del 2015).

[2] Miguel Rigola Lapeña (2010), Aguas De Proceso y Residuales. México D.F.: Editorial Alfaomega marcombo, pp: 105-150.

[3] (25 marzo del 2013) (disponible en http://dardel.info/IX/processes/regeneration_ES.html consultado el 16 de febrero del 2015).

[4] (13 de enero del 2006) (disponible en https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/mgilarra/experimentacionIQII/Intercambio_ionico2006.pdf consultado el 22 de febrero del 2015).

[5] R.S. Ramalho. (1996). Tratamiento De Aguas Residuales. España: Editorial REVERTÉ, S.A. , pp 585-636.

[6] Marta Míguez Gómez, Claudio Míguez Gómez. (1998), Tratamiento del agua por procesos de purificación. España: Editorial MC GRAW HILL, pp: 793-817.

[7] G.A. Gaffete. (2010). Centrales De Vapor. España: Editorial REVERTÉ, S.A., pp 250-272.

[8] Winkler. (1995). Tratamiento Biológicos De Aguas México D.F.: Editorial LIMUSA, S.A. DE C.V. 2a ED. pp.293-295.

[9] Walter J. Weber, JR. (2008), Control De Calidad Del Agua Procesos Fisicoquímicos. España: Editorial REVERTÉ, S.A. pp 160-174.

[10] Jenkins. (2009), Química Del Agua. México D.F.: Editorial LIMUSA 4a ED. pp. 156-170.

[11] Fair. Geyer. (2005), Purificación De Aguas y Tratamiento y Remoción De Aguas Residuales. México D.F.: Editorial LIMUSA, S.A. DE C.V. 2ª ED. pp.361-369.

[12] A. Hernández, F. Tejerina, J. I. Arribas. L. Martínez y F. Martínez. (2007), Microfiltración, ultrafiltración y osmosis inversa. México D.F.: Editorial Universidad de Murcia. Pp. 108-135.

[13] (6 de agosto 2010) (disponible en <http://www.sefiltra.com/osmosis-inversa-purificacion-agua.php> consultado el 12 de marzo del 2015).

[14] Pedro M. González Olabarría. (2012), Desalación De Agua Mediante Ósmosis Inversa. Ingeniería Constructiva. Madrid España. 1ª ED. pp. 135-160.

[15] César Ramírez Cavassa.(2011), Características De Los Materiales. México D.F.: Editorial LIMUSA, S.A. DE C.V. 1ª ED. pp. 50-65.

[16] Oscar Torrente Arrdero. (2012), Arduino Racticas. México D.F.: Editorial Alfaomega. 1ª ED. pp. 75-85.

[17] (13 de noviembre del 2013) (disponible en <http://www.twinoxide.com/> consultado el 27 abril).