

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



**“REUTILIZACIÓN DE AGUA DE ENJUAGUE EN LA
LAVADORA DE BOTELLAS VIDRIO RETORNABLE, MEDIANTE
LA TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

JAVIER DAVID SANTILLAN CARDENAS

LIMA – PERÚ

2010

Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional y a mis profesores por su enseñanza impartida

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla la propuesta de mejora para el ahorro de agua, en la planta de bebidas gaseosas AJEPER S.A., donde utiliza una lavadora de botellas de vidrio retornable, en los diferentes formatos y sabores que presenta (300 ml, 400 ml, 450 ml y 1250 ml)

Las botellas que retornan de mercado necesitan ser lavados con muchísimo cuidado, ya que dentro del proceso representa un PCC (Punto Crítico de Control), para ello se utiliza 3.5 % en peso de Soda Cáustica a 65 °C que, con un tiempo de contacto total de 25 minutos nos permite tener botellas limpias y estériles

Para lograr este proceso requerimos de grandes cantidades de agua blanda básicamente en el proceso de enjuague, debido a que este equipo lava una cantidad de 350 bpm (botellas por minuto). Para dicho efecto se ha verificado un uso de Agua Blanda superior a los 440 m³/día, las cuales son vertidos al desagüe con una concentración de soda cáustica de 0.4% en peso promedio .

La característica de dicho efluente es de presentar un pH de carácter básico el cual está alrededor de 11.5 , lo que implica que requiera un tratamiento para reutilizarlo en el mismo sistema de enjuague de botellas . Debido al alto consumo de agua en el proceso de lavado se presenta la Propuesta de reutilización de agua de enjuague, en la lavadora de botellas vidrio retornable, mediante la tecnología de membranas .

ÍNDICE

	Pág.
I. - INTRODUCCIÓN	7
1.1 Objetivo	8
1.2 Alcance	8
1.3 Justificación	8
II. - FUNDAMENTOS TEÓRICOS	9
2.1 Sistemas de separación por membranas	9
2.1.1 Membranas	9
2.1.2 Tipos de membranas	10
2.1.3 Configuraciones de membrana	12
2.1.4 Formas de operar	16
2.1.5 Factores que reducen las prestaciones de las membranas	18
2.2 Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales	23
2.2.1 Microfiltración	24
2.2.2 Ultrafiltración	24
2.2.2.1 Criterios de selección	25
2.2.3 Ósmosis Inversa	26
2.2.3.1 Características del proceso	26
2.2.4 Nanofiltración	28

III. - DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	30
3.1 Esquema del proceso de elaboración de bebida	30
3.2 Proceso de lavado de botellas vidrio retornable (VR)	32
3.2.1 Estructura de una lavadora de botellas (VR)	33
3.2.2 Factores determinantes en el lavado de botellas	37
3.2.3 Componentes químicos en el lavado de botellas	39
3.3 Balance hídrico según tipo de agua	42
3.4 Propuesta de reutilización del agua de enjuague a través de membranas	46
3.4.1 Diagrama actual del lavado de botellas	47
3.4.2 Propuesta a implementar	48
3.4.1 Caracterización del agua residual después del enjuague	49
3.5 Determinación del costo por tipo de agua utilizada	53
3.6 Costo de operación e instalación para el tratamiento del agua de enjuague final	57
3.6.1 Costo operativo	57
3.6.2 Costo de equipos e instalación	58
3.6.3 Recuperación de la inversión	59
IV. - CONCLUSIONES	61
V. - RECOMENDACIONES	62
VI. - BIBLIOGRAFÍA	63

- 7.1 ANEXO 1: Especificación de agua fuente en la Planta AJEPER
- 7.2 ANEXO 2: Especificación de agua tratada en la Planta AJEPER
- 7.3 ANEXO 3: Estándares de calidad del agua residual de COCA COLA COMPANY
- 7.4 ANEXO 4: Reglamento de desagües industriales en el Perú
- 7.5 ANEXO 5: Características y especificaciones técnicas de la bomba dosificadora del neutralizante.
- 7.6 ANEXO 6: Características y especificaciones técnicas del filtro multimedia de cuarzo - Filtro de Arena
- 7.7 ANEXO 7: Características y especificaciones del filtro multimedia de carbón - Filtro Carbón
- 7.8 ANEXO 8: Características técnicas del dosificador antiincrustante
- 7.9 ANEXO 9: Características y especificaciones del equipo de Ósmosis Inversa Puregen. Inc. - USA
- 7.10 ANEXO 10: Características y especificaciones del equipo esterilizador ultra violeta - STERILUX - ET 20000

I. - INTRODUCCIÓN

Por lo general todas las actividades desarrolladas en el seno de una empresa producen impactos en el medio ambiente, lo cual lleva a muchas empresas a considerar la necesidad de analizar con más detalle todos sus procesos de producción. Así, algunas empresas comienzan a asumir la obligación de reducir el impacto de sus modos de producción, en todas y cada una de las fases que cumple el producto en su ciclo de vida, y las empresas están trabajando pensando en la compleja integración entre el desarrollo y la conservación del medio ambiente perfilándose a un modelo de crecimiento ambientalmente sano, económicamente viable, socialmente equilibrado y justo, que se expresa con el término de desarrollo sostenible.

Una correcta política medioambiental tiene que tomar en consideración no solo los tratamientos al final de línea y/o gestión de la corriente residual cuando se hayan analizado sino de aplicar las opciones de minimización viables para la empresa. Además de las mejoras ambientales que se consiguen, la implementación de una política de prevención de la contaminación repercute en una disminución del coste de gestión ambiental, en el diseño de las instalaciones de tratamiento de las corrientes residuales con un correcto dimensionamiento, en la mejora de la imagen y en la aportación de un nivel de protección superior de las personas y del medio ambiente.

Teniendo en cuenta las regulaciones ambientales, la mayor vigilancia y control, junto a la sensibilidad social y evolución de los mercados, una buena gestión medioambiental es un factor estratégico en la lucha por la competitividad.

1.1 OBJETIVO:

Se ha definido como principal objetivo, la reutilización del agua de enjuague que desecha la lavadora de botellas de vidrio retornable mediante la tecnología de membranas, cumpliendo el estándar para la reutilización en la misma sección de enjuague .

1.2 ALCANCE:

Este proyecto considera el tratamiento de agua por membranas proveniente de la lavadora de botellas de vidrio retornable para los formatos (300 ml, 400 ml, 450 ml y 1250 ml.) en la línea de embotellado Nro. 03 - AJEPER S.A. - Planta Huachipa .

1.3 JUSTIFICACIÓN:

La necesidad de convivir en armonía con el medio ambiente y el gran sentido de conciencia del cuidado del medio ambiente, hizo posible el planteamiento del presente trabajo, el cual consiste en aprovechar el agua de enjuague que se drena en el proceso de lavado de botellas vidrio retornable reutilizándolo posteriormente, esto como parte de la gestión ambiental de la empresa.

2. – FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1.- SISTEMAS DE SEPARACIÓN POR MEMBRANAS

Los sistemas de separación por membranas representan un importante nuevo conjunto de procesos para el tratamiento de agua. Su tremendo potencial resulta de sus universales capacidades de tratamiento y de su coste competitivo .

2.1.1 MEMBRANAS

Las membranas son barreras físicas semipermeables que separan dos fases, impidiendo su íntimo contacto y restringiendo el movimiento de las moléculas a través de ella de forma selectiva. Este hecho permite la separación de las sustancias contaminantes del agua, generando un efluente acuoso depurado. La rápida expansión, a partir de 1960, de la utilización de membranas en procesos de separación a escala industrial ha sido propiciada por dos hechos: la fabricación de membranas con capacidad para proporcionar elevados flujos de permeado y la fabricación de dispositivos compactos, baratos y fácilmente intercambiables donde disponer grandes superficies de membrana.

CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS DE SEPARACIÓN CON MEMBRANAS

- Permiten la separación de contaminantes que se encuentran disueltos o dispersos en forma coloidal.
- Eliminan contaminantes que se encuentran a baja concentración.
- Las operaciones se llevan a cabo a temperatura ambiente.
- Procesos sencillos y diseños compactos que ocupan poco espacio.
- Pueden combinarse con otros tratamientos.
- No eliminan realmente el contaminante, únicamente lo concentran en otra fase.

- Pueden darse el caso de incompatibilidades entre el contaminante y la membrana.
- Problemas de ensuciamiento de la membrana: necesidad de otras sustancias para llevar a cabo la limpieza, ajustes de pH, ciclos de parada para limpieza del equipo.
- Deficiente escalado: doble flujo-doble de equipos (equipos modulares).
- Ruido generado por los equipos necesarios para conseguir altas presiones.

2.1.2 TIPOS DE MEMBRANAS

Las membranas se pueden fabricar con materiales poliméricos, cerámicos o metálicos.

Atendiendo a su estructura física se pueden clasificar en:

- **Membranas micro porosas**

Estructuras porosas con una estrecha distribución de tamaño de poros. Las membranas que se encuadran en este grupo tienen una de distribución de diámetros de poro de 0.001mm – 10mm.

Los procesos de depuración de aguas que utilizan estas membranas, microfiltración y ultrafiltración, se basan en impedir por exclusión el paso a través de la membrana de aquellos contaminantes de mayor tamaño que el mayor diámetro de poro de la membrana, siendo parcialmente rechazadas aquellas sustancias cuyo tamaño está comprendido entre el mayor y el menor de los diámetros del poro. En este tipo de membranas la *fuerza impulsora* responsable del flujo de permeado a través de la membrana es una diferencia de presión.

Los *filtros profundos* actúan reteniendo en su interior, bien por adsorción en las paredes de los poros o por su captura en los estrechamientos de los canales de los poros, las sustancias contaminantes que se quieren excluir del agua. Son membranas isotrópicas y habitualmente se utilizan en microfiltración.

Los *filtros tipo tamiz* son membranas con una estrecha distribución de tamaños de poros. Capturan y acumulan en su superficie las sustancias contaminantes de mayor tamaño que los poros. Las sustancias de menor tamaño que pasan la membrana no son retenidas en su interior, sino que salen formando parte del permeado. Suelen ser membranas anisótropas y se utilizan en ultrafiltración.

- **Membranas densas**

Estructuras sin poros donde el paso de las sustancias a través de la membrana sigue un modelo de solución-difusión, en el que los componentes de la solución se disuelven en la membrana y posteriormente se difunden a través de ella. La diferente solubilidad y difusividad de los componentes de la solución en la membrana permiten la separación de sustancia del tamaño de moléculas e iones. Debido a las fuertes presiones a las que tienen lugar estos procesos las membranas son de tipo anisótropo. La ósmosis inversa y la nanofiltración son procesos que utilizan este tipo de membranas.

- **Membranas cargadas eléctricamente**

Pueden ser porosas o densas, con restos aniónicos o catiónicos fijos en la estructura de la membrana. La separación es consecuencia de la carga de la membrana, siendo excluidos aquellos componentes cuya carga sea la misma que la de la membrana. La separación también depende de la carga y concentración de los iones de la solución: los iones monovalentes son excluidos menos eficazmente que los divalentes, así mismo, el proceso de separación es menos efectivo en soluciones de elevada fuerza iónica. Estas membranas se utilizan en los procesos de electrodiálisis.

- **Membranas anisótropas**

Las membranas anisótropas son estructuras laminares o tubulares donde el tamaño

de poro, la porosidad o la composición de la membrana cambia a lo largo de su espesor. Están constituidas por una delgada película (**densa** o con poros muy finos) soportada en otra más gruesa y porosa, de tal forma que la primera es la responsable del proceso de separación y la segunda aporta al sistema la suficiente resistencia mecánica para soportar las condiciones de trabajo. La película responsable del proceso de separación y la que aporta la resistencia mecánica pueden estar fabricadas con el mismo material (membranas de Loeb-Sourirajan) o con materiales diferentes (membranas de tipo composite).

Debido a que la velocidad de paso de las sustancias a través de la membrana es inversamente proporcional a su espesor, las membranas deberán ser tan delgadas como sea posible. Mediante la fabricación de membranas anisótropas (asimétricas) es posible conseguir espesores de membranas inferiores a 20 μm , que son los espesores de las membranas convencionales (isótropas o simétricas). La mejora en los procesos de separación, debido a este tipo de membranas, ha hecho que sean las de elección en los procesos a escala industrial.

2.1.3 CONFIGURACIONES DE LAS MEMBRANAS

Las membranas pueden fabricarse en forma de láminas planas, tubulares o del tipo denominado fibra hueca (*hollow fiber*).

Las fibras huecas son estructuras tubulares con 0.1-1.0 mm de diámetro externo y 50 μm de diámetro interno, dimensiones que son un orden de magnitud inferior a las denominadas membranas tubulares. La mayoría de ellas son de tipo anisótropo, donde la estructura responsable de la separación se dispone en la superficie externa o interna de la fibra. Las fibras huecas se disponen en módulos compactos con mayor superficie filtrante que los módulos de láminas planas y de membranas tubulares, permitiendo separaciones más eficientes. El desarrollo de materiales para la fabricación de membranas que permitan separaciones eficientes y su disposición en configuraciones o módulos de fácil instalación y sustitución que puedan agruparse para conseguir superficies filtrantes de centenas o millares de m^2 , ocupando volúmenes aceptables, han sido los hechos que han condicionada la

utilización de membranas a escala industrial. En la actualidad las configuraciones en las que se presentan las membranas se denominan:

- **Cartuchos de membranas**, donde las membranas, convenientemente plegadas, se enrollan alrededor del colector de permeado, empaquetándose en una carcasa de 25 cm de longitud y 6 cm de diámetro (Fig. 2.1) que se disponen en línea con el flujo que se desea tratar (alimentación), quedando los contaminantes retenidos en la membrana y generándose un efluente depurado (permeado). En estas disposiciones se consiguen desarrollos superficiales del orden de 0.3 m^2 . Los cartuchos de membranas son desechables.

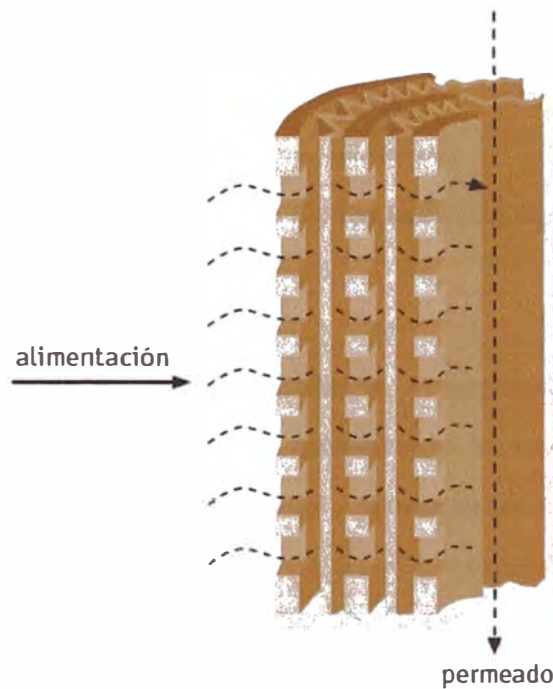


Fig. . 2. 1 Cartuchos de membranas

- **Módulos tipo placa-bastidor**, tiene una disposición semejante a los filtros-prensa. Las membranas se disponen en bastidores separados por placas. La alimentación, impulsada por una bomba, circula por los espacios placa-membrana, concentrándose en contaminantes conforme tiene lugar el flujo de permeado a través de las paredes de las membranas (Fig. 2.2)

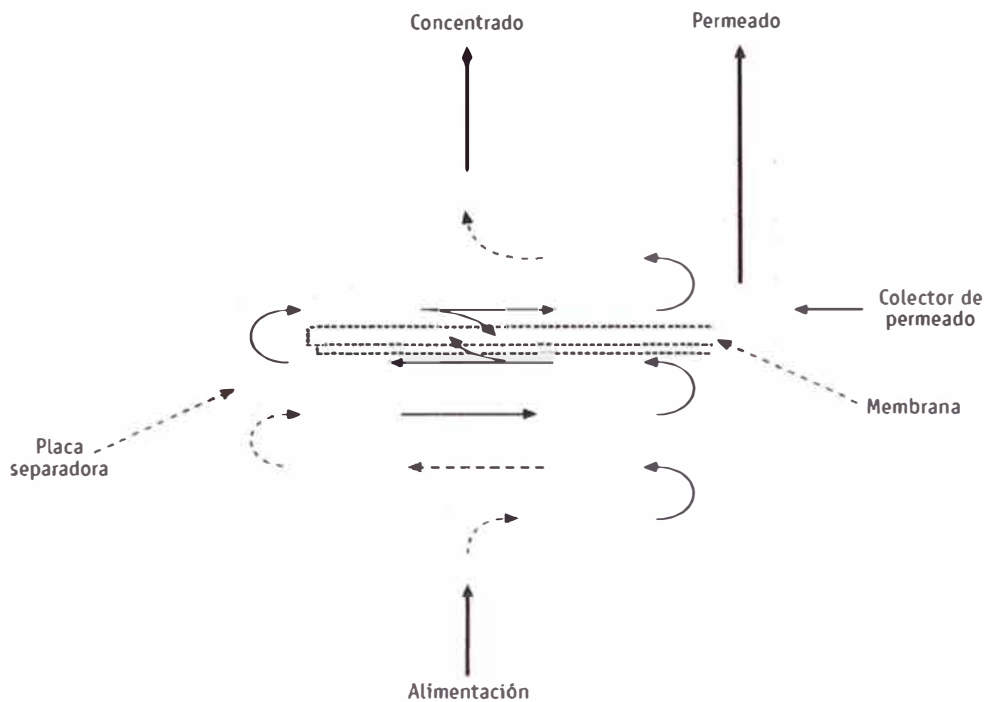


Fig. 2.2 Esquema de un módulo tipo placa-bastidor.

- **Módulos de membranas tubulares**, constituidos por carcassas cilíndricas que contienen un número variable de membranas tubulares. La alimentación se bombea por el interior de las membranas, produciéndose un flujo lateral de permeado a través de las paredes. La carcasa tiene los dispositivos adecuados para recoger los flujos de permeado y concentrado. Las membranas tubulares están constituidas por un soporte poroso de papel o fibra de vidrio sobre el que se deposita la superficie filtrante. También se construyen en materiales cerámicos.

Los módulos tubulares suelen tener longitudes de 13 cm – 20 cm, con 4 – 6 membranas de 0.5 cm – 1 cm de diámetro, dispuestas en su interior. La velocidad de circulación de la alimentación por el interior de las membranas es de 2 m/s – 6 m/s, lo que se traduce en pérdidas de carga de 14 – 21 kPa por módulo. El consumo de energía de las plantas que utilizan este tipo de módulos es del orden de 0.8 – 2.5 Kwh./100 L permeado .

- **Módulos de membranas enrolladas en espiral**, estructura compleja donde una membrana en forma de “bolsa plana”, con un separador interno de las paredes de la membrana, se enrolla en espiral alrededor del tubo colector de permeado, con el que se une por la parte abierta de la “bolsa”. Las paredes exteriores de la membrana, que forman las espirales, se encuentran separadas por estructuras huecas que permiten que la alimentación discorra a través de ellas y que el permeado fluya, lateralmente, a través de las paredes de las membranas. Estos módulos suelen tener 20 cm de diámetro y 100 cm de largo con varias membranas enrolladas que proporcionan una superficie de membrana de 1 – 2 m² (**Fig. 2.3 y Fig. 2.4**).



Fig. 2.3 Membrana enrollada en espiral.

Membranas Espirales

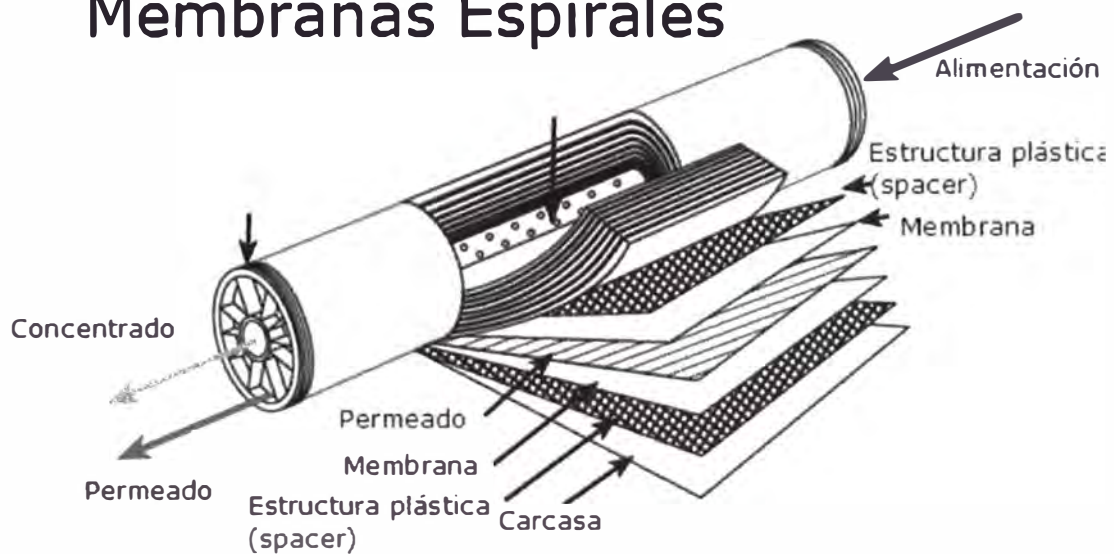


Fig. 2.4 Membrana desenrollada tipo espiral.

Módulos de membranas tipo fibra hueca, estructuras semejantes a los intercambiadores de calor multitubulares, de 70 cm de longitud y 8 cm de diámetro donde se alojan 500 – 2000 membranas del tipo fibra hueca. Básicamente existen dos configuraciones, atendiendo a que la alimentación circule por el interior o el exterior de las fibras. La caída de presión en este tipo de módulos es de 0.7 bar – 70 bar, según el tipo de aplicación.

2.1.4 FORMAS DE OPERAR

- Filtración en línea

Las membranas se disponen en la línea de flujo del efluente que se desea tratar (alimentación), quedando las partículas contaminantes retenidas en el interior de las membranas y generándose una corriente depurada (permeado). Las membranas

utilizadas son de tipo *filtro profundo*, dispuestas en cartuchos (**Fig. 2.5**).

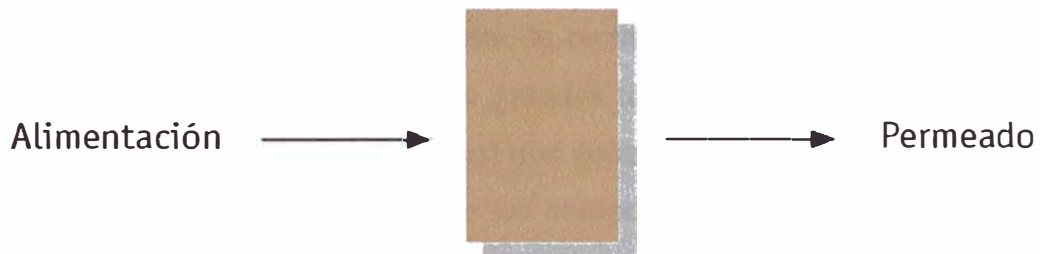


Fig. 2.5 Filtración en Línea

- Filtración tangencial

El efluente que se desea tratar se hace circular tangencialmente a la membrana. Los contaminantes quedarán en la superficie de la membrana, siendo arrastrados por el flujo tangencial, evitándose el ensuciamiento de la membrana. Esta forma de operar genera a partir de la alimentación dos corrientes o flujos: *concentrado*, con una concentración de contaminantes mayor que en la alimentación, y *permeado*, con una concentración de contaminantes que hacen posible su vertido o reutilización. Las membranas utilizadas son de tipo *tamiz* o *densas* (**Fig. 2.6**).



Fig. 2.6 Filtración tangencial

2.1.5 FACTORES QUE REDUCEN LAS PRESTACIONES DE LAS MEMBRANAS

El buen funcionamiento de una membrana se consigue cuando se mantiene el flujo de permeado (J_w) y el coeficiente de rechazo (R) dentro de las condiciones de diseño de la operación, o sea, sin grandes modificaciones en la diferencia de propiedad (presión, potencial eléctrico) que genera el flujo de permeado.

El **coeficiente de rechazo** (R_i), de un componente i que se desea excluir del permeado, es una forma de estimar el grado de separación conseguido por la membrana. Se define como la diferencia respecto a la unidad de la razón entre las concentraciones del **componente** i en el permeado (C_{ip}) y en la alimentación (C_{if})

$$R_i = 1 - \frac{C_{ip}}{C_{if}}$$

El **flujo de permeado** (J_w) es el flujo de la solución que pasa la membrana, se expresa en

$$\frac{\text{volumen permeado}}{\text{unidad superficie membrana} \cdot \text{unidad tiempo}}$$

- Polarización de la concentración

Tiene lugar en aquellos procesos que operan en la forma *filtración tangencial*, como es el caso de *ósmosis inversa* y *ultrafiltración*. En las condiciones de trabajo de estos procesos es difícil evitar que los componentes de la alimentación rechazados por la membrana no se acumulen en su superficie. El resultado es la

creación de gradientes de concentración (*polarización de la concentración*) en el lado de la alimentación, que pueden disminuir la eficiencia de separación de la membrana y el flujo de permeado. La **Fig. 2.7** representa la situación en la que un componente *i* de la alimentación, que es rechazado por la membrana, se acumula en su superficie, creándose un gradiente de concentración localizado en **una película de espesor δ** , próximo a la membrana.

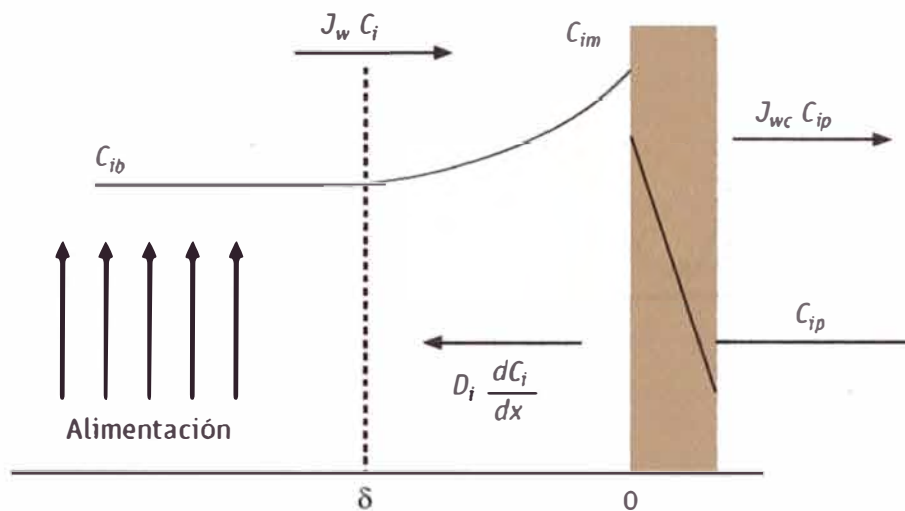


Fig. 2.7 Creación de gradientes de concentración

El flujo difusivo del **componente i**;

$$D_i * \frac{dc_i}{dx}$$

Generado por el gradiente de concentración, se opone al flujo convectivo creado por la diferencia de presión transmembrana, comportándose como una resistencia adicional que contribuye a disminuir el flujo de permeado. El balance de componente *i* en el volumen de espesor, cuando se llega a un estado estacionario,

donde cesa la acumulación de componente i en la superficie de la membrana, nos daría el siguiente resultado:

$$J_w C_i - J_w C_p + D_i * \frac{dC_i}{dx} = 0$$

Resolviendo para las condiciones límite de la Fig. 2.7:

$$C_i = C_{ib} \rightarrow x = \delta$$

$$C_i = C_{im} \rightarrow x = 0$$

$$J_w = \frac{D_i}{\delta} \ln \frac{C_{im} - C_{ip}}{C_{im} - C_{ip}} \rightarrow J_w = \frac{D_i}{\delta} \ln \frac{C_{im}/C_{ib} - C_{ip}/C_{ib}}{1 - C_{ip}/C_{ib}}$$

Como se desprende de la expresión final de J_w , para unas condiciones de operación dadas: coeficiente de rechazo (R), condiciones fluido dinámicas (δ) y viscosidad, temperatura y naturaleza de la sustancias (factores, estos últimos que condicionan D_i); el máximo flujo de permeado (J_w) se conseguirá cuando C_{im} alcance un valor máximo, que será el de la solubilidad de i en el gel de la película adyacente a la superficie de la membrana. En estas condiciones, un aumento de la diferencia de presión transmembrana no aumentaría el flujo de permeado (J_w), únicamente aumentaría el espesor de la película, pudiendo llegar a compactarla, lo que disminuiría aún más el flujo de permeado e incluso producir un deterioro irreversible en la membrana. Una polarización de la concentración elevada aumentará la presión osmótica en el lado de la alimentación, lo que también contribuiría la disminución del flujo de permeado. Además, si la concentración C_{im} es elevada se favorecerá la difusión del **componente i** a través de la membrana, lo que significaría una disminución del coeficiente de rechazo. Esta

forma de mal funcionamiento de la membrana depende de las condiciones de operación y no del tiempo de utilización de la membrana. La manera más sencilla de evitar la polarización es aumentando la velocidad de paso de la alimentación, de tal forma que las turbulencias generadas arrastren a las sustancias depositadas en la superficie de la membrana.

TABLA Nro 2.1. - VALORES DE LOS PARAMETROS DE POLARIZACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALGUNOS PROCESOS

proceso	$\frac{C_{ip}}{C_{id}}$	J_w (10^{-3} cm/s)	D_i (10^{-6} cm ² /s)	$\frac{J_w D_i}{\delta}$	$\frac{C_{im}}{C_{ib}}$
ósmosis inversa					
desalación de agua de mar	0.01	1.4	10	0.28	1.3
desalación de agua salobre	0.01	2.3	10	0.46	1.5
ultrafiltración					
separación de proteínas	0.01	1.4	0.5	5.6	70

C_{ip}/C_{ib} y C_{im}/C_{ib} Son parámetros de operación que se denominan *módulo de polarización de la concentración* y *factor de enriquecimiento*, respectivamente. C_{im} , C_{ip} y C_{ib} , son las concentraciones del componente *i* en la superficie de la membrana, en el permeado y en el lado de la alimentación, respectivamente.

- Ensuciamiento

El ensuciamiento de la membrana es debido a la presencia en la alimentación de sustancias que pueden interaccionar con ella, adsorbiéndose y/o precipitando

en su superficie o penetrando en su interior, en cuyo caso son adsorbidas en las paredes de los poros, reduciendo el diámetro de paso de estos. La consecuencia del ensuciamiento es una disminución del flujo de permeado, debido a una mayor resistencia de la membrana. Un aumento progresivo de la diferencia de presión transmembrana, con el fin de mantener el flujo de permeado, acelerará el proceso de ensuciamiento, pudiendo llegar a una situación irreversible de taponamiento de la membrana, lo que haría necesario su sustitución. Esta forma de mal funcionamiento es dependiente del tiempo de trabajo de la membrana. La forma de corregirlo dependerá de las características del ensuciamiento. Así, en el caso de ensuciamiento en la superficie, un cambio en la dirección del flujo, bien en intervalos de tiempo definidos o en forma de pulsos, puede ser suficiente para eliminar el problema. En otras situaciones como ensuciamiento en el interior de la membrana o deposiciones persistentes en la superficie, será necesario en empleo de productos químicos de limpieza. La mejor forma de retrasar los problemas de ensuciamiento es preverlos identificando las causas que lo producen. A veces esto es posible con pequeñas modificaciones en las formas de operar, como optimizar la diferencia de presión de trabajo para retrasar el taponamiento de los poros, operando a presiones menores que las de flujo de permeado máximo pero suficientes para que la relación flujo de permeado-tiempo de utilización de la membrana sea ventajosa; determinar si los procesos de adsorción son pH dependientes y si este el caso, optimizar el pH de trabajo; determinar el tipo de pre tratamiento que podrían hacerse en la membrana para mejorar su comportamiento al ensuciamiento, etc.. También es posible mejorar el comportamiento al ensuciamiento actuando sobre la configuración de las membranas, se ha comprobado que las membranas del tipo fibras huecas, de pequeño diámetro, dispuestas con orientación vertical y baja densidad de empaquetamiento tienen un mejor comportamiento al ensuciamiento, o que en las membranas con mayor porosidad y mayor diámetro de poro se produce antes la reducción en el flujo de permeado. Los aspectos comentados representan condicionantes serios en los procesos con membranas, debido al acortamiento del periodo de vida de las membranas y la discontinuidad que supone las paradas

necesarias para llevar a cabo la limpieza o sustitución de las membranas, lo que se traduce en costes de operación.

2.2. - TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las tecnologías más utilizadas en el tratamiento de aguas residuales industriales se pueden agrupar atendiendo a la *fuerza impulsora* responsable del flujo de permeado

<u>Tecnologías</u>	<u>Fuerza impulsora</u>
Microfiltración (MF)	diferencia de presión transmembrana
Ultrafiltración (UF)	
Ósmosis inversa (RO)	
Nanofiltración (NF)	
Electrodialisis (ED)	diferencia de potencial eléctrico transmembrana

TABLA Nro 2.2 RANGO COMPARATIVO ENTRE TIPO DE TECNOLOGÍA

	Microscopio ST	Microscopio electrónico		Microscopio óptico		Visible	
	Rango Iónico	Rango Molecular	Rango Macro Molecular	Rango Micro Particular		Rango Macro Particular	
Micrómetros (Log)	0.001	0.01	0.1	1.0	10	100	1000
Armstrong (Log)	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷
Peso molecular aprox.	100 200	1000 10.000	20.000 100.000	500.000			
Tamaño relativo de Partícula	Iones Metálicos	Sales acuosas Endotoxin/Pyroen Tintes	Virus Proteínas Gelatina	Pigmentos de pintura Bacteria	Cryptosporidium Levadura Polvo de Carbon	Pelo humano Arena	
	Azúcar	Silica Coloidal Albumina	Tinte Azul Indigo	Células de la sangre A.C. Fine Test Dust	Polen	Carbon Activado	
		Latex/Emulsiones	Asbestos	Milled Flour			
Proceso de Separación	Osmosis Inversa	Ultrafiltración	Nanofiltración	Microfiltración	Filtración		

Fuente : Mc Graw Hill , Calidad y tratamiento del agua . Pag 708

2.2.1 - LA MICROFILTRACIÓN

Es la más antigua de las cuatro tecnologías de membranas actuadas por presión. No elimina contaminantes basados estrictamente en el tamaño de poro de membrana en todos los casos. En efecto, una capa de torta constituida por los materiales presentes en el agua de alimentación puede formarse sobre la superficie de la membrana y suministrar capacidades adicionales de eliminación. Este proceso de membrana está dirigido a reemplazar cuatro procesos unitarios en el tratamiento convencional de agua: mezcla rápida, coagulación, floculación y medios filtrantes convencionales. Un lecho granular, incluso con pre-tratamiento de coagulación no es capaz de garantizar la eliminación de microorganismos como virus entéricos, incluso con la existencia de niveles medibles de cloro libre. La resistencia al cloro de quistes como la *Giardia lamblia* y los *Cryptosporidium parvum* no da como eficaz la desinfección por cloro libre requiriendo dosificaciones muy superiores para inactivar el virus de la polio o bacterias coliformes. Pero además, la cloración lleva a la formación de Trihalometanos – THM- cancerígenos (compuestos orgánicos de bajo peso molecular con tamaños menores que los de los poros de las membranas de UF). Cada vez más, la MF y la UF se usan para sistemas de desinfección de aguas potables.

2.2.2. - LA ULTRAFILTRACIÓN

Es un proceso conducido por presión, por el cual los coloides, las partículas y las especies solubles de elevado peso molecular son retenidas por un mecanismo de exclusión por tamaño, suministrando medios para concentrar, fraccionar o filtrar especies disueltas o en suspensión. Las membranas de UF eliminan THM o sus precursores. La UF permite pasar a la mayoría de especies iónicas inorgánicas y retiene partículas discretas de materia y especies orgánicas iónicas y no iónicas, dependiendo del peso molecular de corte (PMC) de la membrana. Este PMC es una especificación utilizada por los suministradores para describir su

capacidad de retención. Comercialmente están disponibles en el mercado membranas de UF que tienen el PMC entre 1.000 a 100.000. Por tanto la UF garantiza un producto final desinfectado

A la hora de elegir la membrana más adecuada, además del peso molecular de corte, hay que tener en cuenta ciertas características físicas de las macromoléculas como linealidad y rigidez.

Macromoléculas lineales y flexibles pueden atravesar membranas de peso molecular de corte muy inferior a su peso molecular. Así, cadenas lineales de dextrano de 100 kD de peso molecular medio, pueden atravesar membranas de peso molecular de corte inferior a 35 kD. El pH del medio es otro factor que también puede modificar el proceso de ultrafiltración. Los ácidos poliacrílicos, a valores de pH 5 y superiores, se encuentran ionizados, formando estructuras rígidas que se repelen entre sí y que son fácilmente rechazados por membranas de ultrafiltración. Sin embargo, a valores de pH 3 o inferiores dejan de estar ionizados, adoptando una conformación más flexible que pueden atravesar la membrana y dificulta su proceso de separación.

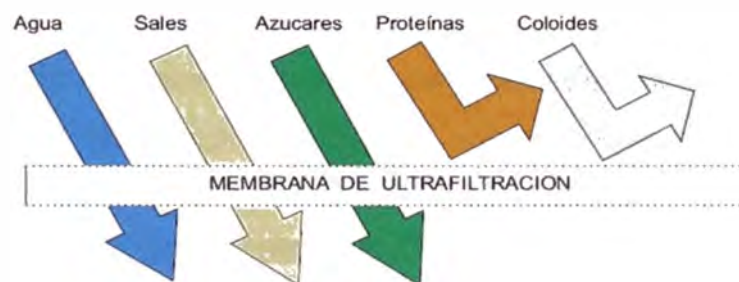


Fig. 2.8 Barrera en la ultrafiltración

2.2.2.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN:

En la elección de una membrana en general hay que:

- Conocer las características de los elementos existentes en el fluido
- Suspendidos o disueltos
- Carga eléctrica (si o no)
- Peso molecular
- Cantidades relativas
- Conocer las necesidades
- Separar
- Desalinizar
- Concentrar
- Conocer las características de los procesos

2.2.3. - ÓSMOSIS INVERSA (RO)

El proceso de *RO* consiste en generar, mediante una membrana permeable al agua, una solución acuosa con bajo contenido en sal a partir de otra con alto contenido en sal. Es la tecnología utilizada para producir agua desalada a partir de agua de mar. Igual que en *MF* y *UF*, la causa que genera la fuerza impulsora para lograr la separación de la sal es una diferencia de presión transmembrana. Sin embargo, en la *RO* el proceso de separación se debe a las diferentes solubilidad y difusividad en la membrana de los componentes de la solución acuosa. Los valores de operación de la diferencia de presión transmembrana y concentración de la solución son 7 – 70 bar y 200 – 30000 ppm, respectivamente.

2.2.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO

La ósmosis es el proceso que tiene lugar cuando una membrana, con permeabilidad selectiva al agua, separa dos soluciones salinas acuosas de distinta concentración, que se encuentran a la misma presión y temperatura. De forma

natural el agua pasa (**Fig. 2.9A**) de la solución más diluida a la más concentrada a través de la membrana. El fenómeno cesa (**Fig. 2.9B**) cuando el aumento de presión hidrostática, en el lado de la membrana de la solución más concentrada, supone una resistencia suficiente para impedir el paso del agua proveniente de la solución diluida. La diferencia de presión entre las dos soluciones cuando se alcanza este estado de equilibrio se denomina diferencia de presión osmótica transmembrana (Dp). Si lo que se pretende es invertir el flujo de agua generado por la ósmosis (**Fig. 2.9C**), es necesario aplicar, en el lado de la solución concentrada, una presión que origine una diferencia de presión transmembrana (Dp) superior a la presión osmótica. De esta forma se logra que el flujo de agua sea en el sentido de la solución concentrada a la solución diluida (*RO*), obteniéndose agua desalada, a partir de soluciones acuosas salinas, de calidad suficiente para ser utilizada en el consumo humano o en otras aplicaciones.

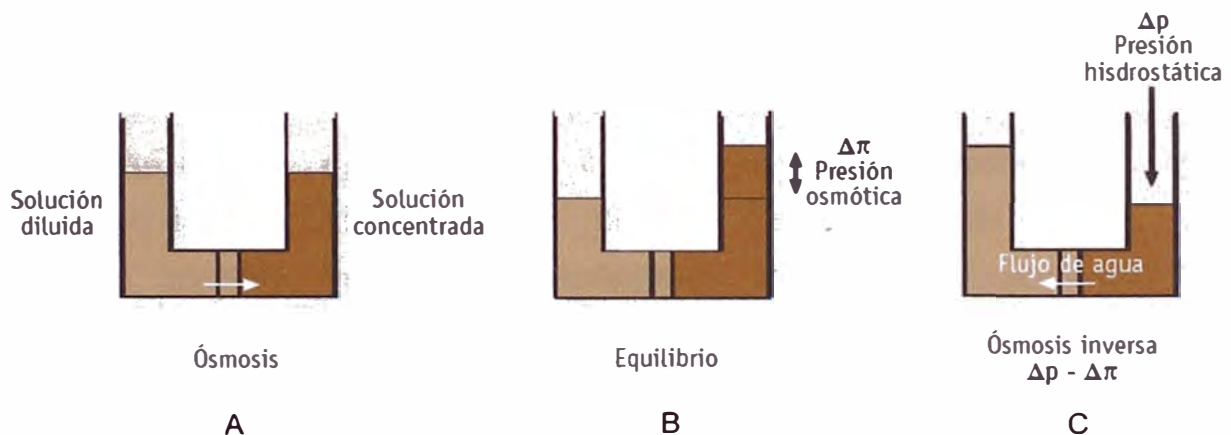


Fig. 2.9 Proceso de ósmosis

Las suciedades que quedan en las membranas son posteriormente arrastradas y lavadas por la misma corriente de agua. De esta forma el sistema realiza una auto

limpieza constante. Esta corriente de agua de desperdicio necesaria, está en relación directa con el tipo de membrana que se utiliza y sus exigencias.

2.2.3 NANOFILTRACIÓN (NF) :

Las prestaciones de esta tecnología son intermedias entre la *UF* y *RO*. Utiliza membranas con valores de pesos moleculares de corte de 200 D – 1000 D y coeficientes de rechazo de cloruro sódico de 0.2 – 0.80 %. *NF* se aplica para el tratamiento de aguas con una concentración salina de 200 mg/L – 5000 mg/L con presiones de trabajo de 7 bar – 14 bar, de ahí que también se denomina ósmosis inversa de baja presión. Se utiliza en el tratamiento de aguas de consumo en pequeñas comunidades y en la eliminación de dureza del agua y como pre-tratamiento para obtener agua ultra pura .A la vista de las principales aplicaciones de *RO/NF*, resulta evidente que las calidades del agua obtenida son suficientes para poder ser reutilizadas en las condiciones más exigentes Para que estos procesos sean competitivos y tengan una mayor presencia en el tratamiento de aguas urbanas e industriales, será necesario un mayor desarrollo del sector con el fin de fabricar membranas más baratas, que permitan menores presiones de trabajo y reduzcan los problemas de ensuciamiento. En los últimos 20 años, tomando como base de cálculo 1 m² de membrana tipo enrollamiento espiral, se ha reducido el coste de 1 US \$ a 0.14 US\$, se ha multiplicado por dos el flujo de agua tratada y se ha reducido a la séptima parte la permeabilidad de la membrana a las sales disueltas. El mantenimiento del nivel desarrollo de los últimos años, como lo demuestra la aplicación de las membranas en nuevos procesos de separación: per - vaporación, reactores de membranas, piezodialisis, aplicaciones médicas, etc.; junto con la aparición de nuevos materiales que permitan, además de la depuración del agua, la recuperación de sustancias valiosas, hacen prever unas buenas perspectivas de futuro para estos procesos.

TABLA Nro 2.3 COMPARACIÓN DE MATERIALES Y MÓDULOS DE MEMBRANAS

	Osmosis Inversa	Nanofiltración	Ultrafiltración	Microfiltración
Membranas	Asimétrica	Asimétrica	Asimétrica	Asimétrica Simétrica
Grueso	150 μm	150 μm	100 - 250 μm	10 - 150 μm
Capa Superficial	1 μm	1 μm	1 μm	1 μm
Tamaño de poro	0.002 μm	0.002 μm	0.05 - 0.2 μm	0.2 - 5 μm
Rechazos	HMWC* LMWC Cloruro Sodio, glucosa Aminoácidos Proteínas	HMWC, mono, di y oligo-sacáridos, aniones polivalentes	Macromoléculas* Proteínas, polisacáridos, virus	Partículas barro, bacterias
Materiales de membrana	CA* capa delgada	CA* capa delgada	Cerámica, PSO* CA* PVDF, capa delgada	Cerámica Pp*, PSO* PVDF*
Módulo de membrana	Tubular, spiral wound, plate and frame	Tubular, spiral-wound, plate and frame	Tubular, hollow fiber spiral-wound, plate and frame	Tubular, hollow fiber, plate and frame
Presión	15-150 bar.	5.35 bar.	1-10 bar.	2 bar.

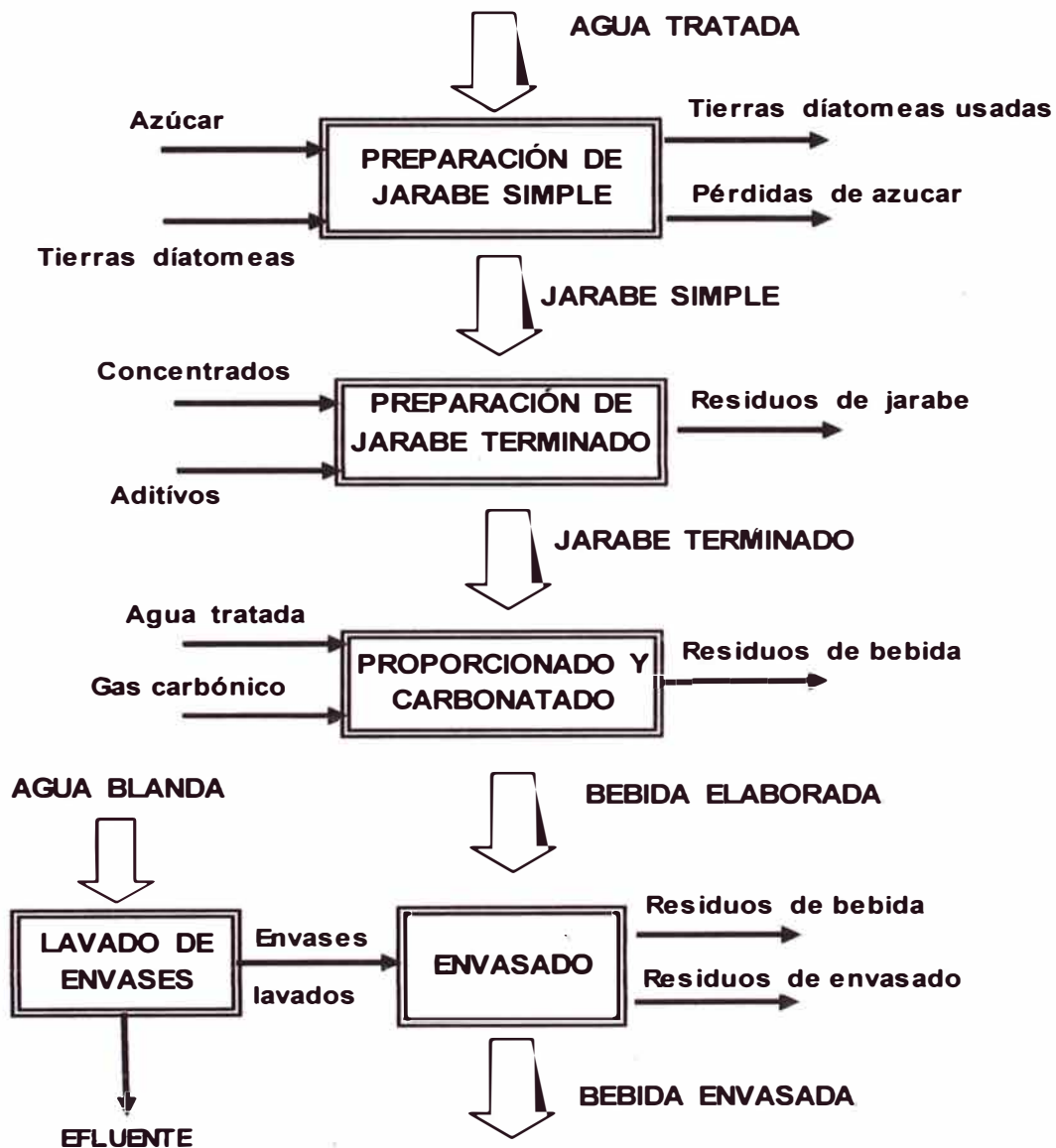
*CA- acetato de celulosa; *PSO-fluoruro de polivinilo diseño, *PP-polipropileno;
 *HMWC- (compuestos de alto peso molecular); 100,000 a 1 millones de moles/g;
 LMWC (compuestos de bajo peso molecular): 1,000 a 100,000 moles/g;
 Macromoléculas: 1 millón moles/g

3. - DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

3.1.- ESQUEMA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BEBIDAS

El proceso de elaboración de bebidas consiste básicamente en las operaciones que se muestran en el esquema siguiente y se detallan posteriormente

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO TÍPICO DE ELABORACIÓN DE BEBIDA



- Preparación de jarabe simple

Consiste en la mezcla y cocimiento de agua tratada con azúcar durante 30 minutos. Una vez preparado el jarabe simple, se filtra utilizando tierra diátomea. Después del filtrado el jarabe simple, se enfría con un intercambiador de calor hasta una temperatura de 20 °C.

- Preparación del jarabe terminado

Al jarabe simple filtrado, se agrega el concentrado, acidulantes, preservantes y colorantes de acuerdo a la formulación requerida. Luego de haber agregado nuevamente agua tratada (según los requerimientos), se procede a la agitación de la mezcla para obtener finalmente el jarabe terminado.

- Proporciónado y carbonatado

La operación de proporciónado y carbonatado de la bebida normalmente se efectúa en un equipo denominado CARBOCOOLER. En este equipo, se dosifica agua tratada y jarabe terminado según la formulación correspondiente a la bebida a elaborar, para luego pasar a un sistema de enfriamiento y posterior inyección de gas carbónico. La bebida así preparada, pasa a la llenadora para ser envasado.

Envasado

En este proceso se envasa la bebida debidamente obtenida, de acuerdo a las normas preestablecidas. La bebida se obtiene de la mezcla de agua

tratada, gas carbónico y jarabe terminado, y sólo se diferencia con otro producto por el jarabe y envase utilizado. La llenadora toma las botellas lavadas y las llena a una velocidad de 350 bpm (botellas por minuto), este tipo de llenado se verifica en un sistema a presión constante a 55 psi, cumpliendo a su vez el nivel de llenado y coronado .

3. 2.- PROCESO DE LAVADO DE BOTELLAS DE VIDRIO RETORNABLE (VR)

Uno de los aspectos más importantes del embotellado de aguas gaseosa es el lavado de las botellas de vidrio retornable cuando estas son regresadas a la planta. Con la finalidad de poder usarlas otra vez, las botellas deben poseer una apariencia aceptable, estar estériles, bien enjuagadas, y exentas de detergente y con buena fuerza mecánica . El objeto del lavado de las botellas es el de producir un envase limpio y estéril. El hecho de que una botella tenga una apariencia limpia no indica que este en condición estéril y, por otra parte, una botella con apariencia externa sucia puede estar estéril .

El método estándar para la limpieza de las botellas en la industria de bebidas gaseosas consiste en lavarlas en una solución caliente de soda cáustica en agua . La soda cáustica es al mismo tiempo un detergente y un germicida, por lo que la operación de lavado cumple dos objetivos : Quita la suciedad de las botellas y mata todos los microbios que puedan ser dañinos o que puedan echar a perder el producto. Así mismo se añaden aditivos que ayudan al proceso de lavado y que son añadidos en mucha menor proporción ayudando al detergente principal que es la soda cáustica .

Este proceso de lavado, es llevado a cabo para una gran cantidad de botellas de vidrio retornable a razón de 24000 envases por hora .

3.2.1 ESTRUCTURA DE UNA LAVADORA DE BOTELLAS DE VIDRIO RETORNABLE (VR):

El equipo utilizado en el proceso de lavado, se le denomina lavadora . Es un equipo diseñado de tal manera que pueda cumplir con los objetivos de lavado antes mencionados. Todas las lavadoras se caracterizan por los ciclos de lavado que consiste en baños de inmersión y aplicación de chorros de agua directo al interior de la botella, así como un enjuague final .

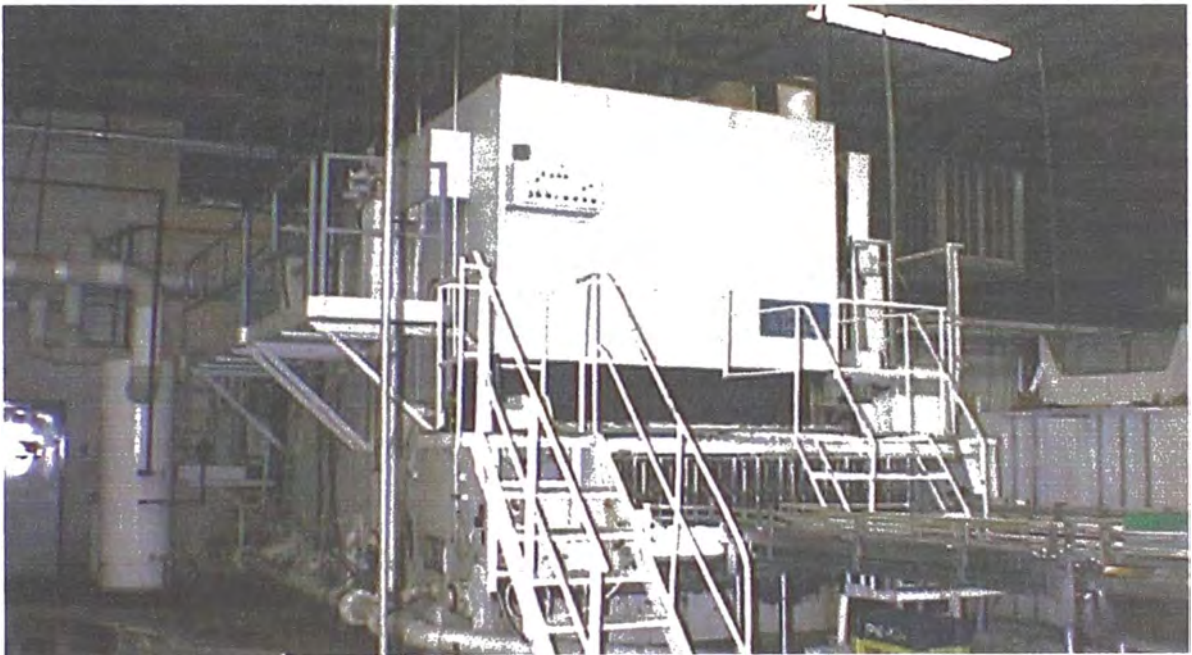


Fig. 3.1.- Lavadora de botellas (Parte frontal principal)

En estas lavadoras se llevan a cabo el proceso de lavado de las botellas de vidrio retornable y están constituidas de la siguiente forma :

- **Zona de carga**, aquí las botellas son introducidas en la lavadora. Para iniciar el ciclo de lavado, las botellas llegan desde el desencajonado a

través de los transportadores y son introducidas a unas cavidades unitarias denominadas Buchacas o alvéolos, por medio de un mecanismo rotatorio denominado introductor. Un conjunto de buchacas o alvéolos dispuestos linealmente se denomina canastilla. El número de buchacas por canastilla y de canastilla por lavadoras dependerá del tamaño de cada equipo. Se debe tener cuidado que la botella que se está introduciendo a la buchaca debe estar libre de las tapas para no obstaculizar el lavado.

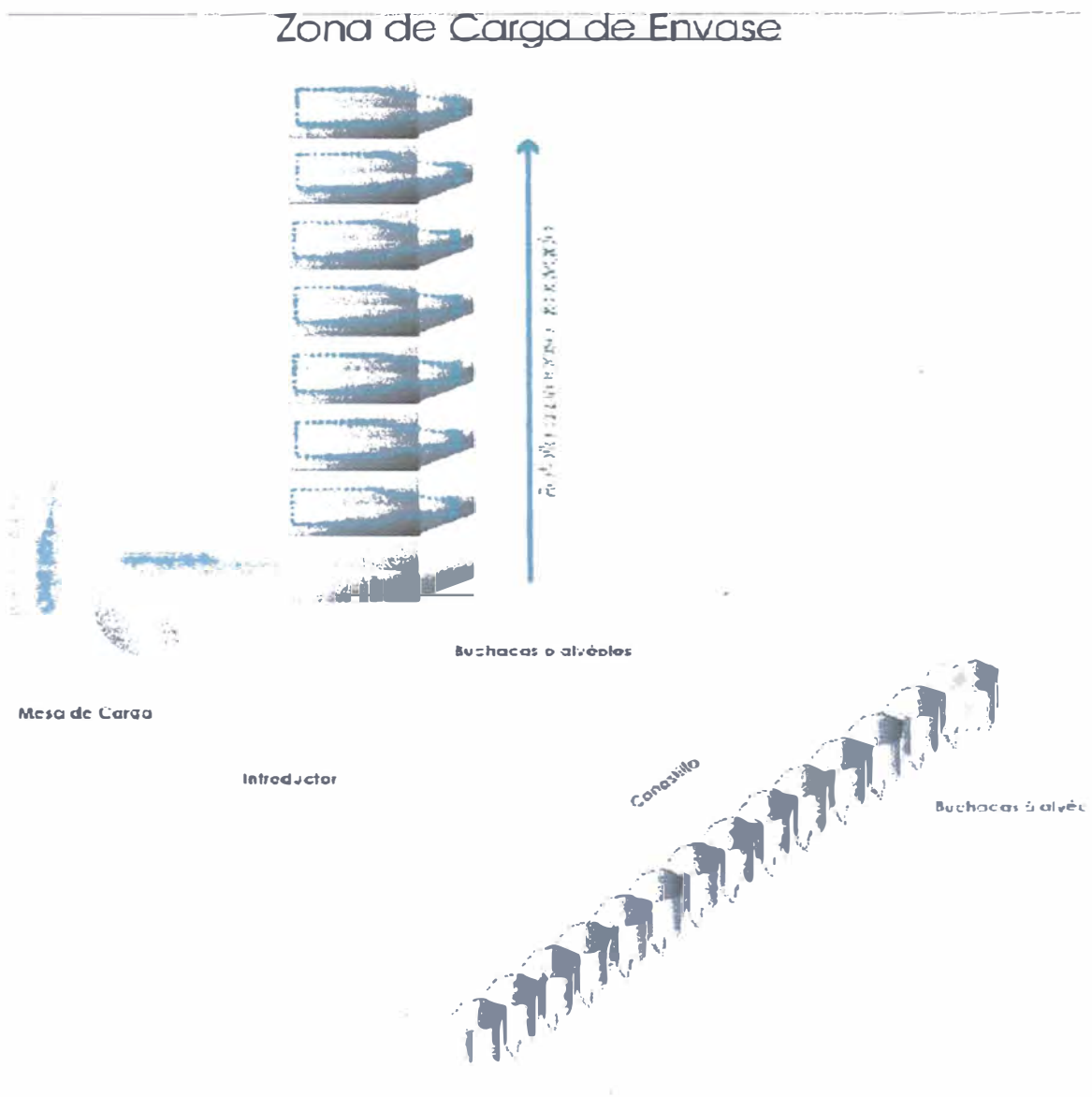


Fig. 3.2: Ingreso en zona de carga en buchacas o capachos

- **Zona de pre-enjuague**, es la primera operación que se lleva a cabo en la lavadora . La botella pasa a través de chorros de agua caliente y la enjuagan por dentro y por fuera con la finalidad de :

- Quitar todo el polvo y suciedad sueltos, evitando así la contaminación innecesaria de la solución lavadora .
- Pre-calentar las botellas para que no se rompan cuando entre en la solución de soda cáustica caliente .

- **Zona de detergente**, esta zona está constituida por una serie de tanques que contienen a la solución cáustica a una temperatura y concentración determinada en la cual existe una inmersión de las botellas, así como los agentes tenso activos que permiten el lavado al interior del envase. La concentración y temperatura dependerán del tipo de botella que se este suministrando al equipo. La zona de detergente tiene como objetivo lavar y desinfectar las botellas, lo que implica que las condiciones en esta zona deben cumplir dichos objetivos .(Fig. 3.3)

- **Zona de arrastre**, consta de un tanque único en el cual existe inmersión del envase y tiene como objetivo quitar el exceso de soda cáustica contenida en la botella .

- **Zona de enjuague**, el agua alimentada a la lavadora tiene una concentración de cloro (Hipoclorito de sodio, 1ppm) y se alimenta desde la planta de tratamiento agua y sigue un ciclo en e enjuague de cada una de las botellas después de la inmersión . (Fig. 3.3)

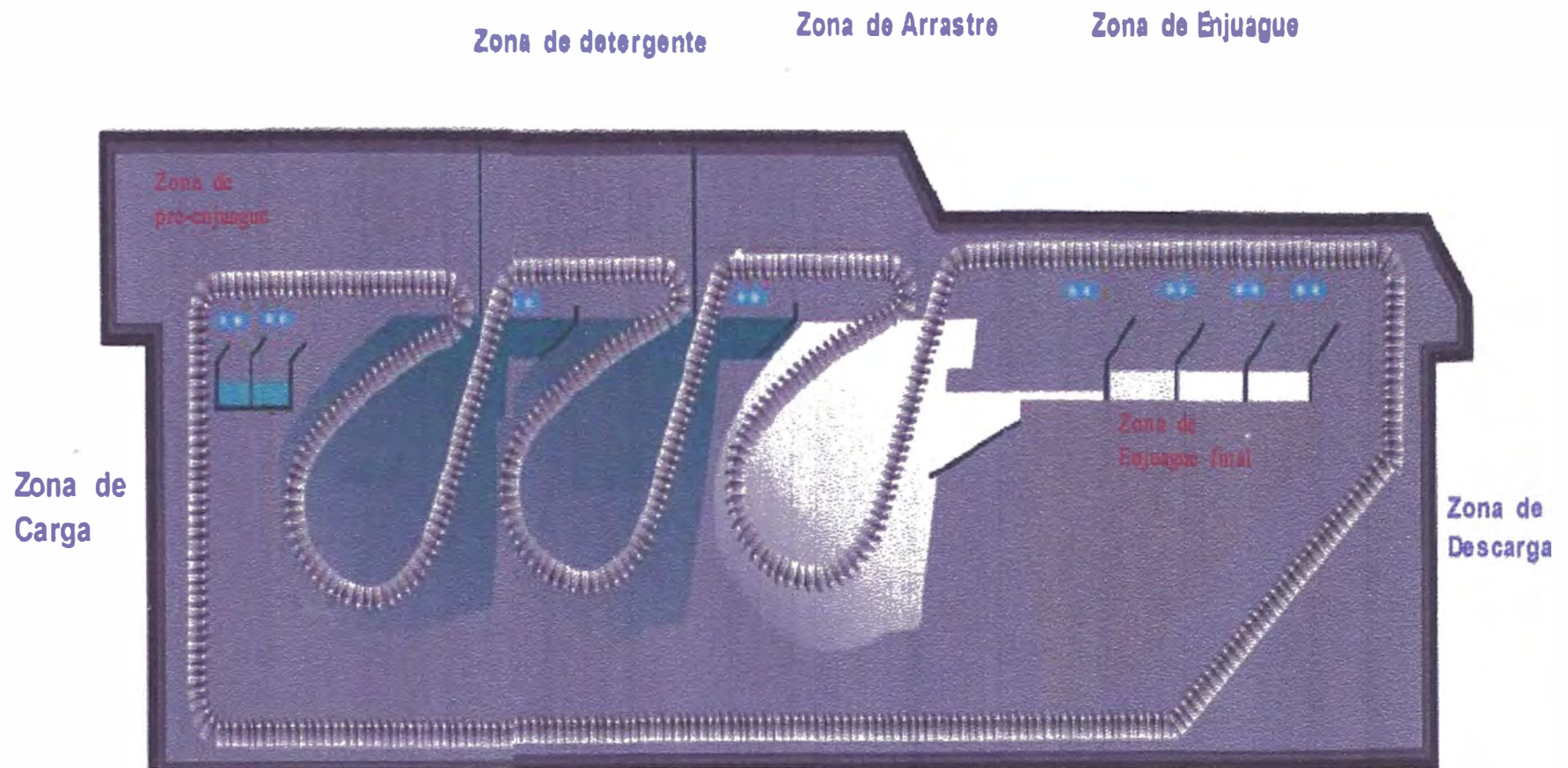


Fig. 3,3 Configuración de las zonas indicadas ,04 estaciones .(vista lateral)

3.2.1 FACTORES DETERMINANTES EN EL LAVADO DE BOTELLAS

La lavadora de botellas tiene por función tomar botellas sucias, contaminadas que regresen del mercado y entregarlas a la línea de llenado limpias y saneadas .

En el Proceso de lavado intervienen tres factores íntimamente relacionados y el correcto control y balance de ellos determina la efectividad y calidad del lavado de las botellas, estos factores son :

- A.- Temperatura de las soluciones
- B.- Concentración de la soda cáustica
- C.- Tiempo de inmersión de las botellas en la solución cáustica .

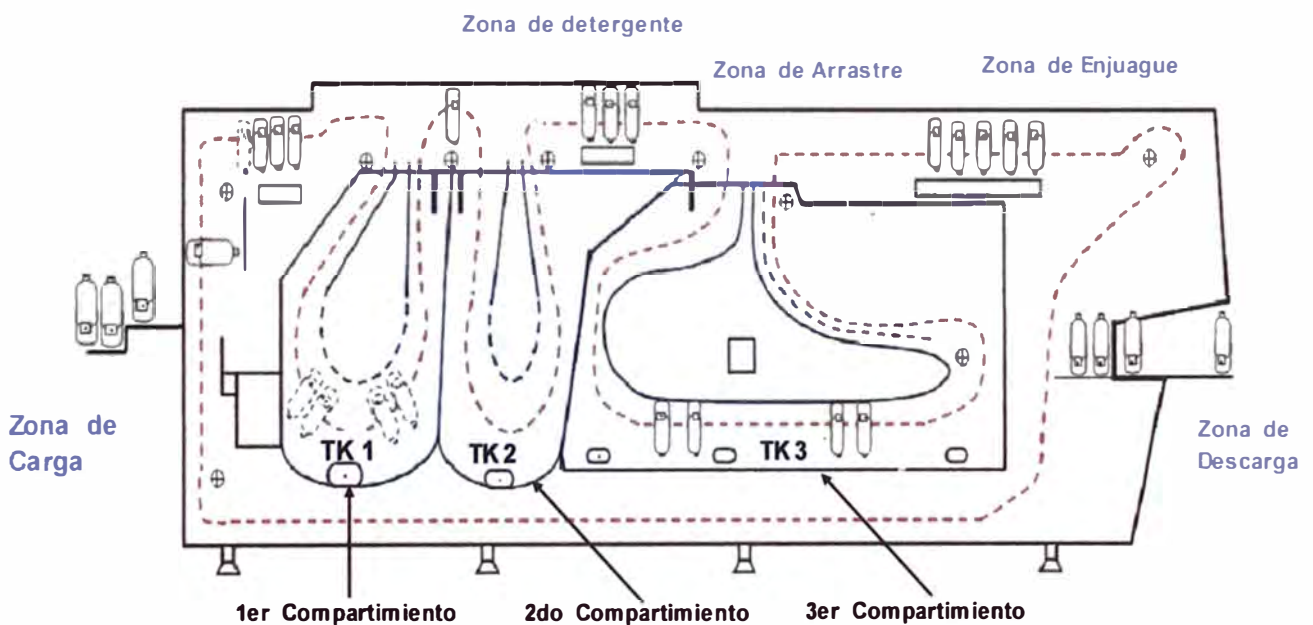


Fig. 3.4.- Tanques y compartimientos en lavadora

La interrelación de estos tres factores, determina el efecto germicida del lavado. La siguiente tabla muestra las condiciones de temperatura y concentración en cada compartimiento

Tabla 3.1 CONDICIONES DE TEMPERATURA Y CONCENTRACIÓN EN COMPARTIMIENTOS

COMPARTIMIENTO	TEMPERATURA	% SODA CAUSTICA
1 er COMPARTIMIENTO	50 °C +/- 5 °C	2 %
2 do COMPARTIMIENTO	65 °C +/- 5 °C	3.5%
3 er COMPARTIMIENTO	50 °C +/- 5 °C	1.5%

Así mismo se debe tener en cuenta las siguientes observaciones

- El tiempo total de inmersión de la botella en las soluciones cáusticas **no debe ser menor de 7 minutos**
- Deben evitarse diferencias mayores de 20 °C (68 °F) entre las temperaturas de los tanques contiguos para minimizar el efecto del choque térmico en las botellas .
- Dentro de ciertos límites razonables, el aumento de algunos de los factores del lavado (temperatura, % de cáustico y tiempo de inmersión) puede compensar parcialmente la disminución de otro. sin embargo hay que tener en cuenta que una solución cáustica fría no tiene poder germicida apreciable, por lo cual la lavadora no debe trabajar cuando no hay una fuente de calor adecuada .

3.2.3 COMPONENTES QUÍMICOS EN EL LAVADO DE BOTELLAS

- **Soda cáustica :**

Es el ingrediente básico de todos los compuestos de lavados.

Ventajas:

- Económico
- Poderoso bactericida
- Poderoso agente de limpieza (dispersa la suciedad , saponifica las grasas y aceites , degrada las proteínas transformándolas en sustancias solubles)
- No corroe al acero , ni a sus componentes
- Es un lubricante efectivo para la lavadora

Desventajas:

- Ataca al vidrio
- Difícil de enjuagar
- Bajo poder humectante y emulsionante
- Forma incrustaciones con aguas duras
- Es corrosiva para algunos metales

- **Aditivos :**

El objetivo de los aditivos es de mejorar el lavado y atenuar o eliminar las desventajas del uso de la soda cáustica .

- **Ataque al vidrio**, para reducir este ataque se emplea meta aluminato de sodio en concentraciones de 0.1 a 0.5 % (p/p) . La concentración máxima de aluminato depende de factores como temperatura, concentración de silicatos y presencia de otros aditivos . Se recomienda desechar la solución de Lavado

cuando la concentración de Aluminato (NaAlO_2) alcanza el 2% .

- **Dificultades de enjuague**, el enjuague se puede mejorar agregando agentes humectantes. Como el metasilicato de sodio el cual se utiliza en pequeñas cantidades (1 a 5 % del peso de la soda).

Sin embargo pueden usarse, pero no son tan eficaces los:

Poli fosfatos : Mejoran en general la calidad de enjuague de las soluciones cáusticas .

Orto-fosfatos : Pueden mejorar el enjuague , pero también la velocidad al ataque del vidrio .

Hexametáfosfato de sodio: En presencia de soluciones cáusticas se transforma en orto-fosfatos, (dependiendo del tipo de fosfatos, concentración y temperatura de la solución) mejorando por lo tanto el enjuague .

- **Activación de la limpieza** : Los aditivos más efectivos son los agentes humectantes y detergentes para acelerar la acción de la soda cáustica. Aumentando la velocidad de penetración en los depósitos de suciedad reduciendo la tensión superficial. La desventaja de estos aditivos es su tendencia a formar espuma en determinadas circunstancias .

En general el uso de estos compuestos debe ser en concentraciones mínimas, ya que el aumento en ciertos casos, no mejora la acción de la limpieza .

La temperatura mejora la acción limpiadora de la soda cáustica .

El tiempo de contacto y remojo requerido por una solución de soda cáustica , se puede reducir agregando alguna de estas sustancias .

Un complejo de fosfato (Hexametafosfato) : proporción hasta el 20% de la cantidad de soda.

El metasilicato de sodio mejora también el enjuague, la dispersión y la acción de la limpieza en general .

Los gluconatos reducen hasta 50 % el tiempo necesario para limpiar botellas sucias con grasa y proteínas . Se debe usar en concentraciones del 3 al 12 % del peso de la soda cáustica .

Los gluconatos son también efectivos para la remoción del oxido provocado por las coronas en la boca de las botellas .

En general, los aditivos usados para aumentar la velocidad de limpieza parecen más efectivos usados en forma conjunta que en forma separada .

- **Control de las incrustaciones** , existen muchos aditivos para mantener la lavadora sin incrustaciones . Entre ellas tenemos:
 1. Tratamiento por ablandamiento del agua a ser usada en la lavadora : dopaje continuo de ácido para mantener el pH .
 2. Los complejos de fosfatos y los gluconatos son grupos de aditivos usados normalmente para controlar las incrustaciones
 3. Los polifosfatos forman habitualmente complejos solubles con calcio, magnesio y algunos otros cationes en un amplio rango de pH. Cuando se calienta en solución cáustica, se degradan a orto fosfatos, los cuales forman precipitados con los iones de calcio y magnesio, atacando las botellas .
 4. El Hexametafosfato de sodio es el aditivo más efectivo para controlar la incrustación entre los complejos de fosfato . Por esto es el más caro y es relativamente inestable en soluciones cáusticas calientes .

5. Los complejos de fosfato son los más efectivos en el control de las incrustaciones cuando son agregados al agua de recirculación de la zona de enjuague y su concentración se halla en la faja de 10 a 15 ppm . No es necesario hacer un tratamiento previo para desincrustar la lavadora, debido al efecto desincrustante del Tripolifosfato de sodio; la acción del desincrustante es lenta. Puede ocurrir que, si la lavadora permanece cargada durante un periodo prolongado sin funcionar el desincrustante deposite sobre las botellas una película blanca.

3.3 BALANCE HÍDRICO SEGÚN TIPO DE AGUA

El agua es la principal materia prima para la fabricación de bebidas gaseosas. Además de su uso como materia prima, el agua es utilizada como agente de limpieza y de enfriamiento. Según el uso final, la calidad o nivel de tratamiento del agua varia .Normalmente se utilizan cinco tipos o calidades de agua en el proceso total de embotellado :

- **Agua cruda**, de manera general es el agua natural, recibida de fuentes subterráneas o superficiales, que no ha sido sometida a proceso alguno de tratamiento. No obstante el agua cruda se define como el agua que la empresa recibe, ya sea de fuente subterránea, superficial o de red pública . Por lo tanto el agua cruda puede ser de pozo de río o de red .

- **Agua clorada**, es el agua cruda que ha recibido la adición de hipoclorito de calcio hasta una concentración de entre 1 ppm a 3 ppm . Normalmente esta adición se realiza en el tanque principal o pulmón de alimentación de agua a la planta. El agua clorada se utiliza para la limpieza de pisos y de la planta en general ; para la disolución del lubricante de botellas ; en los baños y cocinas, etc.
- **Agua filtrada**, es aquella obtenida después de la filtración por un sistema compuesto por un filtro de arena, carbón y un pulidor. Básicamente este tipo de agua es utilizada con el sistema UV y el proceso de Ozonizado .
- **Agua blanda**, El ablandamiento consiste en eliminar los cationes responsables de la dureza del agua, normalmente calcio y magnesio. Para ello el agua clorada es sometida a un intercambio iónico con resinas catiónicas las cuales deben ser regeneradas cada vez que alcanzan su agotamiento. El agua blanda es utilizada en el lavado de botellas; en las calderas para la producción de vapor de agua y en los intercambiadores de calor cuando el agua es utilizada como agente refrigerante. El uso de agua blanda evita la incrustación de material calcáreo en los equipos .
- **Agua tratada**, Para obtener agua tratada, el agua clorada es sometida a una serie de etapas de tratamiento . Primero se procede con una floculación y precipitación de compuestos orgánicos . Para ellos se utiliza normalmente sulfatos, de

aluminio, ferroso y cal. El precipitado se elimina mediante purgas continuas del reactor. en algunos casos la floculación y la precipitación no son necesarias por la calidad de agua con la que se cuenta sin embargo, existen empresas que deben realizar esta operación de todas maneras por cuestiones de franquicia. Posteriormente el agua pasa por un sistema de filtros. Normalmente se utilizan :

- Filtros de arena, que cumplen la función de retener todas las partículas que quedan en el agua .
- Filtros de carbón activado, que retienen todas las sustancias de naturaleza gaseosa como el cloro residual, la eliminación del mal olor y sabor .
- Filtros pulidores, que retienen partículas de cualquier tipo que no hayan sido eliminadas .

En la Planta Huachipa el agua es extraída del subsuelo por medio de una bomba sumergible, de un pozo de aproximadamente 65 mts de profundidad

El consumo promedio de agua en las líneas de producción se muestran en la **Tabla 3.2**, también se detalla el consumo de cada tipo de agua en los diferentes procesos. Teniendo como fuente de agua al pozo tubular que entrega **200 m³ / hora** de agua cruda .

Tabla 3.2. - CONSUMO PROMEDIO POR ÁREAS Y TIPO DE AGUA

Area	Capacidad Maxima			Capacidad Maxima	Capacidad Maxima		
	165 m ³ /hora			81,92 m ³ /hora	70m ³ /hora		
	AGUA TRATADA			AGUA BLANDA	AGUA FILTRADA		
	BPM	Formato lt	Total (m ³ /h)	Total (m ³ /h)	BPM	Formato	Total (m ³ /h)
L 3	350	0,45	9,45	30,00	0	0	0
L 4	0	0,00	0,00	2,47	4	19	4,56
L 5	90	3,30	17,82	1,65	125	2,5	18,75
L 6	200	1,70	20,40	1,60	0	0	0
L 7	0	0,00	0,00	1,50	350	0,625	13,125
L 8	300	0,41	7,38	1,94	300	0,625	11,25
L 9	420	0,48	11,97	0,00	0	0	0
L 9 Rinser	0	0	3,5	0,00	0	0	0
L 15	350	0,50	10,50	1,40	0	0	0
L 10	175	0,15	1,58	0,00	0	0	0
L 11	133,33	0,25	2,00	0,00	0	0	0
L 12	216,67	0,07	0,85	0,00	0	0	0
L 14	100	1,00	6,00	0,00	0	0	0
Paust. 3000	0	0,00	0,00	3,20	0	0	0
paust. 8000	0	0,00	0,00	3,80	0	0	0
Jarabe Simple	0	0,00	2,67	0,00	0	0	0
Inyección	0	0,00	0,00	0,17	0	0	0
TOTALES			94,11	47,73			47,685

Donde se verifica en la columna de áreas las diferentes líneas, tomándose como ejemplo a L 3 - (línea de envasado 3), teniendo un consumo de 9.45 m³/h de agua tratada y 30 m³/h de agua blanda . En esta línea no se utiliza agua filtrada.

Las diferentes líneas de envasado presentan un consumo de agua para la producción así como para el respectivo lavado de equipos .

Finalmente según la tabla tenemos:

Total Agua Consumida =	189.52 m³ / hora
-------------------------------	------------------------------------

3.4 PROPUESTA DE REUTILIZACIÓN DEL AGUA DE ENJUAGUE A TRAVÉS DE MEMBRANAS

Actualmente el sistema de lavado de botellas en planta se muestra en la **FIG. 3.5**. La lavadora cuenta con estación de pre-enjuague de envases sucios, zona de lavado y zona de enjuague final de envases limpios

La primera zona donde se pre-enjuaga las botellas sucias provenientes del mercado, para este proceso se utiliza el agua de salida de la zona de enjuague final. Retirando los sólidos que pudieran estar en el interior de la botella, además esta zona está custodiada por una pre inspección visual para el retiro de envases duros.

La segunda zona es donde se lavan propiamente las botellas con solución de soda cáustica a diferentes concentraciones y temperaturas (Detalladas en el capítulo 3.2) esta solución es renovada según las horas de trabajo considerando también los resultados de las pruebas, concentración de soda, tomadas cada 04 horas. En esta zona se pierde concentración por la reacción propia de la soda frente a la suciedad y por el arrastre que se tienen por parte de las botellas hacia la siguiente zona.

La última zona (enjuague final), es para enjuagar las botellas y retirar todo vestigio de suciedad y cáustico, así como para enfriar la botella y evitar que se agriete. El agua que utiliza esta zona es agua blanda a un flujo de 22 m³ / hora proveniente de la cisterna de agua blanda y que finalmente es llevado a la primera zona para el enjuague de botellas recién llegadas de mercado. Donde finalmente es drenado al desagüe aplicándole una solución acida para mantener el pH dentro de especificación para efluentes.



Foto: Lavadora de botellas MEYER - 30 (Parte frontal)

3.4.1. - DIAGRAMA ACTUAL DEL LAVADO DE BOTELLAS

El proceso de lavado actual, envía toda el agua que se utilizo en la zona de enjuague final, hacia la zona de pre-enjuague para ser aplicado exterior e interiormente en las botellas y finalmente ser drenado al desagüe (Ver Fig. 3.5). La lavadora de botellas, marca MEYER necesita para la zona de pre-enjuague un caudal de 8 m³ / hr según especificación técnica del equipo. Así mismo en el proceso de enjuague final se requieren 22 m³/hr de agua, ya que se realizaron modificaciones para cumplir los requerimientos del proceso de los diferentes formatos que se trabajan en esta lavadora (300 ml, 400 ml, 450 ml y 1250 ml).

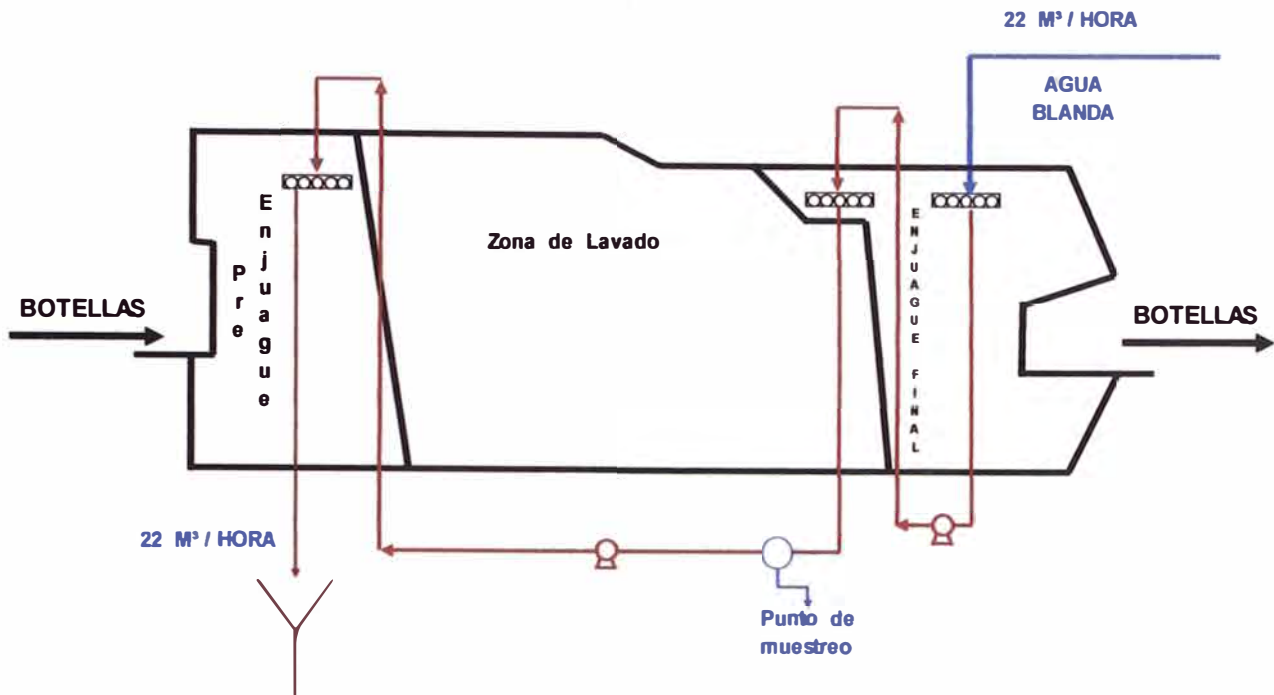


FIG. 3.5.- Esquema actual - estación de enjuague final y pre - enjuague

3.4.2 PROPUESTA A IMPLEMENTAR

Se plantea reutilizar el agua desechada por la estación de enjuague final cumpliendo el requisito operativo del equipo y del proceso. El agua residual procedente de la zona de enjuague final contiene trazas de agente detergente, sólidos disueltos, etc. Por tal motivo para su reutilización se requiere un tratamiento de desmineralización que separe el agua de las sales disueltas .

Así mismo, debemos considerar que el agua a reutilizar en el enjuague final no debe contener ningún contaminante que cambie el sabor característico de la bebida y tampoco afecte la salud del consumidor . Para tal fin se requiere un equipo de ÓSMOSIS INVERSA donde el permeado será utilizado en el enjuague final de botellas y el concentrado será enviado hacia el pre-enjuague cumpliendo las condiciones de equipo y proceso (Ver Fig. 3.6) .

3.4.3 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DESPUES DEL ENJUAGUE

Con el fin de proponer el tratamiento adecuado que debe tener el agua drenada por la estación de enjuague final en la lavadora, se optó por caracterizar dicha agua, escogiendo como punto de muestreo antes de enviar el agua a la primera zona de pre-enjuague (ver Fig. 3.5). Se tomaron muestras en distintos días considerando las temporadas de alta y baja producción. Se realizó el análisis a cada muestra tomando como parámetros los indicados en la tabla 3.3 .

Tabla 3.3 PARÁMETROS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE DE LA LAVADORA.

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	Mp - 1
Alcalinidad	mgCaCO ₃ /L	278,60
Cloruro	mg/L	76,00
pH	(H +)	11,13
Temperatura	°C	29,34
Sol.Totales Suspendidos	mg/L	19,55
Sol. Totales Disueltos	mg/L	798,60
Cloro Residual	mg/L	0,10
Fosfatos	mg/L	7,82
Aluminio	mg/L	0,32
Plomo	mg/L	0,14
Fierro	mg/L	0,18
Sulfatos	mg/L	178,50
Dureza total	mgCaCO ₃ /L	1,75
Soda	%	0,43

Así mismo se presenta en la **Tabla 3.4** resultados finales de los análisis de caracterización en las diferentes temporadas :

TABLA 3.4 RESULTADOS DE LOS ANALISIS DEL AGUA PROVENIENTE DE LA LAVADORA DE BOTELLAS

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	Mp - 1	Mp - 2	Mp - 3	Mp - 4	Mp - 5	Mp - 6	Mp - 7	Mp - 8	Mp - 9	Mp - 10	PROMEDIO	MAXIMO	MINIMO
Alcalinidad	mgCaCO ₃ /L	278,60	301,70	264,88	292,60	240,80	215,32	210,00	218,46	224,28	188,16	243,48	301,70	188,16
Cloruro	mg/L	76,00	82,00	81,00	79,00	83,00	75,00	77,00	77,00	77,00	75,00	78,20	83,00	75,00
pH	(H +)	11,13	10,87	10,58	10,80	10,71	10,41	10,43	10,39	10,44	9,62	10,54	11,13	9,62
Temperatura	°C	29,34	33,84	33,30	28,62	33,66	31,23	31,41	30,87	30,24	25,74	30,83	33,84	25,74
Sol.Totales Suspendidos	mg/L	19,55	11,05	11,05	10,20	14,45	15,30	16,15	20,40	11,90	8,50	13,86	20,40	8,50
Sol. Totales Disueltos	mg/L	798,60	780,45	646,80	506,55	882,75	590,70	585,75	775,50	524,70	356,40	644,82	882,75	356,40
Cloro Residual	mg/L	0,10	< 0,1	< 0,1	0,15	< 0,1	0,11	< 0,1	0,10	< 0,1	< 0,1	0,10	0,15	< 0,1
Fosfatos	mg/L	7,82	7,91	3,91	3,74	6,80	2,98	3,91	2,72	2,98	1,02	4,38	7,91	1,02
Aluminio	mg/L	0,32	0,19	0,36	0,18	0,97	0,70	0,37	0,53	0,40	0,08	0,41	0,97	0,08
Plomo	mg/L	0,14	0,15	0,13	0,10	0,40	0,21	0,13	0,13	0,15	0,06	0,16	0,40	0,06
Fierro	mg/L	0,18	0,16	0,15	0,12	0,18	0,12	0,12	0,31	0,14	0,07	0,07	0,31	0,07
Sulfatos	mg/L	178,50	170,00	161,50	170,00	178,50	161,50	170,00	161,50	144,50	148,75	164,48	178,50	144,50
Dureza total	mgCaCO ₃ /L	1,75	1,60	1,38	1,43	0,00	1,43	1,43	0,90	0,00	0,00	0,99	1,75	0,00
Soda	%	0,43	0,44	0,43	0,41	0,43	0,39	0,38	0,38	0,40	0,27	0,40	0,44	0,27

* Mp - 1 = Muestra promedio Nro 1

De los resultados obtenidos con esta caracterización, se encontró que para poder reutilizar el agua de enjuague, se necesita habilitar equipos y medios de traslado para acondicionar y cumplir paso a paso los procesos necesarios para el tratamiento del agua residual .

Para lo cual se señala los siguientes pasos:

- Almacenar el agua residual del lavado de botellas
- Reducir o mantener la temperatura del agua a condiciones adecuadas para el equipo de ÓSMOSIS INVERSA.
- Neutralizar el nivel de alcalinidad debido a la soda cáustica
- Separar los sólidos en suspensión mediante un filtro multimedia
- Desactivar el cloro libre que pudiera haber de alguna etapa anterior por medio de una filtración con carbón activado .
- Esterilizar el agua para eliminar cualquier tipo de microorganismos que puedan afectar la calidad del agua
- Separa los sólidos disueltos por medio de un equipo ÓSMOSIS INVERSA
- Almacenamiento del agua permeada después de la ÓSMOSIS.

Así mismo podemos notar en la Figura 3.6 que se añade una corriente de agua blanda adicional (**8.0 m³ / hora**), el cual suma para que se cumpla el proceso de enjuague final de las botellas de vidrio retornables cumpliendo con el requisito del equipo y proceso .

Es así como se propone el siguiente esquema para el tratamiento de agua proveniente del enjuague final de botellas, para su posterior reutilización :

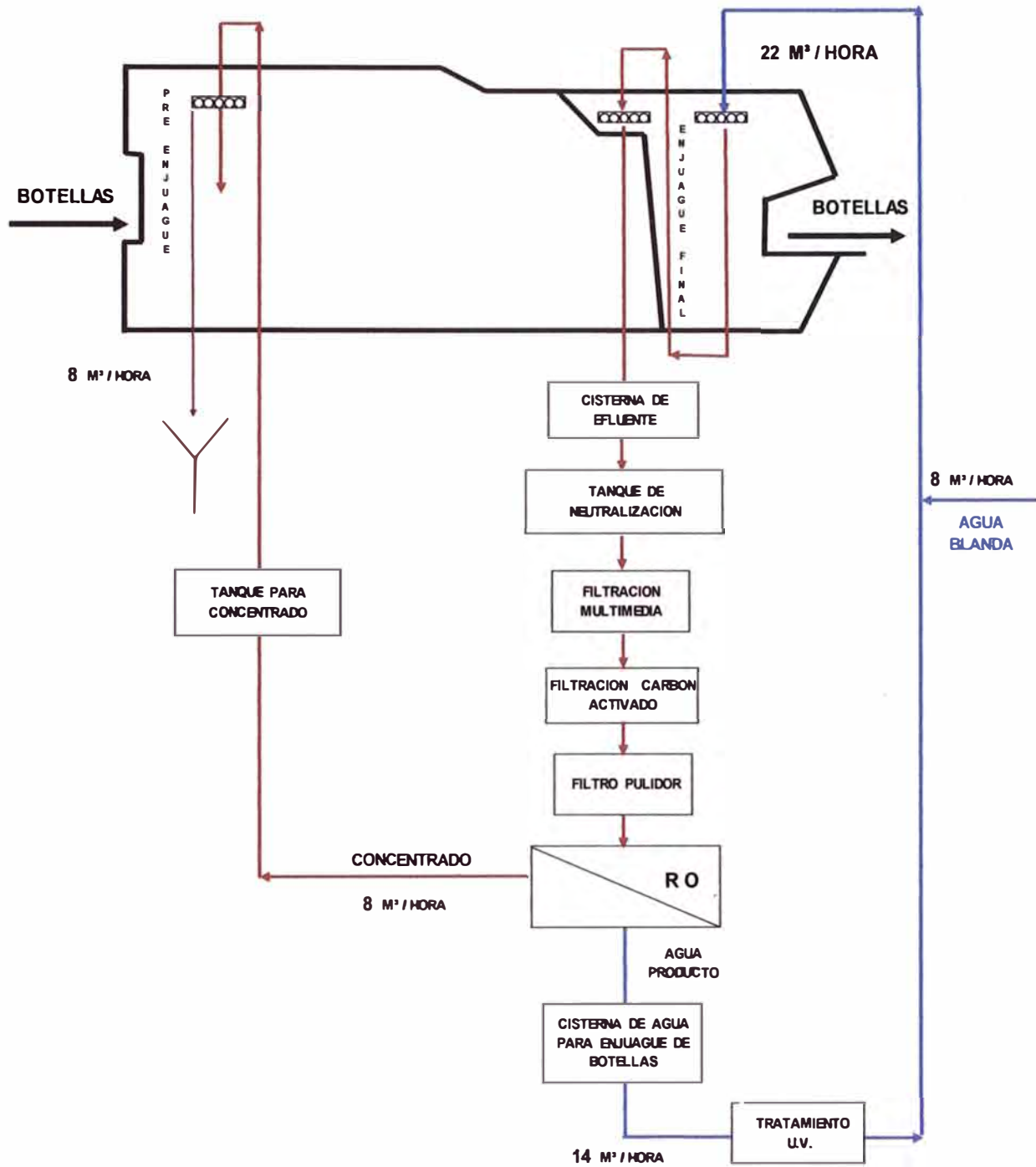


Fig. 3.6. - Sistema final para el tratamiento del efluente

3.5 DETERMINACIÓN DEL COSTO POR TIPO DE AGUA UTILIZADA :

Como ya se menciona anteriormente, la planta utiliza cuatro tipos de agua, por lo tanto su costo depende del tratamiento que se le da a cada uno de ellos.

Para lo cual se considera los costos de reactivos químicos, costos eléctricos y mantenimiento en función a una producción determinada .

AGUA TRATADA:

- Consumo de insumos químicos :

Insumos / mes	Kg	Precio s./ x Kg	s./
Consumo Cal hidratada	2880	0,65	1872
Consumo Sulfato ferroso	1350	1,49	2011,5
Consumo de Hipoclorito de sodio	585	5,35	3129,75
		Total mes	7013,25

Total mes (\$) = 2486,97

- Consumo de energía eléctrica :

- Precio: S/. x Kw – hora = 0 . 1169

PLANTA I	HP	# de bombas	Total HP	KW	Operacion (horas)	kw/hora	s./ x dia
	11,5	2	23	17,158	24	411,79	48,138
25	2	50	37,3	24	895,20	104,649	
20	2	40	29,84	12	358,08	41,860	
8,6	1	8,6	6,4156	12	76,99	9,000	
5,7	1	5,7	4,2522	12	51,03	5,965	
							209,612
					Total soles , mes =		6288,351
PLANTA II	HP	# de bombas	Tiempo horas	kw/hora	s./ x dia		
	5,5	1	12	66	7,7154		
	1,5	1	12	18	2,1042		
	1,5	1	12	18	2,1042		
	4	1	12	48	5,6112		
	1,5	1	12	18	2,1042		
					19,6392		
					Total soles , mes =		589,176

TOTAL MES (\$) = 2439,00

- Considerando también :

- Mano de obra
- Carbón activado granular
- Los filtros cartucho
- Mantenimiento

Total: S/. 7000.00 al mes

Total mes (\$) = 2483.00

Costo de agua tratada:

Total mes - Consumo en litros	Total Costo mes (\$) = Energía + Insumos + M. Obra + etc	Costo de agua tratada \$ / m ³
14975121,88	7394,97	0,494

AGUA BLANDA:

- Consumo de insumos químicos :

Insumos / mes	Kg	Precio s./ x Kg	s./
Consumo SAL - NaCl	43250	0,22	9515
		Total mes	9515

Total Mes (\$) = 3374,10

- Consumo de energía eléctrica :

- Precio: S/. x Kw. – hora = 0.1169

	HP	# de bombas	Total HP	KW	Operacion	kw/hora	s./ x dia
PLANTA I	11,5	4	46	34,316	24	823,58	96,277
	11,5	4	46	34,316	24	823,58	96,277
							192,554
	Total soles , mes =						5776,618

Total Mes (\$) = 2048,44

- Considerando también :
 - Mano de obra
 - Resina intercambiadora de iones.
 - Mantenimiento

Total: S/. 2600.00 al mes

Total Mes (\$) = 922.0

Costo de agua blanda:

Total mes - Consumo en litros	Total Costo mes (\$) = Energía + Insumos + M. Obra + etc	Costo de agua blanda \$ / m ³
13722528,00	6344,55	0,462

AGUA CRUDA:

- Consumo de insumos químicos :

Insumos / mes	Kg	Precio s./ x Kg	s./
Consumo de Hipoclorito de sodio	195	5,35	1043,25
		Total mes	1043,25

Total Mes (\$) = 370,00

- Consumo de energía eléctrica :

- Precio: S/. x Kw. – hora = 0 . 1169

PLANTA I	HP	# de bombas	Total HP	KW	Operacion (horas)	kw/hora	s./ x dia
	11,5	1	11,5	8,579	24	205,90	24,069
	1,5	1	11,5	8,579	24	205,90	24,069
							48,138
Total soles , mes =							1444,15

Total Mes (\$) = 512,20

- Considerando también :
 - Mano de obra
 - Mantenimiento

Total: S/. 1800.00 al mes

Total Mes (\$) = 638.30

Costo de agua cruda :

Total mes Consumo en litros	Total Costo mes (\$) = Energía + Insumos + M. Obra + etc	Costo de agua cruda \$ / m ³
5433549,12	1150,41	0,211

Tabla 3.5 RESUMEN DE LOS COSTOS POR TIPO DE AGUA

Tipo de agua	Agua tratada	Agua blanda	Agua cruda
US \$ / m ³	0.494	0.462	0.211

3.6 COSTOS DE OPERACIÓN E INSTALACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA DE ENJUAGUE FINAL

Con la caracterización realizada y el esquema de la reutilización propuesta para el tratamiento del agua de la lavadora de botellas, se solicitaron propuestas a diferentes compañías consultoras para la realización del diseño de planta. Al ejecutar la evaluación respectiva en base a costo y tiempo de realización se escogió la mejor oferta económica viable, cuyos costos se muestran a continuación :

3.6.1 COSTO OPERATIVO

Capacidad de procesamiento : 22 m³/ hora (440 m³/día)
 Volumen de procesamiento : 137280 m³/año

PARAMETRO	CONSUMO	COSTO UNITARIO	COSTO OPERATIVO
		\$ / unidad	\$ / m ³
HCL	153Kg/día	0,09 \$ / Kg	0,0313
ANTIINCRUSTANTE	1,55 Kg/día	7,0 \$ / Kg	0,0247
FILTROS CONSUMIBLES	01 C/ 02 mes	360 \$ / año	0,0026
LIMPIEZA QUIMICA	C / 06 MESES	2600 \$ / año	0,0189
REPOSICION DE MEMBRANAS	C/03 AÑOS	3900 \$ /año	0,0284
REPUESTOS DE LOS EQUIPOS		1200 \$ / año	0,0087
MANTTO COMPLETO	ANUAL	1400 \$ / año	0,0102
ENERGIA	16 kw	0,042 \$/ Kw - Hr	0,0305
COSTO OPERATIVO TOTAL			0,155

3.6.2 COSTO DE EQUIPOS E INSTALACIÓN

1. Tanque de almacenamiento
2. Bomba de transferencia , tuberías
3. Sistema de control – dosificadora electromagnética de neutralización
4. Filtro multimedia - ENVIRONMENTAL ; FM – 3672
5. Bomba de retrolavados de filtro
6. Filtro de carbón activado - ENVIRONMENTAL ; FC – 3672
7. Filtro pulidor IRS – series FC
8. Sistema de dosificación antiincrustante - ITC ESPAÑA
9. Equipo de OSMOSIS INVERSA - PUREGEN INC – USA ; DRO 72000
10. Bomba de transferencia a rechazo
11. Bomba de transferencia a producto
12. Tanque de almacenamiento producto , tuberías
13. Esterilizador UV - STERILUX ; MOD – ET 20000

Costo de equipos del 1 al 13 (US \$) 85160.0

Costo de instalación y montaje..... (US \$) 5300.0

COSTO TOTAL DEL SISTEMA (US \$) 90460.0

3.6.3 RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

La recuperación de la inversión del sistema propuesto para el tratamiento de agua proveniente de las lavadoras de botellas vidrio retornables es de 3.4 años donde se indican en los cálculos siguientes :

- Costo inicial del agua proveniente de la lavadora hacia el drenado .

$$22 \text{ m}^3/\text{hr} \times 20\text{hr}/\text{día} \times 26 \text{ días /mes} \times 12 \text{ meses/año} \times 0.462 \text{ $./ m}^3 = \mathbf{63423.36 \text{ $ / año}}$$

- Costo final del agua proveniente de la lavadora de botellas .

- Por el costo Operativo (**0.155 \$ / m³**)

$$14 \text{ m}^3/\text{hr} \times 20\text{hr}/\text{día} \times 26 \text{ días /mes} \times 12 \text{ meses/año} \times 0.155 \text{ $ / m}^3 = \mathbf{13540.8 \text{ $ / año}}$$

- Lo que finalmente se drena (**8 m³ / hr**)

$$\mathbf{8 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 20\text{hr}/\text{día} \times 26 \text{ días /mes} \times 12 \text{ meses/año} \times 0.462 \text{ $/ m}^3 = \mathbf{23063.04 \text{ $ /año}}$$

$$\mathbf{\underline{\underline{\text{TOTAL} = 36603.84 \text{ $ /año}}}}$$

- Ahorro que se obtiene con la aplicación del sistema:

$$63423.36 \text{ $ / año} - 36603.84 \text{ $ /año} = \mathbf{\underline{\underline{26819.52 \text{ $ / año}}}}$$

- Retorno de la inversión:

$$\frac{90460.0 \text{ US \$}}{26819.52 \text{ US \$ / año}} = 3.4 \text{ años}$$

Del cual se tiene el resumen del costo de operación e instalación así como la recuperación :

Tabla 3.6 RESUMEN DE LOS COSTOS OBTENIDOS VS SU RECUPERACIÓN

Costo de operación US \$ / m ³	Costo de equipos e instalación US \$	Ahorro US \$ / año	Recuperación de la inversión Años
0.155	90460.0	26819.52	3.4

IV.- CONCLUSIONES

1. El consumo promedio mensual de agua blanda en la compañía embotelladora AJEPER S.A. asciende a **13722.528 m³**, donde la línea de embotellado Nro 03 (Ubicación de lavadora de botellas de vidrio) consume el **83.3 %** de la producción de agua blanda .
2. Con la propuesta de reutilización del agua que desecha la estación de enjuague final, se obtendrá una reducción en el flujo del efluente de **336 m³ / día**
3. El costo de producción de agua blanda es calculado considerando los consumos de reactivos, energía eléctrica, mano de obra, resina intercambiadora y mantenimiento. Arrojando un valor promedio mensual de **0.462 \$ / m³**
4. El ahorro mensual que se tiene en el uso del agua, es de **7280 m³** como agua blanda ya que es la utilizada en el proceso de enjuague. Representando un ahorro de **26819.52 Dólares americanos anuales**

V.- RECOMENDACIONES

1. Fomentar la implementación de propuestas muy similares por parte de la compañía, en sus plantas de embotellado del Perú . Considerando la prevención del medio ambiente mediante la reducción de desperdicios (sólidos, líquidos) .
2. Promover el reciclaje, reuso y la conservación del agua en todas las áreas de la planta de producción, que asegure la continuidad para el bien del proceso productivo en la planta Huachipa .
3. Implementar un programa de minimización de aguas residuales antes de iniciar el montaje de la planta de tratamiento de efluentes, ya que previamente se está reduciendo el flujo antes de que este sea tratado, representando un menor costo de operación e instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales .
4. Así mismo se debe considerar en un programa de minimización de aguas residuales un compromiso para evaluar nuevos métodos, procesos y procedimientos y finalmente el entrenamiento de empleados y trabajadores que asegure el cumplimiento de las metas y su permanencia en el tiempo .

VI.- BIBLIOGRAFÍA

1. Manual Práctico para la Industria de Refrescos - BEBIDAS , All Americas Publishers Service . Inc.
2. Manual de tecnología de aguas - The Coca Cola Company. 1997
3. Ramalho R. Tratamiento de aguas residuales, Editorial Reverte S.A., 1993.
4. Calidad y tratamiento del agua - Manual de suministros de agua comunaria - AMERICAN WATER WORKS ASOCIATION, Mc Graw – Hill, 2002
5. Dirección de la producción, Sexta Edición - Jay Heizer, Barry Render - Pearson Educación 2002
6. Tratamiento del agua por procesos de membrana, principios procesos y aplicaciones - American Water Works Association Research Foundation , Lyonnaise des Eaux - 2000
7. Manual, Control de calidad y Producción, L- 29 Agosto 1998 PEPSICO – INC - Servicios Técnicos

VII.- APENDICE

7.1 ANEXO 1: Especificación de agua fuente en la Planta AJEPER

7.2 ANEXO 2: Especificación de agua tratada en la Planta AJEPER

7.3 ANEXO 3: Estándares de calidad del agua residual de COCA
COLA COMPANYY

7.4 ANEXO 4: Reglamento de desagües industriales en el Perú

7.5 ANEXO 5: Características y especificaciones técnicas de la bomba
dosificadora del neutralizante.

7.6 ANEXO 6: Características y especificaciones técnicas del filtro
multimedia de cuarzo - Filtro de arena

7.7 ANEXO 7: Características y especificaciones del filtro multimedia de
carbón - Filtro carbón

7.8 ANEXO 8: Características técnicas del dosificador antiincrustante

7.9 ANEXO 9: Características y especificaciones del equipo de Ósmosis
Inversa Puregen. Inc. - USA

7.10 ANEXO 10: Características y especificaciones del equipo esterilizador
ultra violeta - STERILUX - ET 20000

ANEXO N° 01**ESPECIFICACIONES DE AGUA FUENTE EN LA PLANTA AJEPER - HUACHIPA**

CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Denominación	Agua Fuente
Fuente de procedencia	Subterránea

CARACTERÍSTICAS FISICOQUIMICAS

COMPUESTO	ESPECIFICACIONES (Valor máx. admisible)	UNIDADES
Olor	Inofensivo	
Color	15	UC
Sabor	Sin mal sabor detectable	
Turbiedad	25	NTU
Cloruros (NaCl)	200	mg/lt
Sulfatos (SO ₄)	200	mg/lt
Mercurio	0.001	mg/lt
Plomo	0.11	mg/lt
Cobre	1.0	mg/lt
Arsénico	0.05	mg/lt
Cromo Total	0.05	mg/lt
Cadmio	0.005	mg/lt
Aluminio	0.2	mg/lt
Dureza Total (CaCO ₃)	620	mg/lt
Sólidos Totales Disueltos (STD)	1000	mg/lt
Nitratos	45	mg/lt
PH	6.5 – 8.5	-

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS		
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIONES (Valor máx. admisible)	UNIDADES
Coliformes Totales	Ausencia	UFC/100 ml
Coliformes Fecales	Ausencia	UFC/100 ml
Recuento Total de Bacterias	500	UFC/ ml

ANEXO N° 02

ESPECIFICACIONES DE AGUA TRATADA EN LA PLANTA AJEPER - HUACHIPA

CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Denominación	Agua Tratada
Método	Tratamiento de barreras múltiples

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS		
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIÓN (máx.)	UNIDADES
Olor	Ninguno	
Sabor	Ningún Sabor Extraño	
Color	< 3	UC
Turbidez	3	NTU
Cloro Residual	0	mg/l
pH	6.5 a 8.5	
Alcalinidad Total (Valor de M)	50 (como CaCO ₃)	mg/l
Fierro	0.1	mg/l
Aluminio	0.1	mg/l
Cloruros	250	mg/l
Manganeso	0.1	mg/l
Sólidos Totales Disueltos (STD)	500	mg/l
Dureza	300	mg/l

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS		
DETERMINACIONES	ESPECIFICACIÓN	UNIDADES
Coliformes Totales	Ausencia	UFC/100ml
Coliformes Fecales	Ausencia	UFC/20ml
Recuento Total de Bacterias	500	UFC/ml

ANEXO N° 03

ESTANDARES DE CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL SEGÚN NORMAS DE COCA – COLA COMPANYY

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE ACEPTABLE
Alcalinidad M (como CaCO ₃)	mg CaCO ₃ / L	> 50
Alcalinidad P (como CaCO ₃)	mg CaCO ₃ / L	< 300
Aluminio	mg / L	< 1.5
Amoniaco No Ionizado	mg / L	< 0.050
Cloro Residual Libre	ug / L	< 4
Color	Pt / Co Unidades	< 100
Demanda Bioquímica de Oxigeno	mg / L	< 50
Fierro	mg / L	< 1.0
Fósforo Total	mg / L	< 2
Gases Disueltos Totales	mg / L	No mas de 100% de Saturación
Nitrógeno Total	mg / L	< 2
Oxigeno Disuelto Total	mg / L	No menos de 2 mg / l bajo saturación a Temp. Amb.
pH	(H +)	6.5 – 8.5
Plomo Soluble	mg / L	< 0.03
Sólidos Totales Disueltos	mg / L	< 2000
Sólidos Totales Suspendidos	mg / L	< 50
Surfactantes	mg / L	< 0.5
Variación de la Temp. Del Agua respecto ala Temp. Ambiente	°C / hr	< 5
Turbidez	NTU s	< 100

ANEXO N° 04**REGLAMENTO DE DESAGUES INDUSTRIALES EN EL PERU**

Ministerio de Salud D. S. N° 28/60 - ASPL

Limites máximos de los residuos industriales admisibles en las redes

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO	ARTICULO N°
Aceites y Grasas	g / l	< 0.1	502
Demanda bioquímica de Oxígeno	mg / l	< 1000	505
pH	(H +)	5.0 – 8.5	504
Sólidos Suspendidos Sedimentables	ml / L / hr	< 8.5	506
Temperatura	°C	< 35	501
<u>Sustancias Inflamables</u>			
Punto de Ignición	° C	> 90	503
Concentración	g / l	< 1	503

ANEXO N° 05**CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BOMBA DOSIFICADORA DE NEUTRALIZANTE:**

Bomba dosificadora electromagnética de neutralización. Incluye sensor controlador monitor de pH con las siguientes características:

Características técnicas:

- Marca : ITC ESPAÑA
- Modelo : DOSITEC MP
- Producción : 2.5 Lts/ hora
- Máx. presión : 147 PSI
- Trabajo : Automático
- Alimentación Elec. : 220 V
- Motor eléctrico con juego de diafragma
- Válvula antisifon y mangueras de succión y descarga
- Temp. de trabajo : 5 – 40 °C
- Altura máx. succión : 2 metros
- Accesorios y canastilla de pie, tanque de polietileno con control de nivel
- Un sensor / controlador ORP/PH para neutralización

DOSITEC-MP/MD

Regulación **manual** a través de un potenciómetro
Regulación por pulsos de 0 a 100%

Manual regulation by means of a potentiometer
Adjustable pulses from 0 to 100%
Input for a level switch to stop the pump

Régulation manuelle a travers d'un potentiomètre
Régulation par pulsés de 0 à 100%



CAUDAL l/h	PRESIÓN Bar	C/min	VOLUMEN ml/ciclo	CARRERA mm	POT. abs Watts	PESO Kg
2.5	10	120	0.28	0.8	37 (0.16A)	3
2	20	120	0.28	1.0	58 (0.25A)	3.8
6	7	120	0.69	1.0	37 (0.16A)	3
9	10	120	1.11	1.4	58 (0.25A)	3.8

CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL FILTRO MULTIMEDIA - FILTRO DE ARENA:

Filtro multimedia de trabajo automático marca ENVIROMENTAL, para retirar las partículas sedimentables que presenta el agua a tratar y será instalado previo al equipo de osmosis inversa .

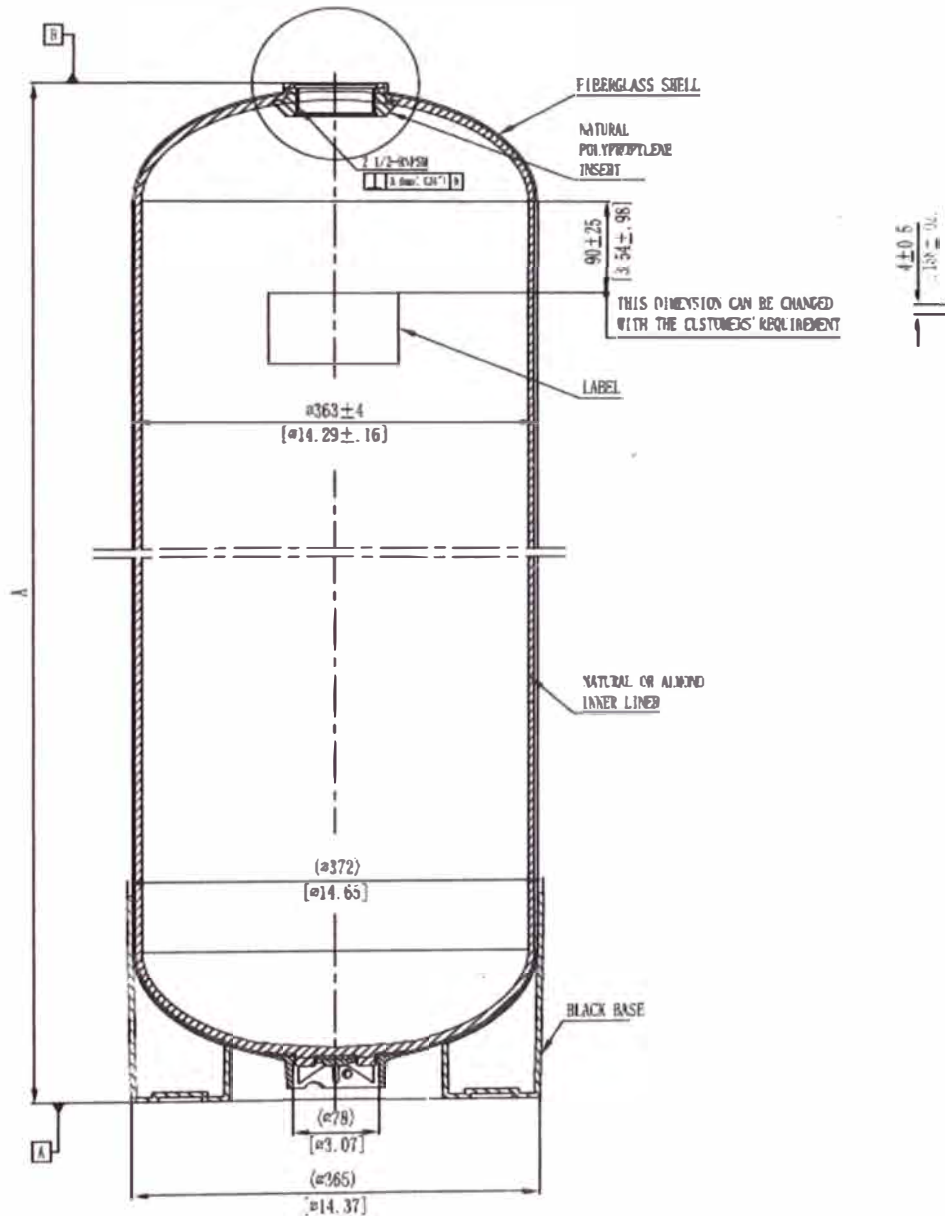
Características técnicas:

▪ Marca	:	ENVIROMENTAL
▪ Modelo	:	FM - 3672
▪ Tipo	:	Automático
▪ Caudal de trabajo	:	22 m ³ /hora
▪ Cantidad total de cuarzo	:	20 pie ³
▪ Conexión	:	2"
▪ Presión de trabajo	:	20 a 80 PSI

Especificaciones:

- Un tanque de 36" de diámetro y 72" de altura en material totalmente fibra de vidrio anticorrosivo
- Una válvula automático modelo WS2CI-FILTER marca CLACK-USA
- Una carga de 20 pies³ de cuarzo multimedia
- Un juego de accesorios internos en PVC de alta presión para el tanque

Water Specialist 1" TC Control Valve



CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL FILTRO MULTIMEDIA - FILTRO DE CARBON:

Filtro carbón activado de trabajo automático marca ENVIROMENTAL, para retirar cualquier presencia de cloro que presenta el agua a tratar y será instalado previo al equipo de osmosis Inversa .

Características Técnicas:

▪ Marca	:	ENVIROMENTAL
▪ Modelo	:	FM - 3672
▪ Tipo	:	Automático
▪ Caudal de trabajo	:	22 m ³ /hora
▪ Cantidad total de cuarzo	:	20 pie ³
▪ Conexión	:	2"
▪ Presión de trabajo	:	20 a 80 PSI

Especificaciones:

- Un tanque de 36" de diámetro y 72" de altura en material totalmente fibra de vidrio anticorrosivo
- Una válvula automático modelo WS2CI-FILTER marca CLACK-USA
- Una carga de 20 pies³ de carbón activado CALGON - USA
- Un juego de accesorios internos en PVC de alta presión para el tanque

ANEXO N° 08**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL DOSIFICADOR ANTIINCRUSTANTE:****Dosificador de antiincrustante**

Bomba dosificadora electromagnética de antiincrustante de trabajo RUDO con las siguientes características :

Características Técnicas:

- Marca : ITC ESPAÑA
- Modelo : DOSITEC MP/MD
- Producción : 2.5 Lts/ hora
- Máx. presión : 147 PSI
- Trabajo : Automático
- Alimentación elec. : 220 V
- Motor eléctrico con juego de diafragma
- Válvula antisifon y mangueras de succión y descarga
- Altura máx. succión : 2 metros
- Accesorios y canastilla de pie, tanque de polietileno con control de nivel

DOSITEC - MD

DOSITEC-MD

[← Volver](#)


DESCRIPCIÓN:

Bomba dosificadora electromagnética con regulación MANUAL

Display digital e interruptor de nivel

Regulación de pulsos del 0 al 100%

Ref.59-061

ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA:

Monofásico 110/230V
50/60Hz - IP65 - 12-24VCC

Cuerpo: PP, PVDF, PTFE, AISI316
Membrana PTFE
Retención: FKM

FABRICADA EN

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Código	Caudal				Presión	
	l/h	l/h	GPH	GPH	BAR	PSI
59-061	2.5		0.66		10	145
59-062	6		1.60		7	100
59-063	9		2.80		10	145
59-064	2.5		0.66		20	290

ANEXO N° 09

CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO DE ÓSMOSIS INVERSA - PUREGEN . INC USA:

Equipo de osmosis inversa de 13 membranas para alta presión con una producción de 14 m³/hora , con las siguientes características y especificaciones :

Características Técnicas:

- Marca : **PUREGEN INC – USA**
acondicionada por Environmental S.A.
- Modelo : **DRO 72000**
- Pureza de perm. : **99%**
- Flujo : **14 m³ hora**
- Conexiones : **2”**
- Voltaje : **230 voltios/60 HZ , Trifásico**

Especificaciones:

- Un pre-filtro de 1” **IN-OUT** consistente en una carcasa en polietileno resistente a altas presiones y un elemento filtrante de 4.5 x 20” en material fibra polipropileno de 5 micras tipo bolsa
- 5 porta membranas en **PVC** de alta presión de 8” de diámetro x 130” largo
- 13 membranas en **POLIAMIDA** de 8” de diámetro x 40” de altura , marca **DESAL / FILMATEC- USA**
- Una electrobomba de alta presión 15 HP, marca **GOULDS/GRUNDFOS**
- Un juego de conexiones en **PVC** para alta presión
- Un juego de conectores de alta presión
- Flujometro de agua permeado de 0 – 20 m³/hora
- Flujometro de agua rechazo de 0 – 20 m³/hora

- Un manómetro de agua de ingreso de 0 – 100 PSI
- Un manómetro de agua de rechazo de 0 – 100 PSI
- Un medidor de STD de agua osmotizada
- Un Switch de baja presión regulado de 7 – 3 psi
- Un sistema rotrol s – 150 controlador
- Una válvula solenoide normalmente cerrada marca JEFFERSON
- Una válvula de concentrado en acero inoxidable

ANEXO N° 10

CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO ESTERILIZADOR ULTRA VIOLETA - STERILUX - ET 20000:

Esterilizador ultra violeta, realiza una desinfección del agua mediante la radiación UV-C, este tipo de radiación trabaja a 253.7 nm de longitud de onda. Esta es la longitud de onda con la que se puede atravesar las membranas citoplasmáticas de las células de las bacterias con el fin de llegar a su núcleo y evitar su reproducción.

Características técnicas:

Modelo	A – 811001
Conexión	Macho 2" GAS
Caudal nominal	20000 l/h
Presión mínima	1 Kg./cm ²
Presión máxima	8 Kg./cm ²
Temperatura de utilización	Temperatura ambiente
Conexión eléctrica	220V(para otras conexiones consultar proveedor)
Eliminación virus – bacterias - Microorganismos	99 %
Numero de lámparas	6

Especificaciones técnicas:

Lámpara ultravioleta

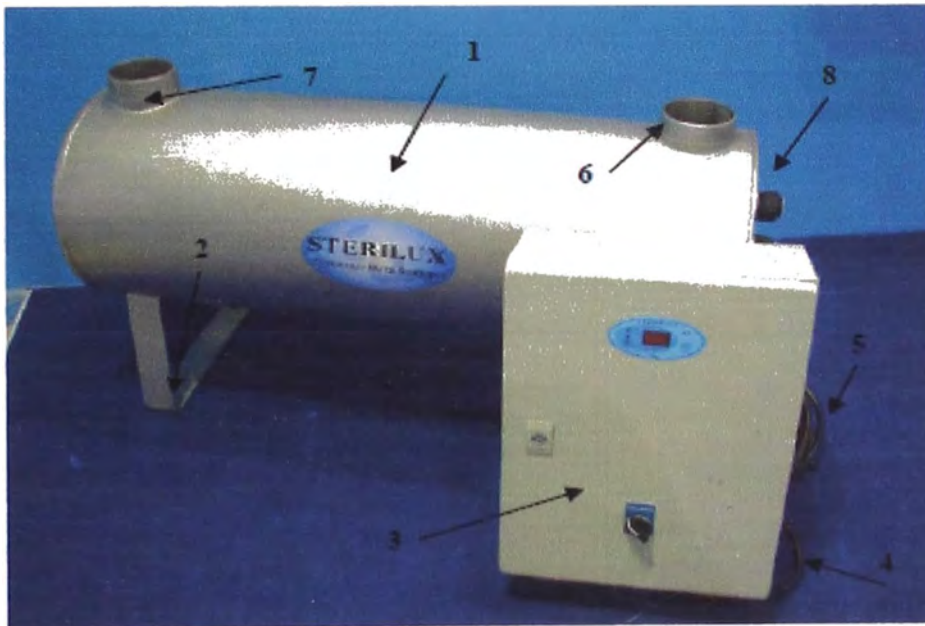
Potencia lámpara	TUV 36 W
Dimensiones	850 x Dia.16 mm.
Función	Eliminación de microorganismos
Vida de uso	7000 horas
Voltaje	103 V
Radiación Ultravioleta	91 W.
Depreciación tras 5000 horas de uso	15%

Tubo AISI 316L

Material	Acero Inoxidable AISI 316L pulido interior
Dimensiones	846X203.6
Conexión	Macho 2" GAS
Espesor	1.5mm.

Tubo de cuarzo

Material	Cuarzo
Dimensiones	857 x 23 espesor 1.25

EQUIPO UV - ET - 20000 :

1. TUBO INOXIDABLE
2. SUJECIÓN
3. CUADRO ELÉCTRICO
4. TOMA DE TIERRA
5. CABLE RED 220V 50Hz
6. ENTRADA MACHO 2" GAS
7. SALIDA MACHO 2" GAS
8. CABLE LÁMPARA