



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

**“Diseño de un sistema de tratamiento de agua del enjuague
final en una embotelladora”**

TESIS DE GRADO

**Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO QUIMICO**

Presentado por:

Marcela Lissette Doylet Espinoza

y

Héctor Antonio Pérez Sánchez

Guayaquil - Ecuador

Año: 2011

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERA QUIMICA

ACTA DE APROBACION

TITULO DE LA TESINA DE INVESTIGACION:

“Diseño de un Sistema de Tratamiento de agua del enjuague final en una embotelladora”

INFORME TECNICO PRESENTADO POR:

MARCELA LISSETTE DOYLET ESPINOZA

HÉCTOR ANTONIO PÉREZ SÁNCHEZ

APROBADO EN SU ESTILO Y CONTENIDO POR:

ING. QCA. SHIRLEY SANCHEZ MEDINA

DIRECTORA DEL CURSO

ING. QCO. CARLOS DECKER COELLO

COORDINADOR ACADEMICO

ING. QCO. JOSE RODRIGUEZ WEBSTER

COORDINADOR DE LA TESINA

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todas y cada una de las personas que participaron en la investigación realizada, ya que invirtieron su tiempo y conocimientos para ayudarnos a completar nuestro proyecto de tesis.

Respecto a la elaboración de esta guía, quiero agradecer entonces al Prof. Ing. José Rodríguez por sus correcciones y sugerencias. Por último, quiero agradecer a todas aquellas personas que sin esperar nada a cambio compartieron pláticas y conocimientos.

DEDICATORIA

A nuestras familias por
la confianza brindada.

(DECLARACION EXPRESA)

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL”

Marcela Doylet Espinoza

Héctor Pérez Sánchez

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la reutilización del agua de descarga del enjuague final de una lavadora de botellas de vidrio.

Ya que esta agua descarga todo su efluente en la PTAR con un pH de 12.5 y con probabilidades de desbalance en este proceso.

Para su reutilización se necesita que esta agua recuperada en el punto de enjuague final tenga un tratamiento de neutralización, filtración y desinfección, ya que la misma es alcalina con un pH de 9.8, optimizando el consumo de agua en este proceso y ayudando a un buen balance en la PTAR ya que el pH del efluente tendría 10.8

INDICES

	Pág.
RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
ABREVIATURAS.....	X
INDICE DE FIGURAS.....	XI
INDICE DE TABLAS.....	XII
INDICE DE DIAGRAMAS.....	XIII
INTRODUCCION.....	1

CAPITULO I

	Pág.
1. Información general acerca de las embotelladoras de bebidas en Ecuador.	
1.1 Historia de la gaseosa en Ecuador.....	3
1.1.1 Historia de coca cola.....	3
1.1.2 Historia big cola.....	5
1.1.3 Historia barrilito o-key.....	5
1.2 Definición de Bebidas Suaves & Bebidas Gaseosas.....	6
a) Definición de Bebidas Suaves.....	6
b) Definición de Bebidas Gaseosas.....	6
1.3 Procesos y técnicas aplicadas.....	7
a) Saborizante:.....	7
b) Ácidos:.....	8
c) Colores:.....	8
d) Conservantes:.....	8
e) Agua:.....	8
1.3.1 Resumen del proceso general.....	9

CAPITULO II	Pág.
2.1. Lavado de botellas.	13
2.2. Descripción general del lavado de botellas.	13
2.3. Factores que determinan un buen lavado de las botellas.	14
2.4. Temperatura.	15
2.5. Tiempo.	15
2.6. Concentración de la soda cáustica.	15
2.7. Suministro de soda.	16
2.8. Enjuagues finales.	16
2.9. Control de Arrastre caustico.	16
2.10. Análisis de azul de Metileno,	16
2.11. Control de cloro residual.	17
CAPITULO III	Pág.
Calidad del agua para la limpieza de botellas	
3.1 Determinación de Turbiedad.	18
3.2 Determinación de la acidez o alcalinidad total.	20
3.3 Determinación del pH.	23
3.4 Determinación de la dureza total.	28
3.5 Determinación de Cloro residual.	29
CAPITULO IV	Pág.
4. Reingeniería de la planta de lavado de botellas en una embotelladora	
4.1. Planos del proceso	
4.1.1. Plano general de proceso.	32
4.1.2. Plano general con el diseño del proyecto.	32
4.2. Diagrama de flujo de proyecto de agua recuperada.	32
4.3. Almacenamiento Y Neutralización.	33
4.4. Filtración.	33
4.5. Desinfección.	33
4.6. Balance de materia.	33
4.7. Balance de materiales con recirculación de agua de proceso.	34

CAPITULO V	Pág.
5.1. Costos.....	35
5.2. Inversión.....	36
5.3. Costo por metro cubico de agua.....	36
5.4. Análisis Económico: Para los temas de Fabricación de productos.....	38

CAPITULO VI	Pág.
6.1. Conclusiones.....	39
6.2. Recomendaciones.....	40
6.3. Anexos.....	41
6.4. Glosario.....	42
6.5. Bibliografía.....	44

ABREVIATURAS:

APANS: Rangos de medida

Kg/Lt: Densidad

MP: Material Particulado

MV: mili voltios

N: Normalidad

NTU: Unidades de Turbidez Nefelométrica

Ph: Potencial de Hidrogeno

PPM: Partes por millón

PTAR: Planta de tratamientos de aguas residuales

SOLUCION Ó INDICADOR P: Fenolftaleína

SOLUCION Ó INDICADOR T: Tiosulfato de sodio

SOLUCION Ó INDICADOR M: Metil morado o metal naranja

STS: Sólidos totales suspendidos

Kw: Kilos watts

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Fig.1.2 Tipos de gaseosas carbonatadas.....7

INDICE DE TABLAS**Pág.**

Tabla 5.2	Costo de inversión de planta de neutralización de agua alcalina.....	36
Tabla 5.3	Consumo de agua para diferentes procesos.....	36
Tabla 5.3.1	Análisis de laboratorio de consumo de H₂SO₄ y costo.....	37
Tabla 5.4	Resumen de costo de planta y proyecto ponderado a un mes promedio.....	38

INDICE DE DIAGRAMA

	Pág.
Diagrama 2.2.a Diagrama de una lavadora de botellas.....	14
Diagrama 2.2.b Diagrama simplificado de la estructura de la lavadora de botellas.....	14
Diagrama 4.2 Diagrama de flujo de proceso de neutralización de agua alcalina.....	32
Diagrama 4.6 Diagrama del Balance de Materia.....	33
Diagrama 4.7 Esquema del balance de materiales con recirculación de agua a otro proceso.....	34
Diagrama 5.1 Diagrama de flujo de lavado de botellas.....	35

**Primer
Capitulo**

**Segundo
Capitulo**

**Tercer
Capitulo**

**Cuarto
Capitulo**

**Quinto
Capitulo**

**Sexto
Capitulo**

INTRODUCCION

En el mercado de productos de bebidas gasificadas y no gasificadas existe mucha competencia, lo que ha permitido que aparezcan una serie de empresas dedicadas al embotellamiento de estos productos; por lo que no necesariamente estas empresas al iniciar sus operaciones tienen los equipos de producción completos o adecuados. Es por eso y con la finalidad de ser más competitivos y eficientes que se requiere: el uso de maquinarias económicas que sean sencillas de manejar y de fácil mantenimiento; y de la optimización de los sistemas para poder reducir los impactos durante el ciclo de vida del producto, lo que tiene un efecto imperativo para la industria ya que además de lograr una reducción significativa de los costos de producción, minimizamos los residuos vertidos al efluente contribuyendo con el medio ambiente.

El presente estudio a través de un ponderado a un mes promedio estableció que el total del agua utilizada en los procesos es de 62500 m³, de esta corriente generada 37000 m³ es producida por la planta de lavado de botellas, lo que representa un 59.2% del total del agua residual producida. Luego de definir que la corriente que genera mayor cantidad de residuos es esta, se procedió a la caracterización y determinación de la factibilidad de reutilización de parte de ella.

Para nuestro caso en particular, la empresa (embotelladora de bebidas gaseosas) usa agua ablandada clorada con 1.5 ppm de cloro para el lavado de envases de vidrio en sus 3 lavadoras; las mismas que tienen un consumo para esta operación de 37000 m³ como promedio mensual, las mismas que son descargadas a la PTAR con una alcalinidad de 1.5% de NaOH y un pH de 12.5.

El sistema de lavado de estas lavadoras constan de 12 filas de chisguetes, desglosados de la siguiente manera:

- ✓ Primer lavado (3 filas de chisguetes), aquí los envases hacen el primer contacto de lavado después de salir del último tanque de inmersión de sosa caústica al 3.5% de NaOH.
- ✓ Segundo lavado (3 filas de chisguetes).
- ✓ Tercer lavado (4 filas de chisguetes)
- ✓ Cuarto lavado (2 filas de chisguetes). Este es el último enjuague de los envases con agua blanda clorada que proviene de la planta de tratamiento, la misma que después de realizar el enjuague final, va a ser tomada por la bomba para el tercer lavado y por vaso comunicante hacia los otros tanques y sus respectivas bombas.

Para el proyecto de optimización del sistema de agua del enjuague final se realizaron los siguientes estudios de neutralización del agua de descarga de la lavadora que va hacia la PTAR con 1.5% de NaOH y un pH de 12.5 en el laboratorio:

- Se tomo muestra de la descarga de la lavadora para realizar la neutralización con H_2SO_4 al 85% en el laboratorio.
Antes de la neutralización se realiza un análisis de concentración y pH, obteniendo como resultado 1.5% de NaOH con un pH de 12.5. Obteniéndose un consumo de 0.34 ml de H_2SO_4 al 85% (disoluciones) en un amuestra de 1 lt, dando como resultado 0% de NaOH y con un pH de 6.89
- Se realiza una mezcla con agua del tanque de enjuague (tercer lavado) 0.5 Lt y agua blanda 0.5 Lt y se realizan análisis obteniendo como resultado de laboratorio: 0.5% de NaOH y un pH de 9.76
- Se realiza la neutralización de esta muestra antes mencionada, y se obtiene un consumo de H_2SO_4 al 85% (disoluciones) de 0.11 ml, en una muestra de 1 Lt, dando como resultado 0% de NaOH y con un pH de 6.54
- Se toma esta muestra de agua neutralizada (200 ml), agua blanda (200 ml) y 200 ml de cada tanque de lavado de la lavadora, total 1 Lt, para saber los resultados de descarga del agua hacia el PTAR se obtiene 0.8% de NaOH y un pH de 10.84 y su neutralización requiere en un litro de muestra de 0.18 ml de H_2SO_4 al 85% (disoluciones).

Esto nos indica que el agua de descarga de la lavadora necesita un tratamiento de neutralización y de clarificación (filtros de arena, de carbón y desinfección) para su reutilización u optimización en las lavadoras, esta agua recuperada ya tratada debería ser utilizada en el penúltimo enjuague o a su vez los 2 penúltimos chisguetes independizarlos para usar esta agua que también debe ser clorada para un eficiente lavado de envase. También se va a mejorar o bajar la concentración de NaOH y el pH en el efluente de la PTAR.

Es por esto que el presente trabajo detalla el “Diseño de un sistema de tratamiento de agua del enjuague final en una embotelladora”; lo que nos llevara a cumplir con los siguientes objetivos:

- ✓ Optimizar el desperdicio del agua blanda en la operación de lavado en las lavadoras
- ✓ Balancear la carga de concentraciones de NaOH en los efluentes de la PTAR.
- ✓ Optimizar los periodos regenerados del ablandador (agua blanda).
- ✓ Mayor tiempo de contacto de enjuague con cloro (1.5 ppm), debido a que se acondiciono 2 filas de chisguetes con agua fresca clorada (recuperada).

CAPITULO I

1. INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DE LAS EMBOTELLADORAS DE BEBIDAS EN ECUADOR

En el mercado de productos de bebidas gasificadas y no gasificadas existe una gran demanda, lo que ha permitido que aparezcan una serie de empresas dedicadas al embotellamiento de estos productos.

1.1 Historia de la gaseosa en ecuador

1.1.1 Historia de coca cola

El año 1998 fue clave en la historia de Coca Cola en el país, la gaseosa que fue creada en 1885 por el farmacéutico estadounidense John Pemberton y que desde 1940 se vende en Ecuador.

Fioravanti es uno de los refrescos más antiguos en el mundo. Fue comercializado por primera vez en 1878 en el Ecuador. Fue adquirido en 1991 por la Coca-Cola Company.

Ese fue el año en el que se inició el proceso de fusión de las tres compañías que se encargaban de embotellar esta bebida y que habían acaparado el mercado ecuatoriano. Una etapa que terminó en 2001. Cada una de las compañías tenía su particular historia de desarrollo, pero habían logrado por separado una hegemonía regional frente a otras embotelladoras dueñas también de marcas de gaseosas. La primera empresa que embotelló Coca Cola en el país fue Guayaquil Bottling Company, fundada por Miguel Seminario, José Estrada Icaza y Luis Orrantia. En 1990 la compró el Grupo Noboa. En 1961 se creó Industrial de Gaseosas S.A. (Indega), de Quito. Mientras que en Cuenca, en 1970, se juntan dos fortunas, la de las familias Herrera y Eljuri, para fundar Emprosur, que debido al éxito establecieron plantas en Machala, con Emporo; en Portoviejo, con Empocen; y en Loja, con Emproloja. Por separado las tres industrias habían acaparado el mercado de las gaseosas en el país, el que según un estudio realizado en 2001 por Felipe Naranjo y Bolívar Pastor, de la Espol, ascendían a 236 millones de dólares anuales.

En 1990, la compañía del Grupo Noboa producía Coca-Cola, Fanta y Sprite. Un

año más tarde incorporaron la marca de origen ecuatoriano Fioravanti y en 1993 ampliaron la línea con agua Bonaqua, que luego cambió de nombre a Dasani. En el año en el que se inició la fusión, la empresa de Guayaquil tenía una sola planta, 1.200 trabajadores, 110 camiones y el 34% de participación del mercado nacional. Mientras que a la de Quito le correspondía el 50%, tres plantas embotelladoras, 1.800 colaboradores y 243 camiones. La empresa del Grupo Herrera-Eljuri tenía el 16% de participación en el mercado, cuatro plantas embotelladoras, 950 colaboradores y 150 camiones. Sin embargo, la nueva historia se escribe a partir del proceso de unificación, cuando las tres grandes empresas se juntan para formar Ecuador Bottling Company (EBC), y deciden ubicar la sede en Quito.

La idea de la fusión surgió de uno de los tres grupos económicos dueños de las empresas embotelladoras, del consorcio que fundó Manuel Correa en 1964 y que en el año de la unificación, la dirigía Juan Carlos Correa Mantilla. La decisión era estratégica, se buscaba unificar políticas empresariales, mecanismos de distribución y unidad en el uso de la tecnología. “Esto ha permitido que EBC se convierta en una de las Corporaciones de mayor impacto económico para el país”, dice Carolina Navas, una de las voceras de la empresa.

Actualmente produce 600 millones de litros de bebida al año. Tiene tres plantas (Guayaquil, Quito y Santo Domingo) y 40 agencias a nivel nacional. Embotella más de doce marcas. Desde gaseosas hasta jugos naturales. Entre estas están 4 de las 5 marcas de refrescos más vendidas a nivel mundial: Coca-Cola, Coca-Cola Light, Fanta y Sprite.

En los últimos años la embotelladora nacional fue ubicada entre las 10 mejores empresas del Ecuador. Este año subió del décimo lugar, al octavo. En el país, la EBC tiene dos marcas estrellas: Coca Cola, una gaseosa que cada día se vende hasta 1.300 millones de veces en todo el planeta y que en los últimos años facturó cerca de 21 billones de dólares de beneficio neto anuales; así como Fioravanti, considerada como la bebida más antigua del mundo que aún está a la venta. Se la fabricó por primera vez en Guayaquil, a finales del siglo antepasado. Con Fioravanti, The Coca-Cola Company, con sede en Atlanta (Estados Unidos), inició una etapa de compra de marcas locales para fortalecerse regionalmente. En 1999 compró la Inka Cola, una bebida peruana que comenzó a venderse en 1935. Uno de los sectores a los que se encaminó fue el de los ecuatorianos en España. En 2006 contrató a la empresa Minority, la agencia de publicidad especializada en el mercado de inmigrantes en ese país europeo y lanzó la gaseosa local junto con otra de origen marroquí. Dos años después, la segunda bebida dejó de producirse, por bajas ventas, mientras que la aventura de Fioravanti era considerada todo un éxito. La Coca Cola se embotella en tres

plantas en el país. Hasta 1998 eran de diferentes propietarios. Actualmente son parte de los activos de una empresa con sede en Quito.

1.1.2 Historia big cola

Tras el éxito que tuvo la empresa desde su lanzamiento es que ajegroup apuesta a la internacionalización y en 1999 llega a Venezuela instalando la empresa ajeven, en el 2001 ingresa a Ecuador con ajecuador y el 2003 en México con ajemex. En el 2004, el turno le llega a Costa Rica al instalar ajecen del sur.

Es así como la empresa pasó de tener 15 trabajadores a generar más de 7000 empleos directos e indirectos en los mercados donde opera. Además cuenta 13 plantas de producción y más de 80 centros de distribución. El mérito en sus procesos se logra al contar con la certificación internacional HACCP (análisis de peligros y control de puntos críticos), considerada sinónimo de inocuidad y seguridad alimentaria.

1.1.3 Historia barrilito o-key

Barrilitos o-key, es una bebida gaseosa que en los años 70 y 80, penetró fuertemente en el mercado ecuatoriano. Fundamentalmente en todas las provincias de la costa y centro del país. Siendo muy recordado por su especial botella, con forma de barril, y la excelente calidad de sus sabores. Su introducción fue sencilla, gracias a sus exquisitos sabores y buen precio, logro competir de muy buena manera con las marcas tradicionales ya instaladas. Su gran aceptación se debió a que los ecuatorianos reconocían un sabor que quedó impregnado en la mente de los consumidores.

Desaparecen los refrescos Barrilitos, bebida de tradición en Monterrey sobre todo en los puestos de tacos.

Siete décadas estuvo en el mercado, pero Coca Cola-Femsa y Coca Cola Company nuevos dueños de los Jugos del Valle, creadores de Barrilitos decidieron que no se embotellará más el refresco, aún se desconoce si desaparecerá la marca o se venderán los derechos.

La Cofeco impidió mantener la producción de barrilitos, fue una condición para aprobar a Coca Cola Femsa y Coca Cola Company a Del Valle. En octubre del año 2007, el empresario Estuardo Sánchez, reconocido por su trayectoria de más de 50 años en el mundo de los negocios; decidió invertir en una fábrica de última tecnología, e ingresar al mercado de bebidas gaseosas de Ecuador.

Sumando a esto, tuvo la gran oportunidad de adquirir la marca barrilitos o-key, que se había dejado de producir a principios de los 90 y contaba con un excelente recuerdo en la mente de los consumidores.

Y es de esta forma que, con el respaldo de una familia emprendedora nace la embotelladora pacific bottling company, la Cual no solo está en capacidad de producir los diferentes productos que se están presentando en el mercado, sino también realizar producciones para otras empresas.

1.2 Definición de Bebidas Suaves & Bebidas Gaseosas

a) Definición de Bebidas Suaves

La definición legal de bebida suave corresponde a:

"Cualquier líquido destinado a la venta como bebida para consumo humano, diluido o no", e incluye:

- Cualquier Bebida de Frutas.
- Agua de Soda, Agua Tónica y cualquier agua carbonatada, endulzada artificialmente, con o sin sabor.
- Cerveza de jengibre y cualquier brebaje elaborado a base de hierbas o botánico.

b) Definición de Bebidas Gaseosas

Con el objeto de ubicar a las bebidas gaseosas, se parte de la definición de bebidas suaves, grupo que contiene a las bebidas gaseosas.

Las bebidas gaseosas corresponden a la segunda categoría de la definición presentada de bebidas suaves. Específicamente, comprende las siguientes clases de bebidas:

- Aguas Minerales, naturales o artificiales (p.e., Agua de Soda).
- Bebidas endulzadas carbonatadas saborizadas.
- Bebidas de frutas y vegetales, endulzadas y carbonatadas.
- Agua Tónica.
- Preparaciones carbonatadas elaboradas a base de extractos.



Fig.1.2 Tipos de gaseosas carbonatadas

1.3 Procesos y técnicas aplicadas

La **gaseosa** también llamada **refresco** o **bebida carbonatada**, es una bebida saborizada, efervescente (carbonatada) y sin alcohol. Estas bebidas suelen consumirse frías, para ser más refrescantes y para evitar la pérdida de dióxido de carbono, que le otorga la efervescencia.

Como materias primas para la producción de bebidas gaseosas tenemos:

a. Saborizante:

Los saborizantes para las bebidas gaseosas se preparan por empresas especializadas. Con cada sustancia se suministran instrucciones claras y la forma exacta para la preparación del jarabe. Los saborizantes son extractos alcohólicos, emulsiones soluciones alcohólicas o jugos de frutas.

Los extractos alcohólicos se preparan por lixiviación de drogas secas con soluciones alcohólicas, o bien lavando aceites esenciales con mezclas de agua y alcohol y dejando que se separe el aceite.

Las emulsiones se preparan con aceites esenciales, goma arábica y jarabe espeso de azúcar o de glicerina; la mezcla se pasa por un homogeneizador. Ejemplo de estas emulsiones la de naranja y la llamada cerveza de raíces.

Algunos saborizantes, como el de cereza, fresa y helado con soda son solubles en soluciones alcohólicas diluidas, y se suelen prepara disolviendo los aceites esenciales en el alcohol y agregando agua hasta obtener la dilución conveniente.

Además de los saborizantes se usan otras sustancias para mejorar el sabor y el aroma del refresco. Por ejemplo, a los refrescos estilo "cola" se les pone cafeína en proporción de 7 a 23 mg por 100 cc. Se agrega la cafeína no tanto por el efecto estimulante cuanto por su sabor amargo.

b. Ácidos:

Ácido Cítrico. Se extrae de los limones, limas y piñas. Como el ácido cítrico es un ingrediente natural de todos los frutos cítricos, todas las bebidas que tienen estos sabores se acidifican con dicho ácido, que se usa en solución de 48%.

Ácido fosfórico. Es el acidulante más económico, no sólo por su bajo costo, sin también porque es muy potente. Se usa principalmente en los refrescos tipo "cola".

Acido tartárico. En uno de los subproductos de la elaboración del vino. El sabor ácido de la bebida depende de la concentración de iones de hidrógeno, pues tienen el mismo sabor ácido las soluciones de los ácidos cítricos, tartáricos o fosfóricos de igual pH. Se añaden ácidos a los refrescos para modificar la dulzura del azúcar y como preservativo. Todos los ácidos que se agreguen a los refrescos han de ser "grado para alimentos".

c. Colores:

Caramelo. Es un color vegetal que se prepara quemando azúcar de maíz, generalmente con una sal amónica como catalizador. Es el color vegetal más usado y se añade a los refrescos estilo "cola", cerveza de raíces, refrescos de jengibre, helado con soda, etc. En la industria de refrescos se conocen dos clases de caramelo: el espumoso y el no espumoso.

Colores sintéticos: Hay 18 colores sintéticos aprobados para alimentos, de los cuales sólo siete son recomendables para refrescos. Como el Amarillo FDC #5, tartracina; Amarillo FD&C #6, amarillo sunset; Rojo FD&C #1 punzó 3R; Rojo FD&C #2, amaranto; Rojo FD&C #4, punzó SX; Azul FD&C #1, azul brillante FCF; Verde FD&C #3, verde fijo FCF.

d) Preservativos:

La mayoría de las bebidas gaseosas se conservan bien con el ácido que lleva el refresco y con el gas carbónico. El gas carbónico ayuda a evitar el desarrollo de hongos. Los refrescos que contienen zumos de frutas y los que se embotellan sin gas o con poco gas se conservan con benzoato de sodio. La solución de benzoato se agrega durante la preparación del jarabe.

e) Agua:

Debido al alto porcentaje de agua que se emplea en el proceso de producción de las bebidas gaseosas, la industria tiene especial cuidado a la hora de seleccionar la fuente de origen acuífera. En líneas generales, el sector de las gaseosas requiere que el agua cumpla con estándares de calidad más estrictos que los del agua potable en relación a su turbidez, los sólidos disueltos que contenga deben ser menos de 500 ppm, materia orgánica, contenidos microbiológicos y

alcalinidad la cual debe ser de menos de 50 ppm , y menos de 0.1 ppm de hierro o manganeso. El agua que contiene materia en suspensión no se carbonata fácilmente, y las bebidas que con ella se preparan se desgasifican rápidamente. El agua del abastecimiento público se trata en la planta embotelladora para purificarla. Con filtros de arena o de discos de papel y mediante el procedimiento de coagulación u sedimentación se clarifica el agua, y con carbón activo, ozono o cloro se le quita el color y el olor. Para eliminar las algas se requiere la cloración seguida de coagulación, sedimentación y filtración con carbón activo.

1.3.1 Resumen del proceso general

El proceso productivo, va desde la obtención del agua; tratada o ablandada, a la elaboración de jarabes terminados; para finalmente llegar al embotellado. A continuación se detallan cada una de estas etapas:

Obtención del agua tratada: Existen partes demarcadas en la obtención del agua tratada:

- **1ra parte.-** Se agrega Sulfato de Aluminio para aglomerar las sustancias de naturaleza orgánica presentes en suspensión en el agua, luego se sedimenta.
- **2da parte.-** En esta parte el sedimento se elimina mediante purgas continuas, que en este caso se hacen cada 3 horas.
- **3ra parte.-** Aquí el agua está tratada, pero con algunas impurezas principalmente de naturaleza gaseosa. Luego, pasa por filtros de arena y carbón activado; el filtro de arena cumple la función de retener todas las partículas que quedan en el agua, el filtro de carbón activado cumple la función de retener todas las sustancias de naturaleza gaseosa como el cloro residual, la eliminación del mal olor y sabor; finalmente el agua pasa por el filtro pulidor que retiene partículas de cualquier tipo que no hayan sido eliminadas. Ver Anexo 4.1.1 para flujo del proceso.

Ablandamiento de agua: Existe otra línea de utilización del agua extraída; en esta zona, esta, es desmineralizada por completo mediante intercambio iónico; luego, es filtrada por tanques que contienen en su interior, capas de resina zeolita, las que retienen las sales y minerales que se encuentran en el agua; esta resina se regenera periódicamente con retrolavados de sal industrial.

El agua ablandada es usada en el lavado de envases de plástico y vidrio, y en los calderos para la obtención de vapor de agua, esto evita incrustaciones en las tuberías de las máquinas.

Procesamiento del jarabe: Es la operación más importante. El fin fundamental es el de elaborar el jarabe terminado en diferentes sabores según los estándares de calidad y sanidad especificados ya que representa el principal insumo para la preparación de la bebida.

La mezcla completa de todos los ingrediente que se requieren para hacer la bebida gaseosa, con excepción del agua carbónica se conoce con el nombre de jarabe. La solución de azúcar en agua es el jarabe simple, y si a éste se añade algún ácido se denomina jarabe simple acidificado. Dado su uso el jarabe terminado representa el factor más costoso del proceso productivo; así sus rendimientos deben ser vigilados muy cuidadosamente ya que inciden directa y gravemente en los costos de fabricación del producto.

En una embotelladora se destina una sala separada a la mezcla del jarabe. Está provista de tanques mezcladores y de almacenamiento, y generalmente está situada en el segundo piso a efecto de que el jarabe pueda correr por su propio peso a la embotelladora. El agente edulcorante usual es el azúcar de caña. Para preparar el jarabe se pone la cantidad necesaria de agua, previamente tratada, en un tanque mezclador provisto de agitador mecánico; agitando sin cesar, se añade poco a poco la cantidad necesaria de azúcar. Luego que se disuelve el azúcar se agregan el saborizante, color, ácido y preservativo. Después de mezclar muy bien todos los ingredientes, se pasa el jarabe por un colador fino de alambre mólnel o de acero inoxidable. Si el jarabe debe contener pulpa de frutas, se cuele antes de añadirle la pulpa.

Dióxido de Carbono y carbonatación: La carbonatación se mide en volúmenes. A 60°F, el agua disuelve un volumen igual de dióxido de carbono medido a la presión atmosférica. Esto se denomina un volumen. La solubilidad está en razón directa de la presión, pero reduce según aumenta la temperatura. El gas carbónico para bebidas gaseosas debe ser lo más puro posible y enteramente inodoro.

Lavado de botellas: El lavado y esterilización de las botellas se efectúa con una solución alcalina caliente y después se enjuagan con agua blanda clorada. La solución alcalina se compone de sosa cáustica, carbonato sódico, fosfato trisódico y metasilicato sódico. La sosa cáustica es el principal ingrediente porque tiene mayor virtud germicida, y de ahí que la duración a la temperatura de la esterilización de las botellas dependen casi exclusivamente del contenido de sosa cáustica. Los demás álcalis aumentan un tanto la potencia germicida de la solución de sosa cáustica. Los elementos que modifican la eficiencia germicida son: la concentración cáustica, la duración del remojo y la temperatura. El lavado de botellas puede ser de dos clases: por sumersión y de chorro.

Embotellamiento: El término embotellamiento en la industria de bebidas gaseosas incluye no sólo el llenado y taponamiento de las botellas, sino también la medición de cantidades exactas de jarabe y agua gaseosas que se introducen en las botellas, así como la mezcladura después del taponamiento. Las máquinas llenadoras son de dos clases: de presión fuerte y de poca presión

Control de calidad del proceso: Durante todo el proceso de embotellado, debe llevarse diversos controles de calidad; que permitan conocer, desde la calidad del lavado del envase hasta la apariencia y conservación del producto final. En el proceso de embotellado de bebidas gaseosas, existen diversos controles de calidad, rendimientos y capacidad del proceso; de esta manera, se identifican las causas de los efectos negativos ocurridos en un periodo determinado; durante el proceso productivo.

Por esto el control de mermas de producción en forma específica y minuciosa se hace indispensable; puesto que, permite tomar las acciones correctivas en el momento indicado si fuere necesario, para lograr resultados que no excedan los establecidos para cada producto o proceso. Este control revela las fallas y los motivos.

Pruebas del producto

- **Concentración de Azúcar (grados brix).-** En esta prueba se mide la concentración del azúcar en el jarabe. Su determinación debe ser precisa, para cumplir con las especificaciones. Para esto, las mediciones se realizan tomando, al azar, botellas envasadas cada cierto tiempo, en este caso son cada 30 minutos: se hace uso de un densímetro y un termómetro Fahrenheit. Primero se elimina el gas de la muestra, agitando constantemente, y luego; el líquido, es vertido en una probeta, en la que se introduce un densímetro y un termómetro; con estas mediciones, y haciendo uso de una tabla preestablecida por medio de la densidad y la temperatura se determina los grados brix.
 - **Carbonatación.-** Consiste en determinar el contenido y concentración de gas carbónico en la bebida, que debe estar con la correcta altura de llenado. Para esta prueba se utiliza un manómetro y un termómetro, la botella se agita por 25 segundos aproximadamente, se perfora la tapa con un equipo especial y se mide hasta que la presión llegue a 0 psi., se vuelve a agitar y se toma la medición. Después se introduce el termómetro por el orificio en la tapa y se toma la temperatura. Finalmente con los valores de presión y temperatura se determina el volumen de carbonatación de la bebida.
- Los controles de brix y carbonatación, son muy importantes, por esto se debe calibrar y comprobar el buen funcionamiento de los equipos utilizados en su

medición. Otros controles realizados al producto son: Coronado o encapsulado hermético, apariencia, sabor y olor.

Pruebas del agua

- **Sabor y Olor.-** No debe tener ningún olor ni sabor; porque, origina en la bebida un sabor censurable.
- **Turbidez.-** Debe tener como máximo 5.0 NTU, ya que, origina sabor censurable y decoloración en la bebida.
- **Algas y protozoo, levadura y mohos.-** No debe tener ninguno; ya que, origina además de sabor censurable en la bebida, sedimento y deterioro.
- **Alcalinidad.-** Máximo 50 P.P.M.; porque, neutraliza el ácido de la bebida.
- **Dureza total.-** Verifica el control del buen trabajo de los ablandadores parámetro < 20 ppm de CaCO₃.

CAPITULO II

2. Descripción general del proceso de lavado de botellas.

2.1. Lavado de botellas.

El lavado de la botella constituye al interior de la operación general de la planta procesadora, uno de los principales procesos. De la práctica, de un correcto lavado dependerá la calidad final del producto en lo que tiene que ver con:

- Aspecto externo.
- Posible composición biológica.
- Contaminación química.
- Sólidos al interior de las botellas.

En este proceso se llevan registros de temperatura, porcentaje de alcalinidad en las lavadoras y aditivos, tiempo de contacto, pruebas de residuo cáustico, mohos vistos al azul de metileno, eficiencia de la lavadora y pantallas de inspección de envase vacío.

Factores que determinan un buen lavado de las botellas.

- Suministro de soda.
- Suministro de Aditivo.
- Presión de enjuagues.

2.2. Descripción general del lavado de botellas

La primera fase del lavado es el pre-enjuague, en donde se trata de eliminar el material sólido que traiga la botella tal como polvo, pitillos, suciedad exterior, con el objeto de que no se ensucie demasiado la solución de soda cáustica en el primer tanque de lavado cáustico; los tanques son compartimientos individuales y separados por un espacio libre. Cada tanque posee controles individuales de temperatura (por medio de una válvula reguladora de la presión del vapor de agua que alimenta la lavadora).

Al interior del primer tanque, las botellas están llenas de soda cáustica, estas se desocupan progresivamente a medida que se aproximan al chisquete de soda caustica para remover a presión cualquier partícula extraña que se hubiere adherido al envase, luego las botellas se sumergen al segundo tanque con una concentración de soda mucho mayor que el primer tanque. Después las botellas continúan a los enjuagues de lavado exterior e interior. El calentamiento de las soluciones cáusticas en cada tanque se lleva a cabo por medio de intercambiadores de calor (serpentines), al interior de los cuales se condensa el vapor cediendo de esta manera su calor (principalmente su calor

latente). Este procedimiento es el mismo en la mayoría de plantas, sin embargo cabe resaltar, que difieren en el número de tanques y enjuagues finales, según el modelo de la máquina.

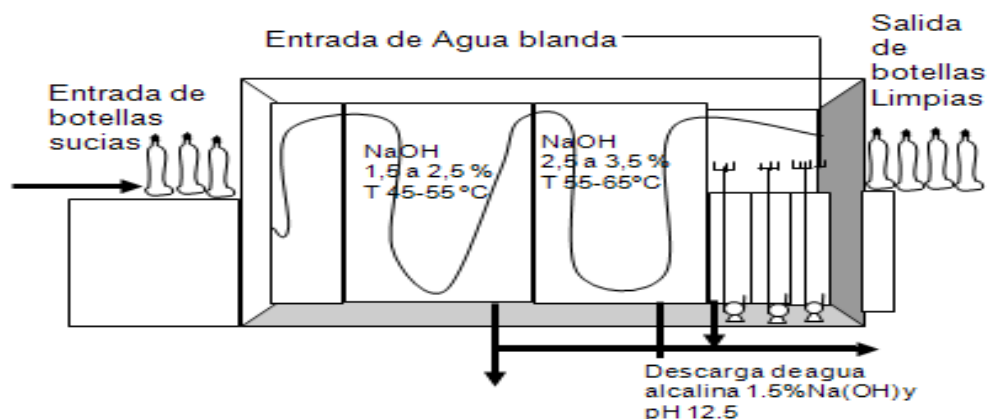


Diagrama 2.2.a Diagrama de una lavadora de botellas

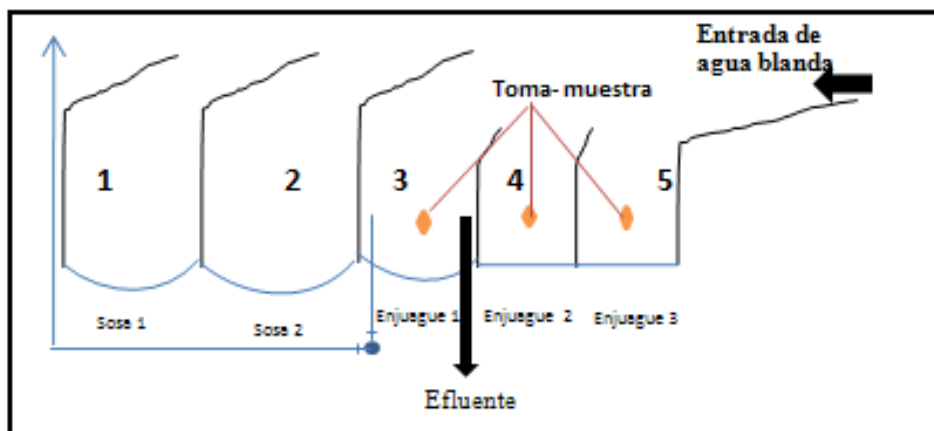


Diagrama 2.2.b Diagrama simplificado de la estructura de la lavadora de botellas lavadora.

2.3. Factores que determinan un buen lavado de las botellas. Los tres factores que inciden en un buen lavado de las botellas son: La temperatura dentro de los tanques, el tiempo de residencia o de contacto con la sosa caústica de las botellas en la lavadora, la concentración de la soda cáustica y de aditivo para darle mayor fuerza de remoción al lavado y brillo a las botellas.

2.4. Temperatura. La acción primordial de la temperatura en el lavado de botellas es la de aumentar el poder reaccionante de la soda con la suciedad, y en segunda instancia la esterilización de la botella. Los valores correctos de temperaturas a mantener en cada tanque dependen del número de compartimientos de la lavadora y del tiempo de retención, aunque es muy importante tener en cuenta las recomendaciones de los fabricantes de equipos.

2.5. Tiempo. El tiempo en el lavado de botellas es el factor que puede llegar a producir mayores impactos, esto debido a que un lavado de botellas excesivo, genera costos elevados en insumos y además produce enormes descargas al ambiente.

2.6. Concentración de la soda cáustica. La soda cáustica se utiliza en el lavado de botellas cuando estas presentan suciedad clasificada como grasa y aceite saponificable. Este tipo de suciedad a su vez se divide en dura (ácido esteárico, ácido grasos de los aceites vegetales), media (ceras vegetales) y blandas (cebo); igualmente aceite mineral, herrumbre y mezclas de las anteriores. Este tipo de sustancias se denomina saponificable debido a que al reaccionar con un álcali forman un jabón.

Las soluciones lavadoras de soda cáustica deben permanecer libres de fosfatos o silicatos, ya que estos pueden llegar a rayar la superficie del vidrio. Para los envases extrasucios especialmente cuando presenta residuos herrumbrosos, el lavado con soda debe hacerse en forma manual antes de que ingresen a la lavadora y para garantizar la limpieza.

Las concentraciones adecuadas de solución de soda en el lavado dependen del número de compartimientos y de la temperatura que se mantenga en cada uno de ellos, sin embargo, en la literatura existen tablas que facilitan la determinación de dicha concentración; sin embargo, cuando el envase se clasifica como extrasucio, las concentraciones se aumentan en aproximadamente 5% más de lo establecido. El movimiento de las botellas a través de los diferentes compartimientos produce un arrastre de solución cáustica del primer al segundo tanque, generando una disminución de soda cáustica en la operación. Así mismo dicha solución se ve disminuida por el volumen de agua que queda en las botellas durante el enjuague; la neutralización de la solución cáustica con algunas sustancias ácidas causa también disminución.

2.7. Suministro de soda. La soda cáustica llega a las plantas en tanqueros en estado líquido al 50% de concentración y es almacenada en un tanque de 1500 kg, desde allí es bombeada manualmente hacia los 2 tanques que se encuentra en la parte superior de la lavadora uno para cada tanque las misma que tienen una capacidad de 300kg, lo cual sirve como referencia para la recarga cuando las concentraciones de los tanques de sosa de la lavadora se encuentran por debajo del parámetro de especificación, de 1.5 al 2.5% en el primer tanque y del 2.5 al 3.5% de soda en el segundo tanque. Existen dos formas de adicionar soda en el proceso de lavado:

Cuando se inicia operación, esto es, cuando se agrega soda en los dos tanques; para esto se debe tener en cuenta las siguientes variables: El volumen de la solución en el tanque a nivel y concentración adecuados; el porcentaje de soda en la solución, el caudal de la bomba, la densidad de la solución concentrada (Kg/L), la densidad de la solución final en el tanque (Kg/L).

2.8. Enjuagues finales. El objetivo primordial de los enjuagues finales es lavar tanto la parte interior como la exterior de la botella para eliminar la solución cáustica que ha permanecido adherida, después de haber pasado por los compartimientos de soda, e impedir que queden residuos al final del proceso de lavado. En la mayoría de las maquinas lavadoras existen al menos dos tipos de enjuagues; el que se realiza con agua de la planta (agua ablandada clorada) y aquel que se realiza con agua de recirculación, que es el agua que drena del enjuague final y cae en el tanque de enjuague y es bombeada a sus respectivo chisguetes y de allí por rebose cae al tanque de lavado y es bombeada a sus respectivo chisguetes.

2.9. Control de Arrastre caustico En el control del lavado se verifica la ausencia de trazas hidróxido de sodio mediante un indicador ácido-base como la fenolftaleína, en la botella que sale de la descarga de la lavadora y si se forma color rosado existen residuos cáusticos. Esto se puede realizar en forma más eficiente si se tiene un atomizador. Las botellas ninguna debe de pintar rosado esto nos indica que algún chisguetes esta tapado en el proceso de enjuague, se debe suspender dicho proceso.

2.10. Análisis de azul de Metileno. Se debe de realizar el análisis de azul de Metileno, el cual consiste en bañar las paredes internas de cada una de las botellas que salen de los bolsillos de los canastos aleatoriamente 3 botellas por bolsillos y enjuagar la botellas con agua limpia y ver si fue removido el azul de Metileno, si hay puntos o manchas azuladas, esto nos indica que algún chisguete se encuentra taponado o la

botella entro extremadamente sucia y hay que realizar continuos análisis a las botellas que continúan descargando, para ver el comportamiento de remoción de hongos.

2.11. Control de cloro residual. La determinación de cloro residual, ya que este puede oxidar produciendo decoloración, alterar el sabor de la bebida o causar mayor corrosión que la propia soda.

CAPITULO III

3. CALIDAD DEL AGUA PARA LA LIMPIEZA DE BOTELLAS

3.1 Determinación de Turbiedad

3.1.1 Propósito Determinar la turbidez del agua.

Monitorear la capacidad de remoción de partículas del proceso de tratamiento de agua es crítico para la calidad de agua y el control de proceso. El agua tratada por debajo de 0.5 NTU (Unidades de Turbidez Nefelométrica) es un buen indicador de que los microorganismos y las partículas suspendidas han sido removidas a niveles aceptables.

3.1.2 Equipo y Reactivos

- Celdas muestra
- Turbidímetro Nefelométrico
- Estándar de Turbidez Cero
- Estándar de Calibración Primaria - Suspensión de Formazina
- Estándar de Calibración Secundaria – Suspensiones de Gel o Polímeros.

3.1.3 Técnica de análisis de turbidez del agua.

1. Observar el exceso de luz esparcida utilizando el procedimiento siguiente: Ponga el instrumento al rango de 0 - 2 NTU (Unidades de Turbidez Nefelométrica).

Insertar el estándar de turbidez cero. Registre el resultado. Repita para el rango 0 - 20 NTU y el rango 0 - 200 de NTU.

Usando el estándar de turbidez cero, el instrumento debe tener una lectura de luz esparcida de menos de 0.08 en el rango de 0 - 2 NTU; menos de 0.1 en el rango 0 - 20; y menos de 1 NTU en el rango de 0 - 200 NTU.

Si el instrumento tiene una lectura de luz esparcida mayor que lo especificado, la unidad tendrá que ser reparada.

2. Calibrar el instrumento para el rango de turbidez esperada (0 - 2 NTU, 0 - 20 NTU, o 0 - 200 NTU) utilizando el estándar de Formazina apropiado.

3. Enjuagar la celda de muestra con agua a ser probada. Tapar la celda y secar la superficie exterior de la celda con una toalla de papel

Turbidez del Agua

Si se está usando un vaso de precipitados, transferir la muestra a una celda de muestra rápidamente.

4. Suavemente invierta la muestra una vez para agitar cualquier partícula que pueda haberse asentado.
5. Colocar la muestra en el turbidímetro con la marca de dirección al frente de la celda.
6. Baje la cubierta y la turbidez se desplegará.
7. Registrar la turbidez.

3.1.4 Equipo Turbidímetro

Los turbidímetros Nefelométricos de alta calidad tienen las siguientes características:

- Una fuente de luz de filamento de tungsteno, operada en una temperatura entre 2200 ° y 3000 °Kelvin.
- Un sistema de tres detectores que monitorea luz dispersada sobre 90 grados, luz dispersada hacia delante y luz transmitida. Este sistema de 3 detectores ayuda a proveer linealidad y estabilidad y ayuda también a eliminar la interferencia de color.
- Al menos tres rangos de medida (spans) de 0 - 2, 0 - 20, y 0 - 200 NTU.
- Exactitud para el estándar conocido dentro de 2%.
- Capacidad de repetición $\pm 1.2\%$ de span.
- La luz esparcida usando un estándar de turbidez cero es menor a 0.08 en el rango de 0 - 2 NT; 0.1 en el rango de 0 – 20 NTU y 1 NTU en el rango de 0 - 200 NTU
- El tiempo de respuesta es menor a 15 segundos para alcanzar el equilibrio cuando se prueba una muestra en el rango más alto (0 - 200 NTU).
- Lectura directa de resultados.

3.1.5 Toma de muestra ó Punto de muestreo

Un punto de muestreo inmediatamente después del filtro de arena en los sistemas de tratamiento de agua convencionales, provee el primer indicador disponible de cambio en la calidad del efluente del filtro. El diseño del sistema puede complicar

o aún prohibir esta recomendación; sin embargo, un punto de muestreo apropiado es crítico para el monitoreo del sistema.

3.1.6 Preparación de Celdas de Muestreo

Limpie las celdas al final de cada día de uso lavando completamente con un cepillo suave para tubos de prueba y una solución detergente suave seguida de un enjuague con grandes cantidades de agua para remover el detergente completamente. Las celdas deben ser enjuagadas con agua destilada, la superficie externa secada con una toalla libre de pelusa e invertido para su almacenamiento.

3.1.7 Recopilando la Muestra de Agua

Comience probando la turbidez en el rango más alto (0- 200 NTU). Después de determinar la turbidez aproximada de la muestra, seleccione el rango de prueba de la turbidez más apropiada para la sensibilidad máxima.

Examine la muestra de agua en la celda antes de colocarla en el instrumento. Si se han formado burbujas dentro de la pared de la celda, golpee suavemente sus paredes o agite ligeramente para liberar las burbujas.

La turbidez es una medida de la cantidad suspendida de materia coloidal y particular en el agua. Es un factor importante en la calidad de agua ya que los microorganismos son protegidos de los efectos de la desinfección al ser envueltos o cubiertos por materia particular o coloidal y partículas no vivas.

El agua que contiene materia particular también puede causar espuma excesiva durante el llenado de bebidas carbonatadas.

El Turbidímetro Nefelométrico mide la cantidad de luz dispersada por la materia coloidal particular suspendida en el agua.

3.2 Determinación de la acidez o alcalinidad total

3.2.1 Propósito Se usan las medidas de alcalinidad en la interpretación y control del tratamiento del agua y agua residual. Ellas representan la capacidad de la solución para neutralizar un ácido y son una medida de una propiedad de agregado del agua. La alcalinidad se puede interpretar en términos de sustancias específicas sólo cuando se conoce la composición química de la muestra.

Alcance Se usan los métodos para analizar el agua en cualquier cantidad de alcalinidad por titulación de la muestra con un ácido fuerte, se puede medir la alcalinidad con una bureta, titulador o titulador digital.

3.2.2 Técnica de análisis

Determinación de la alcalinidad por titulación de las muestras de agua con una solución estándar de un ácido fuerte a un punto final determinado electrométricamente:

La alcalinidad se expresa como Alcalinidad "P" (Fenolftaleína) o "T" alcalinidad (total). Se determina por titulación con una solución estándar de ácido sulfúrico o clorhídrico a un punto final.

El volumen del ácido requerido para llevar la muestra a un nivel específico de pH refleja la alcalinidad de la muestra. La alcalinidad "P" se determina por la titulación de un pH de 8.3 y registra un hidróxido y la mitad de un carbonato presente. La alcalinidad "T" se determina por la titulación de para un pH de 4.5. La alcalinidad total incluye toda la alcalinidad del carbonato, bicarbonato e hidróxido. La alcalinidad se expresa en unidades de miligramos por litro (mg/L) de CaCO_3 (carbonato de calcio).

3.2.3 Titulación manual

La titulación manual con solución ácida estándar. Determine la Alcalinidad "P" al usar fenolftaleína como indicador de color. Si el pH está sobre 8.3, pone rosada la muestra del agua. Determine la alcalinidad total ("T") al usar metil naranja o metil púrpura como indicador de color. Si el pH está sobre 4.9, metil naranja pone amarilla la muestra del agua y el metil morado la pone verde.

Equipo y reactivos

- Cilindro graduado 100-ml
- Cacerola blanca(o frasco 250-ml Erlenmeyer)
- Removedor magnético
- Bureta (10-ml o 25-ml)
- 0.02N ácido sulfúrico (H_2SO_4).
- Fenolftaleína (o indicador"P")
- Tiosulfato de sodio (o solución"T")
- Metil morado o metal naranja (o indicador"M")

NOTA: Si sólo se mide la alcalinidad total para la muestra del agua, use pasos 1 y 2 más 7 hasta 9 a continuación.

3.2.4 Procedimiento

1. Enjuague el cilindro graduado y cacerola con la muestra del agua. Después añada 100 ml de muestra.
2. Añada dos gotas de solución "T" o el agua para neutralizar cualquier cloro presente.
3. Añada tres o cuatro gotas del indicador "P" y revuelva.
4. Si la muestra permanece sin color, la Alcalinidad "P" es cero. Pase directamente al paso 7.
5. Si aparece un color rosado, llene una bureta hasta la marca de cero con 0.02N H₂SO₄.
Úselo para titular la muestra, revuelva continuamente hasta que desaparezca el color rosado.
6. Lea y registre el volumen (ml) del ácido empleado.
7. Multiplique este volumen por 10 para obtener la alcalinidad "P" (mg/L como CaCO₃). Si la normalidad de la solución ácida estándar es diferente a 0.02, use la ecuación a continuación para calcular la alcalinidad:

Alcalinidad "P", mg CaCO₃/L = (A x N x 50,000) / (ml volumen de la muestra)

Donde:

A = ml ácido estándar usado

N = normalidad del ácido estándar

8. Añada 3 ó 4 gotas del indicador "M" (metil morado) y agite. Sin volver a llenar la bureta de la lectura "P", siga titulando con 0.02N H₂SO₄ – agite continuamente – hasta que el color cambie de verde a morado desteñido.
9. Lea la bureta y después añada unas cuantas gotas de ácido si no es claro que el color morado se desarrolle por completo. Use la primera lectura de la bureta si el color no cambia más.

NOTA: Si se usa un indicador de metil naranja, el color cambia de amarillo a naranja en el punto final.

10. Lea y registre el volumen total del ácido empleado durante las titulaciones. Multiplique este volumen total por 10 para obtener la alcalinidad M (total) (mg/l as CaCO₃). Si la normalidad de la solución ácida estándar no es 0.02 use la siguiente ecuación:

Alcalinidad Total, mg CaCO₃/L = (A x N x 50,000) / (ml volumen de la muestra)

Donde:

A = ml ácido estándar usado

N = normalidad de estándar ácido

3.3 Determinación del pH

3.3.1 Propósito: Determinación del pH para especificar el grado de acidez (o alcalinidad) al medir la actividad del ion de hidrógeno (H_3O^+). En el método electrométrico la actividad del ion de hidrógeno se mide al determinar la diferencia del potencial eléctrico entre dos electrodos (referencia y medición) con un medidor de pH que se estandariza contra las soluciones estándar de amortiguamiento.

3.3.2 Alcance describe el medidor de pH (pH metro), su calibración, medidas de pH y mantenimiento del electrodo. El método aplica al agua para beber, superficial y salina, residual doméstica e industrial y soluciones de agua. No se puede hacer una determinación correcta del pH en medios no acuosos, suspensiones, coloides o soluciones Fuertes alta en iones.

Equipo: Medidor pH:

- resolución ≤ 0.01 pH unidad
- precisión ± 0.01 pH unidad
- exactitud ± 0.02 pH unidad
- Termómetro o sensor de temperatura para compensación automática
- Electrodo pH: medición y referencia de un electrodo de combinación
- Vaso de precipitados (Beaker): vidrio/polietileno/Teflón o equivalente
- Agitador: Pastillas magnéticas o barras de cobertura de teflón o barras de agitación mecánica con cubierta de plástico inerte.
- Pañuelo suave y sin pelusa

Reactivos: Soluciones buffer para calibración con valores de pH rastreables a NIST

- Solución buffer secundaria para la verificación rastreable a NIST desde un fabricante diferente al estándar de calibración
- Agua destilada o des-ionizada.

3.3.3 Procedimiento

Dependiendo del medidor del pH y el electrodo empleado, el procedimiento puede verse ligeramente diferente. Operar los instrumentos de acuerdo con las instrucciones del fabricante. El siguiente procedimiento presenta los requisitos generales de calibración, operación y mantenimiento del electrodo.

Calibración del instrumento: Calibre el sistema instrumento/ electrodo de acuerdo con las instrucciones del fabricante usando las soluciones NIST SRM. Siga las reglas generales para el desempeño:

1. Humedezca los electrodos húmedos y prepárelos de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
2. Encienda el instrumento y deje que los componentes electrónicos se calienten y estabilicen antes de continuar.
3. Para uso general, realice una calibración de dos puntos. Si se requiere una medición sobre un rango amplio de pH, una calibración de tres puntos asegurará los resultados más confiables.
4. Use las soluciones buffer que separan el pH de las muestras y están aproximadamente a tres unidades de pH de distancia.
5. Use soluciones amortiguadoras frescas; no las rehúse después de la calibración. Deseche las soluciones usadas.
Nunca vacíe una solución de nuevo en el recipiente de abastecimiento.
6. Equilibre los electrodos y amortiguadores a la misma temperatura antes de tomar las medidas del pH.
7. Fije el compensador de temperatura del instrumento a la temperatura observada.
8. Quite la cubierta de la abertura de llenado en los electrodos rellenables.
Mantenga el nivel interno de la solución de llenado sobre el nivel de la solución medida.
9. Enjuague el electrodo con agua desionizada/destilada de una botella limpia en un recipiente de desecho y seque con pequeños golpes al usar un pañuelo suave y sin pelusa cada vez que el electrodo se pase de una solución a otra.
10. Coloque la solución amortiguadora o buffer con pH bajo en un vaso de precipitados limpio al usar suficiente volumen para cubrir la parte de trabajo de los electrodos y dejar suficiente claro para la barra magnética removedora.
11. Sumerja el electrodo en la solución y revuelva suavemente el amortiguador para asegurar que la mezcla esté uniforme y espere a obtener una lectura estable (aproximadamente un minuto).
12. Siga las instrucciones del fabricante, ajuste el control de calibración hasta que el medidor de pH indique que el pH conocido del amortiguador está a la temperatura correcta. Ajuste la temperatura si el medidor no tiene una compensación automática de temperatura.
13. Calibre el instrumento al segundo (y tercer, si aplica una calibración de tres puntos) valor meta de la solución amortiguador. Repta del paso 10 al 12.
14. Verifique que la pendiente de calibración esté entre 98% y 102%.

15. Use una solución amortiguadora diferente de los amortiguadores de calibración con un valor de pH dentro de la curva de calibración para verificar la calibración. La lectura de esta solución amortiguadora debe estar dentro de 0.1 unidad del valor en la lista.

3.3.4 Análisis de la muestra

Entre mediciones, mantenga electrodos de referencia separados en una solución KCl saturada y electrodos de combinación en una mezcla 50/50 de pH 4 o pH 7 de solución amortiguadora y saturada KCl para mantener la junta humedecida y con flujo libre. O siga las instrucciones del fabricante.

1. Enjuague el electrodo con agua desionizada/destilada en un recipiente de desecho y seque con pequeños golpes con un pañuelo suave sin pelusa como se describe arriba.
2. Coloque una muestra de la solución analizada y el electrodo en un vaso de precipitados como se describe en los pasos de calibración (10 y 11).
3. Establezca equilibrio entre los electrodos y la muestra al revolver la muestra para asegurar su homogeneidad; revuelva suavemente para minimizar las arrastre de dióxido de carbono.
4. Si la temperatura de la muestra es diferente por más de 2°C de la solución amortiguadora, los valores del pH medido deberán corregirse. Algunos instrumentos están equipados con compensadores automáticos o manuales que ajustan electrónicamente las diferencias en temperatura. Consulte las instrucciones del fabricante.
5. Para las muestras de amortiguadores o las resistencia con iones altos, acondicione los electrodos después de limpiar y sumergirlos en una muestra de un (1) minuto. Seque, sumerja en una porción fresca de la muestra y lea el pH.
6. Con soluciones ligeramente amortiguadas y diluidas, equilibre los electrodos al sumergir en tres o cuatro porciones sucesivas de la muestra. Tome una muestra fresca para medir el pH.
7. Registre el valor y temperatura del pH.

3.3.5 Mantenimiento del electrodo

Siga las instrucciones del fabricante para el cuidado y mantenimiento del medidor de pH y sus electrodos.

- Almacene los electrodos en recipientes limpios llenos con una solución de almacenamiento pH. Use la solución recomendada por el fabricante o una solución neutra de KCL (3M-4M).
- Mantenga el nivel interno de la solución llenadora sobre el nivel de la solución medida. Cubra el orificio de llenado para prohibir la evaporación de la solución de referencia de llenado.
- Llene el electrodo (el siguiente tipo) con la solución llenadora correcta (como lo recomienda el fabricante – generalmente la solución KCl – 3M a saturada) para evitar que se seque por dentro.
- Si se seca por casualidad, o después del almacenamiento, remoje el electrodo por lo menos 24 horas antes de usarlo
- Si se usó el electrodo en la solución que contiene sustancias capaces de taponar la junta o de pegarse a la burbuja de vidrio, limpie el electrodo después de usarlo.
- No coloque el electrodo en soluciones que puedan disolver el vidrio, ejemplo: ácidos fluorhídricos (o solución acidificada de fluoruro, o álcali concentrado).
- No coloque el electrodo en una solución deshidratante como el etanol, ácido sulfúrico, etc.
- No almacene el electrodo en agua destilada o desionizada; esto provoca que los iones se filtren del bulbo de vidrio y le dejen con un electrodo inservible.
- Para reducir la posibilidad de error debido a la polarización, no frote ni limpie el bulbo del electrodo.

3.3.6 Limpieza de electrodos

La solución empleada para limpiar el electrodo del pH depende de la presencia de posibles contaminantes. Los electrodos intactos mecánicamente pueden mostrar una respuesta lenta debido al recubrimiento o atasco.

Use la siguiente guía para seleccionar las opciones de solución limpiadora:

- **Limpieza general:**
 - Sumerja el electrodo del pH en 0.1M HCl o 0.1M HNO₃ durante 20 minutos.
 - Lave bien en el agua.
- **Saque los depósitos difíciles y las bacterias:**
 - Sumerja el electrodo del pH en una dilución 1:10 de blanqueador de limpieza de hogar durante 10 minutos.

- Enjuague bien antes de usarlo.
- **Saque el aceite y grasa:**
 - Enjuague el electrodo del pH en detergente suave o alcohol metanol.
 - Lave en agua antes de usarlo.
- **Saque los depósitos de proteínas:**
 - Sumerja el electrodo del pH en una solución de 10% pepsina ajustada al pH 1 a 2 con 0.1M HCl durante 5 minutos.
 - Enjuague bien con agua.
- **Saque los depósitos inorgánicos:**
 - Sumerja en una solución de tetrasodio EDTA 0.1M durante 15 minutos.
 - Enjuague bien con agua.

Después de los procedimientos de limpieza, una buena práctica es enjuagar bien el electrodo del pH con agua des-ionizada, drene y vuelva a llenar la cámara de electrodos de ser necesario y sumerja el electrodo en la solución llenadora durante 1 hora.

3.3.7 Prueba de electrodos

La prueba del electrodo se debe realizar al usar una prueba convencional como se describe a continuación:

- Para probar el punto isopotencial y pendiente, cambia el medidor de pH para mostrar los resultados en mV, no como unidades de pH..
- Enjuague el electrodo con agua des-ionizada, seque el extremo del electrodo para eliminar cualquier gota y colóquelo en una solución amortiguadora de pH = 7. Mida y registre la temperatura de la solución amortiguadora.
- Lea el valor del voltaje en mV en el medidor de pH y registre el resultado.
- Saque el electrodo de la solución amortiguadora, enjuague, seque el extremo del electrodo para eliminar cualquier gota y colóquelo en una segunda solución amortiguadora, ejemplo, pH = 4.
- Lea el valor del voltaje y registre el resultado.
- Calcule la pendiente de la medida como

$$\Delta U^* / \Delta pH^* = (\text{mV lectura de la segunda solución amortiguadora} - \text{mV lectura de la primera solución amortiguadora}) / (\text{pH de la primera solución amortiguadora de la tabla en la temperatura medida} - \text{pH de la segunda solución amortiguadora de la tabla en la temperatura medida}).$$
 * valor absoluto
- Calcule la pendiente relativa al dividir la diferencia del voltaje medido entre la diferencia del voltaje teórico a la temperatura medida.

- ❖ El valor de la pendiente relativa debe estar entre 0.96 y 1.02, de otra manera no podrá usarse el electrodo para la determinación del pH si un proveedor no especifica los límites diferentes para un electrodo en particular en la certificación del mismo.

3.4 Determinación de la dureza total y de calcio

3.4.1 Propósito Calcular las dosis químicas y para determinar la dureza del agua. Si se usa un equipo suavizador de agua analice diariamente.

3.4.2 Equipo: Cilindro graduado de 100 ml, Clase A

- Cacerola blanca
- Barra agitadora
- Cucharón de latón (Betz)
- Bureta (10 ml o 25 ml).

3.4.3 Reactivos

Dureza total de agua:

- Solución de titulación de dureza Agua destilada Buffer de dureza (solución o polvo) Indicador de dureza total (solución o polvo)

Dureza de agua de calcio

- Solución de titulación de dureza
- Agua destilada
- Hidróxido de sodio (NaOH) 1N
- Indicador de dureza de calcio (polvo o solución).

3.4.4 Técnica de Análisis

1. Enjuagar el equipo de prueba con agua destilada
2. Agregar 50 ml de la muestra a una cacerola blanca, luego agregar una cuchara de latón (0.5 ml) del buffer de dureza y agitar.
3. Agregar un cucharón de latón (3-4 gotas) del indicador de dureza total y mezclar hasta disolver.
4. Si la solución es azul, la dureza total será cero.
5. Si la solución es roja, titular lentamente con una solución tituladora de dureza – mientras mezcla continuamente hasta que alcance un punto terminal.

NOTA: Si el punto terminal no es claro, repetir la prueba utilizando 10 ml de la muestra diluida a 50 ml con agua destilada. La dilución reduce el efecto de las sustancias extrañas y del agua muy dura.

6. Multiplicar el volumen (ml de la solución tituladora de dureza que utiliza por 20 para obtener la dureza total (mg/l as CaCO_3).

NOTA: Si utiliza una muestra diluida de 10ml para 50 ml, multiplicar la lectura de la bureta por 100 para obtener la dureza de calcio de la muestra.

7. Estimar la alcalinidad de sodio (como CaCO_3) del agua substrayendo la dureza total de la alcalinidad total ("M"). Si el resultado es negativo, la alcalinidad del sodio es cero.

Dureza de calcio

1. Enjuagar el equipo de prueba con agua destilada
2. Agregar 50 ml de la muestra a la cacerola blanca, luego agregar dos ml de NaOH 1N y agitar.
3. Agregar una cucharada de latón (3-4 gotas) del indicador de calcio y agitar hasta disolver.
4. Si la solución es púrpura, ningún calcio estará presente.
5. Si la solución es ligeramente rosa, titular con la solución tituladora de dureza mientras agita continuamente, hasta alcanzar el punto terminal púrpura.

NOTA: Si el punto terminal no es claro, repetir la prueba utilizando 10 ml de la muestra diluida a 50 ml con agua destilada. La dilución reduce el efecto de sustancias de interferencia y de agua muy dura.

Dureza del Agua (total y de calcio)

6. Multiplicar el volumen (ml) de la solución tituladora de dureza que utiliza por 20 para obtener la dureza de calcio (mg/l como CaCO_3).

NOTA: Si utiliza una muestra diluida de 10ml para 50 ml, multiplicar la lectura de la bureta por 100 para obtener la dureza de calcio de la muestra.

7. Estimar la dureza de magnesio (como CaCO_3) del agua, substrayendo la dureza de calcio de los resultados de dureza total.

3.5 Determinación de Cloro residual

3.5.1 Objetivo:

Cuantificar los residuos de cloro en una muestra de agua

3.5.2 Equipo

- **Método Hach** Equipo de muestra para cloro modelo CN-80 Disco de color para cloro.
- Botella de mezclado cuadrada
- Tubo de observación de color, de fondo plano tapas para observar los tubos, adaptador de visión longitudinal Insertos de visión para tubo.

3.5.3 Reactivos

- **Método Hach** Almohadillas con polvo reactivo DPD para cloro libre (Cat. No. 14070-99) Almohadillas con reactivo DPD de cloro total (Cat. No. 14064-99)

3.5.4 Técnica de Análisis.

1. Enjuague la botella cuadrada dos veces con la muestra de agua. Agregue la muestra de agua a la marca de los 25-ml.
2. Agregue el contenido de una almohadilla con polvo reactivo DPD para cloro libre a la muestra. Agite suavemente para mezclar.

NOTA: Complete la prueba en **un minuto** después de haber agregado el polvo DPD. El polvo no se tiene que disolver completamente para obtener resultados exactos.

3. Llene un tubo de observación de fondo plano con la muestra de prueba, a la marca de los 5-ml.
4. Llene un segundo tubo de observación de fondo plano con una muestra de agua no tratada a la marca de los 5-ml, para uso como blanco.
5. Si el adaptador de visión longitudinal se encuentra en el comparador, retírelo.
6. Coloque los tubos en el comparador, con la muestra de prueba en el compartimiento a su mano derecha.
7. Sujete el comparador hacia la luz y rote el disco para obtener un color que empalme en las dos ventanas centrales.
8. Realice la lectura de concentración de cloro **libre** (mg/l) tomando la escala **más baja** que aparece en la tercera ventana. Si usted diluyó la muestra, calcule la concentración de cloro libre de la muestra sin diluir, de la siguiente manera:

Cloro libre (mg/l) = Escala de lectura x Factor de disolución

Ejemplo: Usted diluyó una parte de agua de muestra en dos partes de agua libre de cloro, y lee 2.0 en la escala, por lo que el cloro libre es $(\text{mg/l}) = 2.0 \times (3/1) = 6$

NOTA: Si la lectura es menor a 0.6 mg/l,

1. Siga los pasos 1-3 que aparecen arriba, y llene cada tubo de visión de fondo plano a una pulgada de la parte superior, para la muestra de prueba y para el blanco.
2. Coloque el adaptador de visión longitudinal con la muestra de prueba en el compartimiento de mano derecha del comparador.
3. Realice la lectura longitudinal de la muestra usando la escala más baja.
4. Divida esta lectura entre cinco, para obtener la concentración de cloro libre (mg/l).

3.5.5 Cloro Total

1. Enjuague la botella de mezclado cuadrada dos veces con la muestra. Agregue la muestra hasta la marca de los 25-ml.
2. Agregue el contenido de una almohadilla con polvo reactivo DPD de cloro total a la muestra. Agite suavemente para mezclar y deje reposar durante tres minutos.

NOTA: El polvo no se tiene que disolver completamente para obtener resultados exactos.

3. Llene un tubo de observación de fondo plano con la muestra de prueba, a la marca de los 5-ml.
4. Llene un segundo tubo de observación de fondo plano con una muestra de agua no tratada a la marca de los 5-ml, para uso como blanco.
5. Si el adaptador de visión longitudinal se encuentra en el comparador, retírelo.
6. Coloque los tubos en el comparador, con la muestra de prueba en el compartimiento a su mano derecha.
7. Sujete el comparador hacia la luz y rote el disco para obtener un color que empalme en las dos ventanas centrales.
8. Realice la lectura de concentración de cloro **total** (mg/l) tomando la escala **más baja** que aparece en la tercera ventana. Si usted diluyó la muestra, calcule la concentración de cloro total de la muestra sin diluir, de la siguiente manera:

Total de cloro (mg/l) = Escala de lectura x Factor de disolución

Ejemplo: Usted diluyó una parte del agua de muestra en dos partes de agua libre de cloro, y lee 2.0 en la escala, por lo que el cloro libre (mg/l) = $2.0 \times (3/1) = 6$

3.5.6 Cloro combinado

Determine el cloro **libre** de la muestra y las concentraciones **totales** de cloro (ver arriba).

Posteriormente determine el cloro combinado como sigue:

Cloro combinado (mg/l) = Cloro Total(mg/l) - Cloro Libre (mg/l)

CAPITULO IV

4. REINGENIERÍA DE LA PLANTA DE LAVADO DE BOTELLAS EN UNA EMBOTELLADORA

4.1. Planos del proceso

4.1.1. En el Anexo 4.1.1 se encuentra el plano general de proceso para la elaboración de bebidas gaseosas.

4.1.2 En el Anexo 4.1.2 se encuentra el plano general con el diseño del proyecto propuesto, la misma que cuenta una planta de tratamiento de aguas alcalina (recuperada), en donde se obtiene la neutralización de esta agua con Acido Sulfúrico al 85%

4.2. Diagrama de flujo de proyecto de agua recuperada para la reutilización en el enjuague de botellas y en el anexo 4.2 el diagrama de proceso del proyecto, sistema recuperación y neutralización de agua recuperada de lavadoras.

RECUPERACION DE AGUA DE LAVADORA

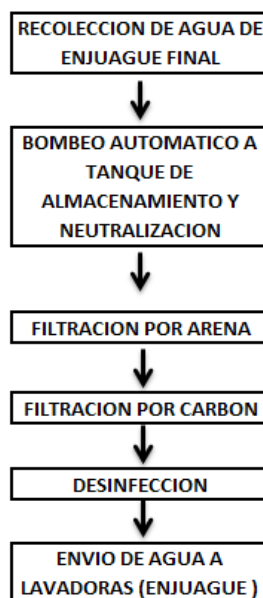


Diagrama 4.2 Diagrama de flujo de proceso de neutralización de agua alcalina.

4.3. Almacenamiento Y Neutralización

En el Anexo 4.3 se encuentra el diagrama de proceso de almacenamiento y neutralización de el agua alcalina 1.5% y con pH 12.5

4.4. Filtración

En el anexo 4.4 se encuentran los Diagrama de proceso de filtros de arena y grava como los de carbón, para la retención de STS, hierro y olores que pueda tener el agua recuperada.

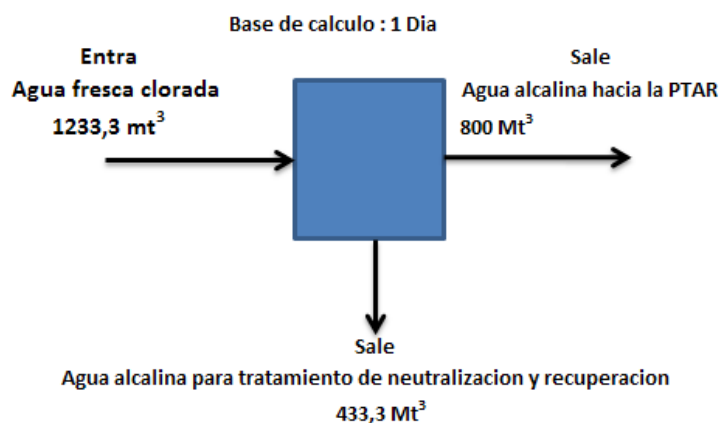
4.5 Desinfección

El cloro libre es el desinfectante principal para la El lavado de envase, ya que posee ventajas significativas sobre otros desinfectantes.

Propósito Describir la desinfección por cloro, que es la manera principal en que controlamos los microorganismos en el agua de la fuente para el lavado de envases. La desinfección viene después de una filtración por filtro de arena y carbón.

Anexo 4.5 diagrama de proceso de desinfección, por cloración hasta obtener una agua clorada de 1.5 ppm cloro.

4.6 Balance de materia



4.6 Diagrama de balance de materia

4.7 Balance de materiales con recirculación de agua de proceso

De los cálculos del balance de materiales se tiene que los valores medios para el porcentaje de soda son del orden de 2.0% para el estanque 1 y de 3.0% para el estanque 2, con una desviación estándar de ± 0.5 respectivamente.

Como se esperaba la mayor parte de los residuos son generados por la planta de lavado de botellas produciendo alrededor del 59% del caudal hora producido. El estudio del proceso permitió predecir el comportamiento de los factores contaminantes, (para este caso la variación de las concentraciones de soda cáustica) y establecer un tratamiento de acuerdo a las características del Residual líquido.

Para ello se determinó y evaluó las posibilidades de recircular y reutilizar la mayor cantidad del agua del proceso.

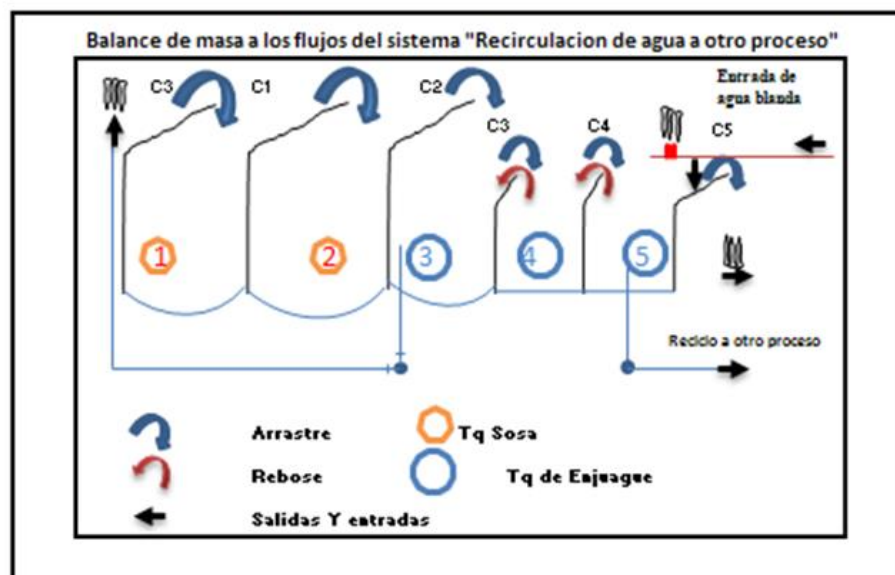


Diagrama 4.7 Esquema del balance de materiales con recirculación de agua a otro proceso.

CAPITULO V

5.1. COSTOS

Al realizar la comparación entre las diferentes alternativas de reciclar el agua, se observa que el proceso de reciclo a otro proceso, es el que resulta mas recomendable y económico. La recirculación de agua blanda permite una reducción en torno al 20.8% del consumo de agua total de la planta.

Para establecer el sistema para la evaluación de costos de cada uno de los parámetros involucrados, se procedió a la identificación de la estructura de operación desde la cisterna de agua cruda hasta el lavado propiamente tal de las botellas, de esto se generó como resultado, un diagrama de flujo que representa el objetivo antes mencionado Diagrama 5.1, Además se consideró el consumo energético (Anexo 4.6) originado para el proyecto de transporte de fluidos:

DIAGRAMA DE FLUJO DE LAVADO DE BOTELLAS

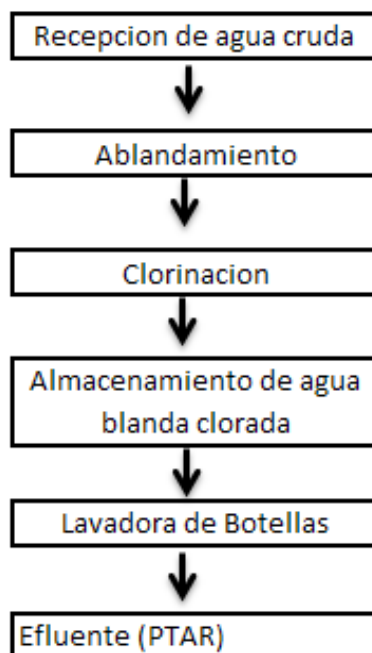


Diagrama 5.1 Diagrama de flujo de lavado de botellas

5.2. Inversión

El costo de inversión para el proyecto de recuperación y neutralización de agua de lavadora es de \$ 74100.00 como se observa en la Tabla 5.2

COSTO DE INVERSION	#	Costo/unidad	Costo total \$
Filtro de carbon	2	10500	21000
Filtro de arena	2	10500	21000
Tanque de Acero inoxidable 16 Mt ₃	2	8200	16400
Bombas de 3Hp	2	3200	6400
Bombas de 1 Hp	5	890	4450
Tanques Plastico 0,5 Mt ₃	4	300	1200
Tanques Plastico de 1 Mt ₃	1	650	650
Tuberias, y otros accesorios	1	3000	3000
			74.100,00

Tabla 5.2 Costo de inversión de planta de neutralización de agua alcalina

5.3. Costo por metro cubico de agua y Acido Sulfúrico.

El consumo de agua total planta es de 62500mt³ de promedio mensual, de las cuales el 59.2% se utiliza para el lavado de envase, se estima que en el proyecto recuperar 13000 mt³ que representa un ahorro del 20.8% del total de agua utilizada para la planta como lo indica la Tabla 5.3 obteniendo un ahorro por año de \$ 381633.00

		PONDERADO A UN MES PROMEDIO								
		Antes			Proyecto			Ahorro		
Proceso		Mt ₃	%	\$	Mt ₃	%	\$	Mt ₃	%	\$
1	Agua Tratada (jarabe-Bebida)	23000	36,8	56.092,77	23000	36,8	56.092,77			
2	Agua ablandada (lavado de botellas de vidrio)	37000	59,2	90.098,77	24000	38,4	58.296,00	13000	20,8	31.802,77
3	Consumo humano y otros servicios	2500	4,0	6.298,27	2500	4,0	6.298,27			
4	Agua recuperada	0	0	-	13000	20,8	31.802,77			
TOTAL		62500	100,0	151.812,50	49500	79,2	120.235,50	13000	20,8	31.802,77
							AHORRO POR AÑO		381.633,24	
Costo mt3 =		2,429								
Cargo fijo		225,5								
CEM (contribucion especial de mejoras)		0,27								

Tabla 5.3 Consumo de agua para diferentes procesos

El Consumo promedio mensual de H₂SO₄ de la planta para la neutralización del efluente alcalino que va hacia la PTAR es de 0.345Kg por mt³ de agua alcalina 1.5% Na(OH) y pH 12.5 .

Lo que nos indica que para la neutralización se requiere en un mes promedio de 12765 kg de H₂SO₄ a un costo de \$ 0.50 el kg nos da un total de \$ 6382.5 promedio mensual.

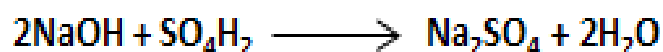
RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA DE ENJUAGUE FINAL DE LA LAVADORA ANTES Y DESPUES DEL PROYECTO

		Parametros												
		Alcalinidad								Consumo de H ₂ SO ₄ al 85%			Ahorro	Año \$
		P	M	pH	STD	DT	Turbidez	% NaOH	ml H ₂ SO ₄ /Lt de H ₂ O alcalina	Mt ³ de agua alcalina	Kg/Mt ³ de agua			
Antes	Agua blanda	0	36	6,98	274	28	2,8	0						
	Descarga	38	160	12,5	320	34	3,4	1,5	0,345	37000	12765		6382,5	
Mezcla en laboratorio	Agua a recuperar	23	136	9,76	280	29	3	0,5	0,11	13000	1430		715	
	Agua recuperada Neutralizada	0	98	6,54	245	29	1,08	0		13000				
	Efluente (PTAR)	26	146	10,84	308	32	3,2	0,8	0,18	37000	6660		3330	
										Ahorro		4675	2337,5	
												Año \$	28050,00	

Tabla 5.3.1. Análisis de laboratorio de consumo de H₂SO₄ y costo

En la Tabla 5.3.1 se puede observar la diferencia de consumos tanto el promedio actual como la del proyecto la misma que nos indica un ahorro por año de \$ 28050.00.

En el Anexo 5.3.1 Se calculo estequiometricamente para ver el consumo de H₂SO₄ y así confrontarlo con los resultados obtenidos de análisis de laboratorio.



Estequiometria 0,310ml de H₂SO₄ / Lt de Solucion alcalina

Consumo real (PTAR) 0,345 ml de H₂SO₄ / Lt de Solucion alcalina

En el Anexo 5.3.2 se calculo estequiometricamente el consumo de Lts/dia de H₂SO₄ al 85% .

5.4 ANALISIS ECONOMICO: PARA LOS TEMAS DE FABRICACION DE PRODUCTOS.

En el cuadro adjunto nos indica la diferencia de costo ponderado aun mes promedio con el costo estimado del proyecto de neutralización de agua alcalina de lavadoras.

La misma que se tendría un ahorro anual de \$ 401362.00 ya con el proyecto en marcha, cabe indicar que al optimizar el consumo de agua y acido sulfúrico los costos de producción bajan considerablemente, tanto así que el proyecto se pagaría en un periodo mensual de 2.22 meses, como se observa en la Tabla 5.4

PONDERADO A UN MES PROMEDIO					
Desglose de Egreso		COSTO			
Materia Prima	UNIDADES	\$	Antes \$	UNIDADES	PROYECTO \$
Azucar Kg	1920000	0,7	1.344.000,00	1920000	1.344.000,00
Kg de H ₂ SO ₄	12765	0,5	6.382,50	8090	4.045,00
Total de agua Mt ₃	62500	2,43	151.812,50	49500	120.687,04
Bases de concentrado (unidades)	3600	300	1.080.000,00	3600	1.080.000,00
Energia electrica Kw	1500000	0,08	120.000,00	1500201	120.016,11
Sueldos y otros			473.595,00		473.595,00
			3.175.790,00		3.142.343,15
				Ahorro/mes	33.446,85
				Año	401.362,16

	ANTES		PROYECTO		
Cajas fisicas producidas	800000		800000	Diferencia	Ganancias/ Año
Total de costo \$	3.175.790,00		3.142.343,15	\$	\$
Valor de costo por cajas fisicas \$	3,970		3,928	0,042	401.362,16
Valor de costo por botellas \$	0,1654		0,1637	0,00174	401.362,16

AHORRO MENSUAL POR PROYECTO \$	33.446,85
COSTO DE INVERSION \$	74.100,00
PERIODO (Mes) EN QUE SE PAGA EL PROYECTO	2,22

Tabla 5.4 Resumen de costo de planta y proyecto ponderado a un mes promedio

CAPITULO VI

6.1. CONCLUSIONES

1. La recirculación de agua blanda permite una reducción en torno al 20.8% del consumo de agua total de la planta.
2. Al implementar el equipo de reciclado de agua se disminuye la cantidad de químicos para tratamiento del agua en la PTAR, logrando así una disminución de costos en la compra de los mismos.
3. La recirculación produce un ahorro económico considerable a largo plazo. Y un considerable volumen que es importante desde el punto de vista ambiental.
4. La puesta en marcha de una de las opciones de reuso, maximiza la utilidad del recurso agua al menos al doble y según su uso, puede incluso ser reutilizada en otra operación que lógicamente requiera de una calidad de agua inferior.
5. En el caso de optar por un tratamiento de las aguas de reciclado, sólo se requiere de un tratamiento simple, es decir una neutralización de la soda cáustica con ácido (HCl o H₂SO₄) y una filtración (filtro de arena) para el M.P y fibras en suspensión y un proceso de desinfección, para así asegurar el proceso.
6. Se establece que la puesta en marcha de este tipo de tecnología limpia contribuye en la minimización de los recursos tanto hídrico como de materias primas.
7. Al reutilizar el agua la empresa puede lograr disminuir el riesgo de contaminación, posicionándose en el mercado como una industria que se preocupa por el entorno social y el mejoramiento del medio ambiente y sus recursos.

6.2. RECOMENDACIONES

1. Monitorear el trabajo de la planta de tratamiento para verificar si la cantidad de agua proveniente de las líneas de producción ha disminuido en un porcentaje bastante significativo. Así como reconocer las deficiencias que se pueden encontrar en el equipo de reciclado de agua.
2. Realizar los estudios pertinentes del agua de reciclado y compararlos con la calidad del agua que requiere el producto para realizar el lavado, y estudiar si influye de alguna manera en la calidad del mismo. Ya que de ser así se puede buscar un equipo adicional al propuesto en el anexo 4.2 para que pueda cumplir con los requerimientos establecidos dentro de una industria de alimentos.
3. Al poner en marcha el equipo de reciclado de agua se debe considerar el aspecto técnico-social ya que hoy en día el enfoque de toda tecnología en una planta industrial debe cumplir con dichos requisitos comprobando que el equipo no genera condiciones de contaminación.
4. Demostrar con datos estadísticos y técnicos que la tecnología aplicada es importante y su uso puede extenderse hacia otros tipos de industrias del Ecuador que desechan agua industrial, vendiendo así la idea.
5. Promover el ahorro del agua dentro de la planta de producción, involucrando a todos los operarios, supervisores, y personal administrativo con el propósito de crear una política de mejoramiento del medio ambiente, la empresa y su entorno.

6.3.ANEXOS

	Pag.
4.1.1 Plano general de proceso.....	45
4.1.2 Plano general con el diseño del proyecto.....	46
4.2. Diagrama de proceso con sistema de recuperación de agua.....	47
4.3 Diagrama de proceso de almacenamiento, neutralización.....	48
4.4 Diagrama de proceso: Filtración arena y carbón.....	49
4.5 Diagrama de desinfección de agua filtrada.....	50
4.6 Consumo de Energía planta.....	51
5.3 Estequiometria del calculo de consumo de Acido Sulfúrico.....	52
5.4 Calculo de consumo de Acido Sulfúrico al 85% / Día.....	53

6.4 Glosario

Agua de Enjuague: Agua que cumple con las regulaciones locales para agua potable y que es clorada en la planta a estándar de la compañía.

Agua de Proceso Agua tratada en la planta a través de un sistema de barrera simple y destinada a ser utilizada en productos y otros procesos de la planta.

Agua Potable Agua que es segura y apropiada para beber de acuerdo a los Estándares de Agua Potable de la regulación local. En la ausencia de estándares locales regulatorios, se aplican los Estándares de Agua Potable publicados por la Organización Mundial de la Salud.

Alcalinidad M (Total) La alcalinidad total o alcalinidad “M” es medida por un análisis volumétrico con ácido sulfúrico, utilizando violeta de metilo como indicador. El punto final es alcanzado cuando la muestra se vuelve violeta. Los resultados son en mg/L como carbonato de calcio.

Cloración Acción de agregar cloro al agua con propósitos de desinfección y para controlar componentes causantes de sabor y olor.

Cloro Gas altamente irritante de color verde-amarillento, producido principalmente por la electrólisis del cloruro de sodio. Ampliamente utilizado para purificar agua y como desinfectante.

Cloro Libre Libre de cloro (“residual”) es la cantidad que queda en el agua después de que hace reacción con todos los contaminantes químicos y microbiológicos.

Cloro Libre Residual Porción del cloro residual total disponible compuesto de gas de cloro.

Desinfección Proceso de eliminar microorganismos incluyendo todas las bacterias patógenas. Paso crítico en el proceso de barrera múltiple para el tratamiento de agua.

Filtración Proceso de separar sólidos de un líquido por medio de una sustancia porosa a través de la cual pasa el líquido.

Filtración de Carbón La Filtración de Carbón (Purificación) es una tecnología de tratamiento de agua que utiliza Carbón Granulado Activado (GAC) como medio de

filtración. Está diseñada para remover: cloro, gases como ozono y radón, y componentes orgánicos no deseados como trihalometanos, algunos pesticidas y otros contaminantes que causan olor y mal sabor.

El mecanismo principal por el cual el carbón granulado activado purifica el agua es a través de un proceso llamado adsorción, que ocurre en el nivel de estructura de poro. La eliminación del cloro es lograda por una reacción química en la superficie del carbón (quimiosorción).

Filtro Dispositivo que separa partículas sólidas suspendidas del agua pasando a ésta a través de material poroso, también llamado medio filtrante. El medio filtrante contiene muchas aberturas pequeñas (poros) que permiten el paso del agua mientras retiene los sólidos.

Moho Microorganismos unicelulares o multicelulares que forman filamentos largos y seccionados de crecimiento fungal. Estos crecen en tapetes vellosos o algodonosos y forman esporas transmitidas por aire (semilla).

Los hongos son usualmente menos resistentes al calor que las bacterias.

Partes por Millón (ppm) Medida de concentración con base en un peso o volumen. El término es equivalente a mg/L, término preferido.

Peso Molecular La suma de los pesos atómicos de los átomos que constituyen una molécula.

pH Expresión de la intensidad de la condición de base o ácido de un líquido. El pH puede variar de 0 a 14, donde el 0 es lo más ácido, el 14 es el más básico y el 7 es neutral. Las aguas naturales generalmente tienen un pH que se encuentra entre 6.5 y 8.5.

Turbidez Apariencia nebulosa del agua causada por la presencia de material coloidal suspendido. Puede ser un indicador de la calidad microbiológica del agua.

Turbidímetro Dispositivo que mide la cantidad de sólidos suspendidos en un líquido.

6.5 BIBLIOGRAFIA

- 1) Manual de Agua: Nalco Chemical Company, Filtracion, lechos multiples de filtración capitulo 9. Frank N. Kemmer-John McCallion.
- 2) Manual del Agua: Neutralizacion capitulo 3; Filtracion del agua Capitulo 9 ; tratamientos de efluentes industriales capitulo 25 .
- 3) Tesis de grado: “Estudio de Tratabilidad de Efluentes Residuales de una Industria de Bebidas Gaseosas”.
- 4) Tratamiento de Agua para la Industria y otros usos. Eskel Nordell. Compañía Editorial Continental S.A Mexico, 1969 ; Pag 23-25 y 29-33
- 5) Acondicionamiento del Agua para la Industria; Sheppard T: Powel, Editorial Limusa S.A, Mexico 1966 , pag: 25-27
- 6) Tratamiento y depuración de las aguas residuales. Metcalf-Eddy; editorial Labor S.A Barcelona- España 1907; capitulo 10: pag 428-440; capitulo 15 pag: 711-716.
- 7) Bebidas Gaseosas y Jarabes: Edmundo Rollin, Edicion 1973.
- 8) Instrumentacion y Control en el Tratamiento de Agua Potable, Industriales y de Desechos: Rusell H. Babcock. Editorial Limusa-Wile USA 1971.
- 9) Ingenieria de Aguas Residuales: Metcalf y Eddy Mc. Graw-Hill book company, New York 1972.
- 10) Ingenieria de Calidad de Agua: Eckenfelder, W.E.Jr Barnes & Noble, New York 1970.

