



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**DISEÑO DE UNA PLANTA EMBOTELLADORA  
DE REFRESCOS**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**  
**P R E S E N T A:**

**JORGE IGNACIO AMADOR LOZA**

**ASESOR: DR. RICARDO PARAMONT HERNANDEZ GARCÍA**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO.**

**2005**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **Dedicatorias:**

Les dedico este trabajo con todo mi amor y cariño a mi esposa y a mis hijos, pues son la razón de seguir adelante en cada proyecto.

Una dedicatoria muy especial a mi madre, ya que gracias a ella soy lo que soy.

A todos mis amigos de la universidad que forman parte de “LA CORPORACIÓN “, y siguen siendo un equipo muy unido.

Jorge  
Noviembre de 2005

## **Agradecimientos:**

Un profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido a la conclusión de este trabajo y muy especialmente a Ricardo, Rosy y Gil.

Un especial reconocimiento a mis profesores, que incondicionalmente me brindaron ayuda y conocimiento durante mi estancia en esta facultad.

# Índice

## **Capítulo 1. Generalidades.**

Página

1.1	Objetivos.	5
1.2	Introducción.	5
1.3	Antecedentes.	6

## **Capítulo 2. Macro procesos para el embotellado.**

2.1	Tratamiento de agua.	10
2.2	Jarabes.	20
2.3	Envases.	26
2.4	Llenado.	41
2.5	Saneamiento.	50
2.6	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).	52

## **Capítulo 3. Bases de diseño.**

3.1	Plan de negocio a 10 años.	56
3.2	Selección de equipo de producción.	59
3.3	Consumo de agua.	64
3.4	Consumo de azúcar, estimado para superficie de almacenamiento y cálculo de cantidad de tanques de jarabe terminado.	71
3.5	Área de almacenamiento.	74
3.6	Consumo de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).	77

## **Capítulo 4. Diagramas de distribución de equipos.**

4.1	Diagrama general de la planta.	80
4.2	Diagrama del tratamiento de agua.	81
4.3	Diagrama de jarabe simple.	82
4.4	Diagrama de jarabe terminado.	83
4.5	Diagrama de la línea 1 (vidrio retornable).	84
4.6	Diagrama de la línea 2 (pet retornable).	85
4.7	Diagrama de la línea 3 (pet no retornable).	86
4.8	Diagrama de la línea 4 (pet no retornable).	87

## **Capítulo 5. Diagramas de tubería e instrumentación.**

5.1	DTI del agua tratada.	89
5.2	DTI del agua suavizada (servicios).	90
5.3	DTI del jarabe simple.	91
5.4	DTI del jarabe terminado.	92
5.5	DTI de la línea 1 (vidrio retornable).	93
5.6	DTI de la línea 2 (pet retornable).	94
5.7	DTI de la línea 3 (pet no retornable).	95
5.8	DTI de la línea 4 (pet no retornable).	96

## **Capítulo 6. Conclusiones.**

Conclusiones	98
--------------	----

## **Anexos**

I. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano – límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".	100
II. Diagrama de válvula de llenado volumétrica.	110
III. Espectro de filtración.	112
IV. Formula para el cálculo de volúmenes de carbonatación.	114
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>115</b>

# Capítulo 1.

## Generalidades

# Capítulo 1. Generalidades

## 1.1. Objetivos

El alcance de este trabajo es presentar una propuesta de planta embotelladora, que cumpla con la capacidad pronosticada a 10 años, basado en casos reales en los que he participado. Se listan equipos y capacidades, diagramas y DTI's básicos necesarios para el embotellado.

Los objetivos de esta tesis son:

- 1) Presentar las bases de diseño para la construcción de una planta embotelladora de refrescos, que cubra las futuras necesidades del mercado.
- 2) Explicar los procesos básicos de una planta embotelladora de refrescos.
- 3) Presentar un documento que sirva de consulta a Ingenieros Químicos, Ing. Civiles, Ing. Mecánicos, Ing. en Alimentos, Químicos, Q.F.B. o cualquier persona interesada en conocer los equipos y la operación de los principales procesos de una planta embotelladora de refrescos.

## 1.2. Introducción.

La fabricación de bebidas gaseosas, sodas o refrescos en Estados Unidos, data de principios del siglo XIX. En México comienza la fabricación de refrescos a principios de los años 20's, en la región norte de nuestro país (Chihuahua, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila).

Hoy en día la industria de los refrescos en México y en el mundo, está liderado por una compañía estadounidense (Coca-Cola), la cual tiene más del 50% de la participación de refrescos en México, la segunda compañía (Pepsi Cola), también estadounidense, cuenta con 40% del mercado y el resto queda para las marcas mexicanas.

Actualmente sólo el productor líder de refrescos en México, reporta un consumo per cápita de más de 115 litros al año, por lo que se estima que el consumo de refrescos en México, sea de más de 200 litros al año en promedio por persona.

La industria del refresco consume alrededor del 50% del azúcar producido en México.

La empresa líder de refrescos reportó en 2003 una inversión en México de más de 600 millones de pesos, generando 88 mil empleos y apoyando a 45 mil pequeños empresarios y cuenta con 87 plantas productoras en todo el territorio mexicano.

Dos grupos embotelladores ubicados en la frontera con Estados Unidos y otro de Querétaro, exportan marcas mexicanas a Estados Unidos (Jarritos, Sangría Señorial, Refrescos Victoria, entre otras), para cubrir el creciente consumo de refrescos por inmigrantes mexicanos en territorio norteamericano.

### **1.3. Antecedentes.**

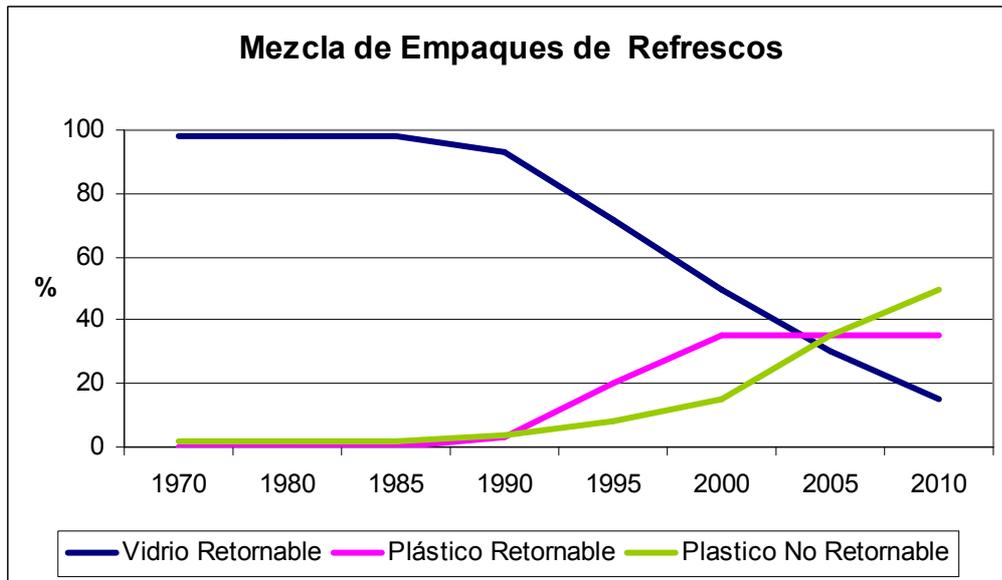
Muchas de las plantas embotelladoras del país, tienen más de 30 años de antigüedad. En ese tiempo han cambiado mucho las condiciones del mercado de refrescos, (volumen de ventas, cantidad y mezcla de empaques), así como la geografía de las poblaciones donde fueron construidas originalmente.

Hasta 1990 el mayor volumen de venta de refrescos en México estaba concentrado en envases de vidrio retornable y las plantas embotelladoras contaban con el equipo adecuado para trabajar con él.

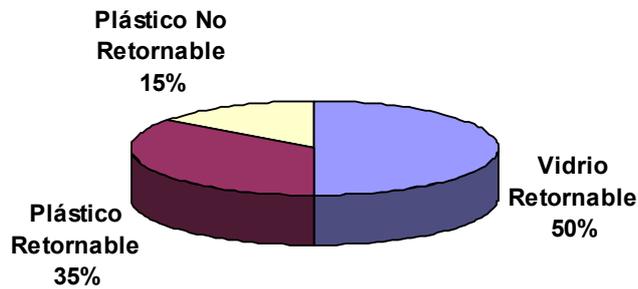
A principios de 1990, los plásticos disminuyeron de precio y en la búsqueda de bajar costos, mermas por rotura y aumentar el volumen de venta, se crea un envase de plástico retornable (Ref-Pet) el cual comienza a tener un notable crecimiento de volumen en el mercado. Sin embargo, el costo de operación no tuvo mucha diferencia contra el envase de vidrio retornable.

La opción ideal, era la del uso de un envase de plástico desechable (No Retornable), pero las líneas de embotellado existentes, no podían manejar este empaque, por lo que se debía renovar equipos. La situación económica del país (devaluación del 94), pospuso las inversiones en equipos para seguir esta dirección.

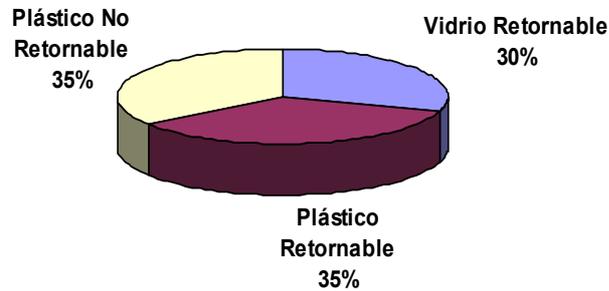
Para 1998 la situación del país se consideró lo suficientemente estable como para reactivar las inversiones en nuevas plantas y/o renovación de líneas, en busca de mejorar los márgenes de utilidad usando envases de plástico no retornable.



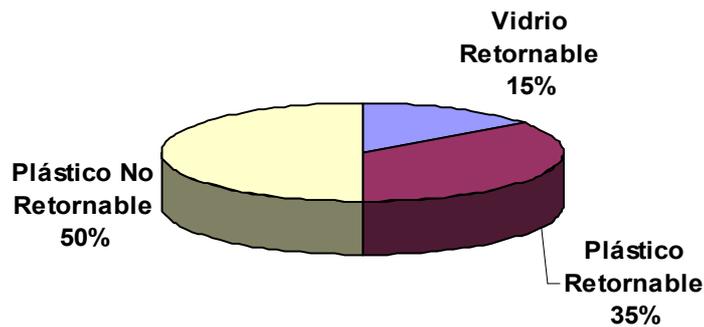
Distribución de Empaques año 2000



### Distribución de Empaques 2005



### Distribución de Empaques año 2010



Con la información hasta aquí proporcionada, se puede observar la clara tendencia al predominio del envase de plástico retornable y sobre todo no retornable, sobre el envase de vidrio. Se comprenderá entonces el porqué al pensar en nuevas plantas embotelladoras es muy importante el orientar su diseño principalmente hacia las líneas que envasan el refresco en botellas de plástico, dejando como secundario y susceptible de desaparecer en un futuro mediano, el envasado en botellas de vidrio.

Esta tendencia se refleja en la propuesta de planta embotelladora que aquí se presenta.

## Capítulo 2.

# Macro procesos para el embotellado

## Capítulo 2.- Macro procesos para el embotellado

El producto que se obtiene de una embotelladora de refrescos es un paquete y/o caja de envases limpios y sellados que contienen una bebida con sabor agradable. Esta bebida es un mezcla de edulcorantes, concentrado, CO<sub>2</sub> y agua purificada.

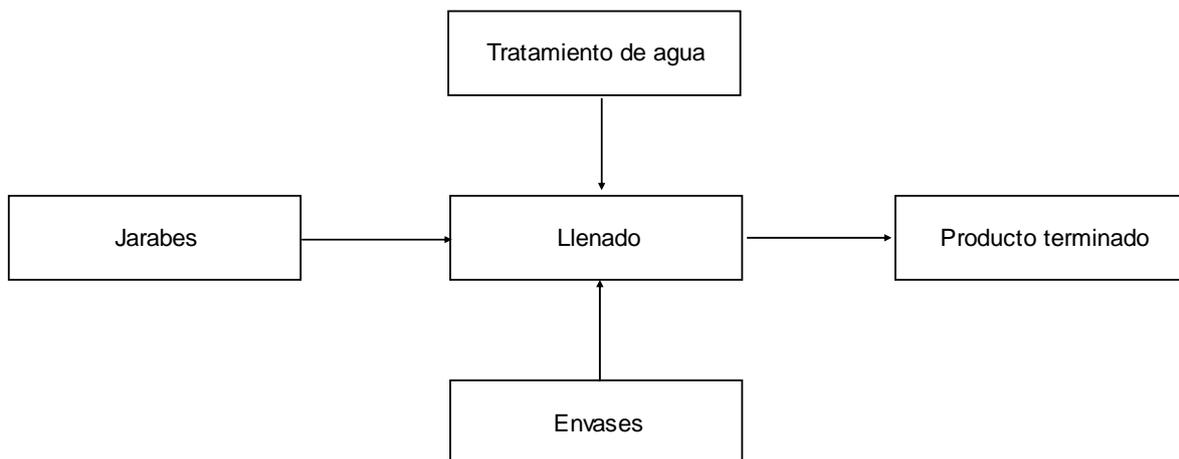


Diagrama 2.1 Macro procesos del embotellado de refrescos.

Cada una de las materias primas que han sido usadas para la elaboración de un refresco ha pasado por diversos procesos y/o controles de calidad, con el objeto de tener un producto para consumo humano y que sea consistente en sus propiedades físicas como sabor, apariencia y olor.

A continuación, se describen los macro procesos involucrados directamente en la preparación de refrescos:

- 2.1. Agua tratada
- 2.2. Jarabes
- 2.3. Envase
- 2.4. Llenado

### 2.1. Agua Tratada.

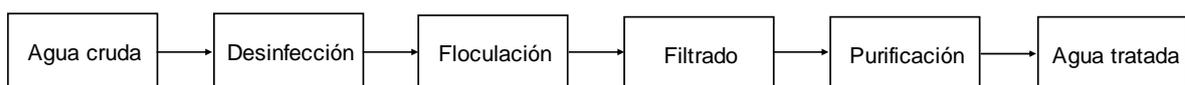


Diagrama 2.1.1 Procesos en el tratamiento de agua para embotellado.

La fuente de agua para el embotellado de refrescos puede ser de pozo profundo o de la red municipal y debe cumplir con la norma de agua potable.

A continuación se anexan las tablas 1, 2, 3 y 4 de la **MODIFICACION a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.**

La Norma Oficial Mexicana completa se puede consultar en los anexos

**TABLA 1**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>LÍMITE PERMISIBLE</b>
Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectables
Organismos coliformes fecales	Ausencia o no detectables

Los resultados de los exámenes bacteriológicos se deben reportar en unidades de NMP/100 ml (número más probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del número más probable o UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias por 100 ml), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

#### 4.2.1 Límites permisibles de características físicas y organolépticas

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Tabla 2.

**TABLA 2**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>LÍMITE PERMISIBLE</b>
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

#### 4.3 Límites permisibles de características químicas

El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 3. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

**TABLA 3**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>LÍMITE PERMISIBLE</b>
Aluminio	0.20
Arsénico	0.05
Bario	0.70
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN-)	0.07
Cloro residual libre	0.2-1.50
Cloruros (como Cl-)	250.00
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	500.00
Fenoles o compuestos fenólicos	0.3
Fierro	0.30
Fluoruros (como F-)	1.50
Hidrocarburos aromáticos en microgramos/l:	
Benceno	10,00
Etilbenceno	300,00
Tolueno	700,00
Xileno (tres isómeros)	500,00
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.00
Nitritos (como N)	1.0
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5-8.5
Plaguicidas en microgramos/l:	
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.20

DDT (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	1.0
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03
Metoxicloro	20.00
2,4 - D	30.00
Plomo	0.01
Sodio	200.00
Sólidos disueltos totales	1000.00
Sulfatos (como SO4=)	400.00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0.50
Trihalometanos totales	0.20
Yodo residual libre 0,2	0,5
Zinc	5.00

Nota 1. Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

Nota 2. El límite permisible para arsénico se ajustará anualmente, de conformidad con la siguiente tabla de cumplimiento gradual:

**TABLA DE CUMPLIMIENTO GRADUAL**

Límite permisible mg/l	Año
0,045	2001
0,040	2002
0,035	2003
0,030	2004
0,025	2005

#### 4.4 Límites permisibles de características radiactivas

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 4. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

**TABLA 4**

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE</b>
<b>Radiactividad alfa global</b>	<b>0.056</b>
<b>Radiactividad beta global</b>	<b>1.85</b>

Al agua obtenida por alguna de las dos fuentes mencionadas al principio de este capítulo, se le llama agua cruda.

Antes de ser usada como materia prima, el agua deberá pasar por diferentes etapas que garanticen las características necesarias para el embotellado. Cada paso está orientado a disminuir diferentes parámetros de minerales o contaminantes en el agua. La combinación de estos pasos se llama multi-barrera.

De la calidad del agua que exige el proceso de embotellado, uno de los parámetros más estrictos es la alcalinidad como  $(\text{CO}_3)^{2-}$ . Lo anterior es debido a que a alcalinidades normales para agua potable, la acidez del refresco se neutraliza, causa cambio en el sabor y permite el crecimiento microbiológico de levaduras.

Al producto obtenido al finalizar los pasos de purificación se le llama agua tratada.

Las características con las que debe contar el agua tratada para embotellado son las siguientes:

Turbidez	< 0.5 NTU
pH	> 4.9
Alcalinidad (M como $\text{CaCO}_3$ )	< 85 ppm
Cloro residual	0.0 ppm
Cloruros (como NaCl)	<250 ppm
Sulfatos (como ión $\text{SO}_4$ )	<250 ppm
Total de sulfatos y Cloruros combinados	<400 ppm
Sólidos totales disueltos	<500 ppm
Fierro	<0.1 ppm
Aluminio	<0.1 ppm
Color	Sin color visible
Sabor	Sin sabor detectable
Olor	Ninguno
Trihalometanos	<100 ppb (partes por billón)
Coliformes	0 UFC en 100 ml
Cuenta Total	<25 UFC en 1 ml

Los pasos usados para obtener agua tratada son los siguientes:

- a) Desinfección
- b) Floculación o filtración mejorada
- c) Filtrado
- d) Purificado

**a) Desinfección:** La desinfección se lleva a cabo con una solución de hipoclorito de sodio manteniendo una concentración de 3 a 5 ppm de cloro libre, con un tiempo de contacto de 5 minutos mínimo. La concentración de cloro residual mencionada, se debe mantener desde el almacenamiento del agua en una cisterna, hasta la purificación de la misma.

**b) Floculación:** La floculación o filtración mejorada, es uno de los pasos más importantes en el tratamiento del agua. Con la floculación se remueve físicamente materia coloidal, partículas suspendidas, virus, bacterias y protozoarios. Disuelve materiales que causan daño a la salud como algunos plaguicidas y metales, así como algunos subproductos de la desinfección.

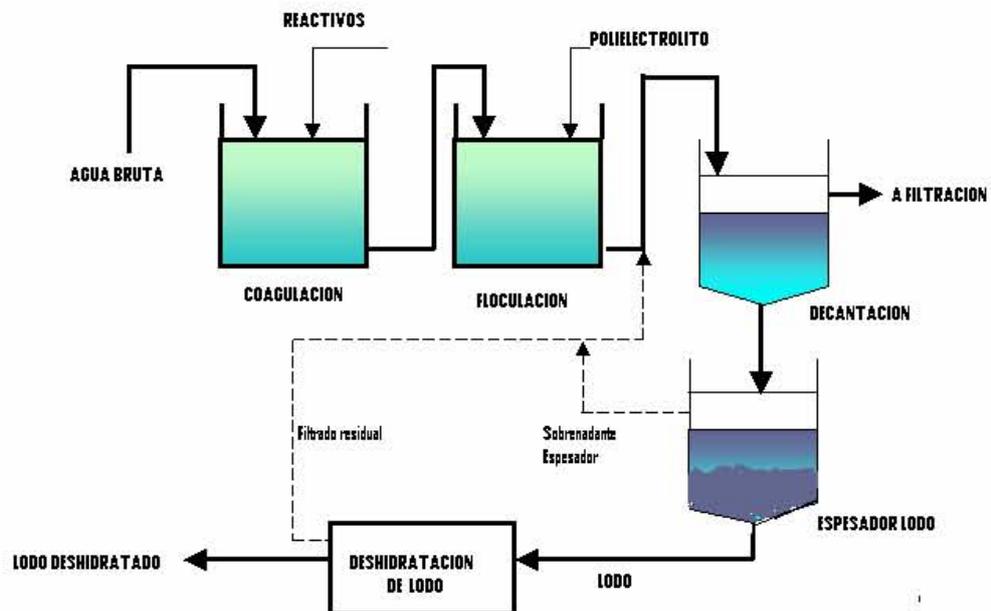
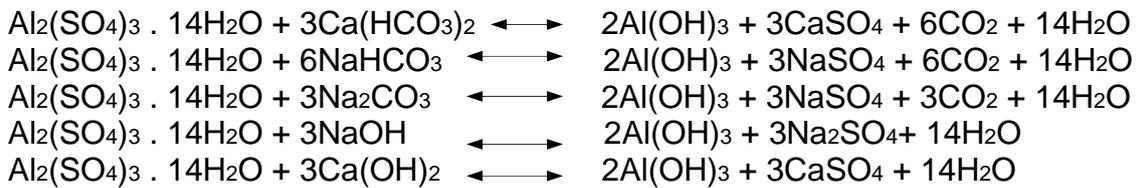


Figura 2.1.1 Floculación.

Este proceso se lleva a cabo en un tanque horizontal con un agitador vertical y diferentes secciones (ver figura 2.1.2), desde donde se dosifican soluciones de sulfato de aluminio y/o polielectrolitos, hidróxido de calcio (cal) e hipoclorito de sodio (cloro), hasta donde se obtiene el agua tratada.

Algunas de las reacciones del sulfato de aluminio con los compuestos que imparten alcalinidad al agua con son las siguientes:



El diseño de este equipo tiene dos etapas. La primera favorece la mezcla y reacción de los reactivos agregados y la segunda mantiene un flujo laminar de agua con un tiempo de residencia suficiente para permitir la formación, crecimiento, precipitación y asentamiento de los flocúlos formados con el hidróxido de aluminio. En el fondo del tanque se forma una zona de lodos, mismos que sirven para detener los coágulos pequeños y hacer más eficiente el equipo.

El agua clara, se obtiene en la parte superior del tanque y sale por unos vertederos. Estos equipos son muy efectivos pero ocupan gran espacio (15 - 25 m de diámetro y 8 - 12 m de altura).

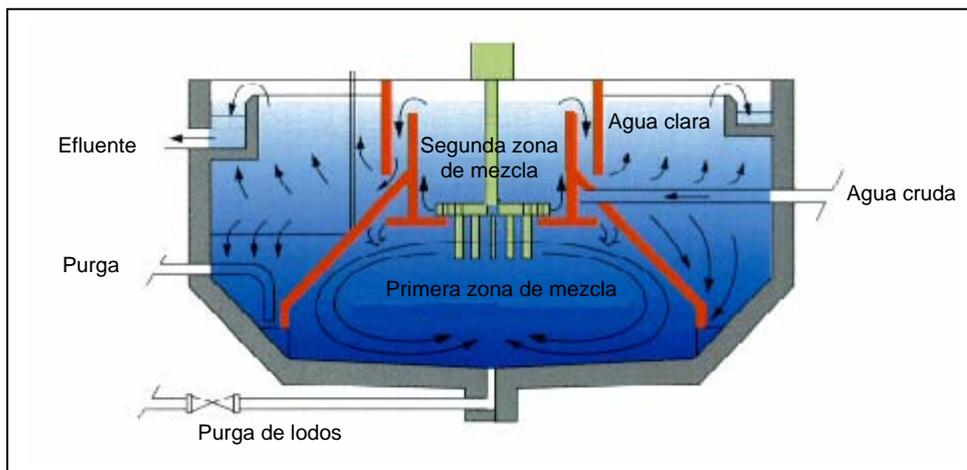


Figura 2.1.2 Tanque para coagulación / floculación.



Figura 2.1.2 Tratamiento de agua con tanque coagulador y batería de filtros.

Si el agua cruda no presenta más de 500 ppm de sólidos disueltos, la alcalinidad como  $(\text{CO}_3)^{2-}$  está debajo de 200 ppm y se cumple con los demás parámetros del agua potable, se puede instalar un sistema de floculación en línea, donde la formación de flóculos se realiza en la misma tubería cumpliendo con un tiempo de contacto suficiente para obtener las características requeridas del agua. Estos equipos ocupan mucho menos espacio, y manejan mayor flujo de agua tratada.

**c) Filtración:** La filtración se lleva a cabo pasando el flujo del agua a través de tanques de acero al carbón recubiertos interiormente con algún polímero o de acero inoxidable, que contienen en su interior un medio filtrante.

Algunos ejemplos de medios filtrantes son la antracita, arena silica y grava de río de diferentes tamices. Este equipo debe de retener los coágulos y partículas “grandes” que no quedaron asentadas en el tanque coagulador.

Este proceso equivale a un filtrado de 15 a 20 micrómetros, por lo que al pasar por este proceso, el agua no debe tener sustancias a la vista del ojo humano.

Como parte del mantenimiento de estos filtros de arena, es necesario realizar un retrolavado con cierta frecuencia. Esto es, pasar en sentido opuesto a la operación normal, gran cantidad de agua y a mayor presión de la trabajada, para lograr la expansión del medio filtrante hasta en un 30% de su altura, con lo cual se logra remover el material filtrado. Esta operación también se realiza manteniendo la entrada de hombre abierta, para permitir la salida del flujo de agua, así como observar la expansión del medio filtrante.



Figura 2.1.3 Filtros multimedia.

**d) Purificación:** La purificación se lleva a cabo al pasar el agua por un recipiente de acero inoxidable, con carbón activado, con lo cual se retira materia orgánica, sabor, olor, ozono, cloro, trihalometanos producidos por la destrucción de materia orgánica con el cloro o provenientes como subproductos en la fabricación del cloro.

El carbón activado es un producto que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito; es extremadamente poroso y puede llegar a desarrollar áreas superficiales del orden de 1,500 metros cuadrados o más, por gramo de carbón.

En seguida el agua es pasada por un filtro pulidor, normalmente de cartuchos, el cual retiene partículas de hasta 5 micras.

Es necesario mencionar que el agua que se usa para los servicios (condensadores evaporativos, caldera, limpieza general, lubricación de transportadores, enjuague de envases, etc.) provienen de la misma fuente (pozo o municipio), pero su proceso sólo requiere de desinfección y suavizado, para minimizar la incrustación en las tuberías y equipos.

A continuación se presentan las etapas que integran el macro proceso del agua para la planta.

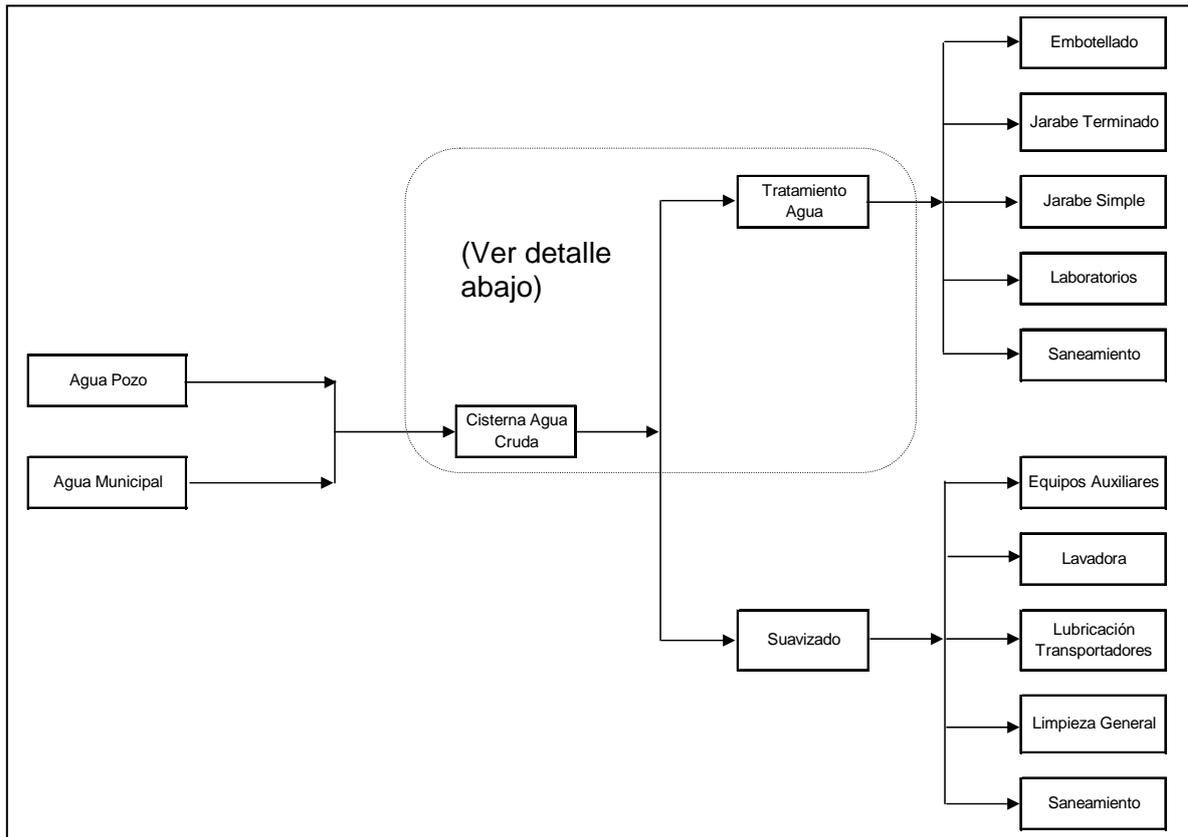


Diagrama 2.1.2 Macro proceso de tratamiento de agua.

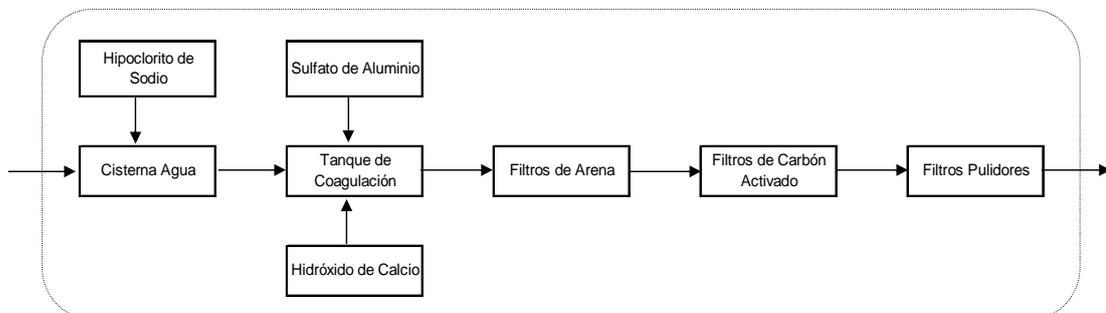


Diagrama 2.1.3 Proceso de tratamiento de agua (Tanque coagulador).

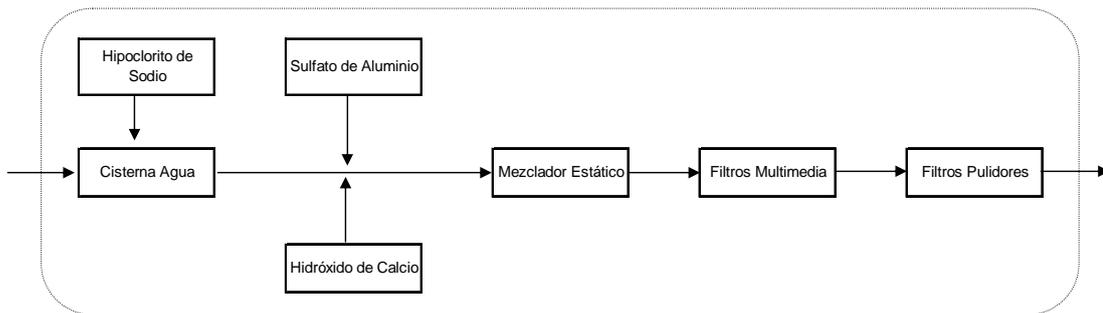


Diagrama 2.1.4 Proceso de tratamiento de agua (Floculación en línea).

## 2.2. Jarabes.



Diagrama 2.2.1 Proceso de preparación de jarabes.

El jarabe es el elemento que imparte el sabor dulce y que contiene el concentrado que le da el sabor característico del refresco a elaborar.

La materia prima usada para la preparación de los jarabes, puede ser azúcar de caña o jarabe de alta fructosa. Para la preparación de refrescos, el azúcar de caña utilizada es la de tipo refinada. El azúcar morena se usa sólo en plantas que cuenten con un tratamiento de clarificado de azúcar. El jarabe de alta fructosa proviene del almidón de maíz y por el momento no es usado en refrescos, pues causa un impuesto adicional.

Características del azúcar:

Apariencia	Cristales blancos
Sabor	Dulce y libre de sabores extraños
Olor	Libre de olores extraños
Pureza	>99.9% en peso (polarización)
Cenizas	<0.015% en peso (conductividad)
Color	<35 RBU (Unidades base de referencia)
Metales pesados	< 5 mg. / kg.
Arsénico	< 1 mg. / kg.
Inversión de azúcar	< 0.1 % en peso
Plomo	< 0.5 mg. / kg.

Bacterias mesofílicas	< 200 en 10 g.
Levaduras	< 10 en 10 g.
Hongos	< 10 en 10 g.
Humedad	< 0.06 % en peso
Dióxido de azufre	< 6 mg. / kg.
Cuaternarios de amonio	< 2 mg. / kg.
Sedimento	< 2 ppm. (Visual con disco comparador) < 7 mg. / kg. (método gravimétrico)
Turbidez	Ninguna en solución al 50% en peso.
Malla	< 7.5 % de finos pasados por malla 65 durante 30 segundos.

El azúcar de caña requiere disolverse en agua hasta obtener una solución de 60 ° brix (% peso) y ser recirculado a través de un filtro de placas horizontal o vertical, hasta obtener una turbidez menor de 5 NTU, (Unidades Nefelométricas de Turbidez). Para mejorar la eficiencia del filtrado, se construye una precapa sobre el papel filtro recirculando primero una mezcla de celulosa y tierras diatomáceas. Con esto se obtiene un incremento en el área de filtrado, refuerzo del papel filtro y por consiguiente, mejora la operación de filtrado.

En las siguientes imágenes, se muestra la operación de vaciado de azúcar a la tolva, el transportador, los tanques de disolución de jarabe simple así como el filtro de placas horizontales.



Figura 2.2.1 Vaciado de azúcar a tanques de jarabe simple.



Figura 2.2.2 Filtro de placas horizontales.

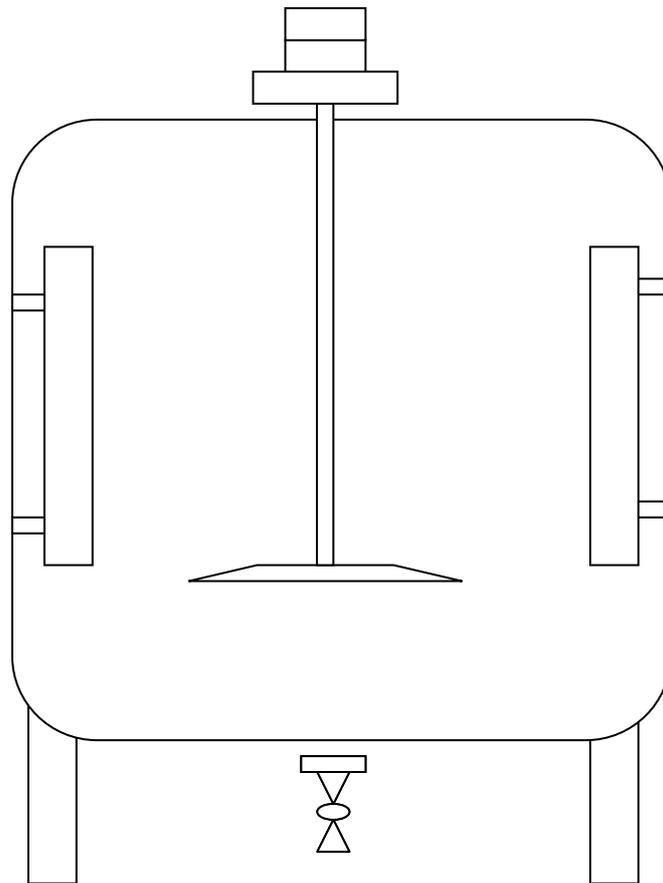


Figura 2.2.3 Esquema del interior del tanque de disolución.

Cuando se obtiene la turbidez deseada, el producto se llama jarabe simple filtrado. Este proceso se lleva entre 1 y 2 hrs. dependiendo de la cantidad de impurezas que contenga el azúcar.

El jarabe de alta fructosa (HFSS por sus siglas en inglés), se compra en forma líquida, por lo que proporciona una mayor velocidad en las preparaciones del jarabe terminado (Jarabe simple filtrado con concentrados y ajustado a una determinada concentración de azúcar).

El usar alta fructosa en lugar azúcar de caña, implica un costo de equipo y de instalación mucho mayor, (alrededor de 4 veces más que usando azúcar), además de que actualmente causa un impuesto adicional en el producto terminado. Por este motivo, actualmente está suspendido el uso de este edulcorante en los refrescos.



Figura 2.2.4 Tanques de almacenamiento de Alta Fructosa.



Figura 2.2.5 Tanque de jarabe terminado.

Una vez obtenido el jarabe simple con las características requeridas, se bombea a un tanque como el que se muestra en la figura 2.2.5, se adiciona el concentrado, se agita y se realiza un ajuste con agua hasta obtener los °brix requeridos. A este producto se le conoce como jarabe terminado.

Las presentaciones de los concentrados pueden ser de sólidos (polvos y/o cristales) y líquidos. Normalmente se cuenta con un pequeño tanque con agitación de 200 litros, donde se disuelve o diluye el concentrado y se incorpora al jarabe simple mediante una tubería conectada a las líneas de alimentación de los tanques de Jarabe Terminado.

El jarabe terminado es un jarabe concentrado (entre 50 y 60° brix) y el refresco varía entre 10 y 13° brix. Para tener esta concentración, se requiere un equipo que controle la mezcla de agua y jarabe terminado. Este tema se tratará en la sección 2.4 (llenado).

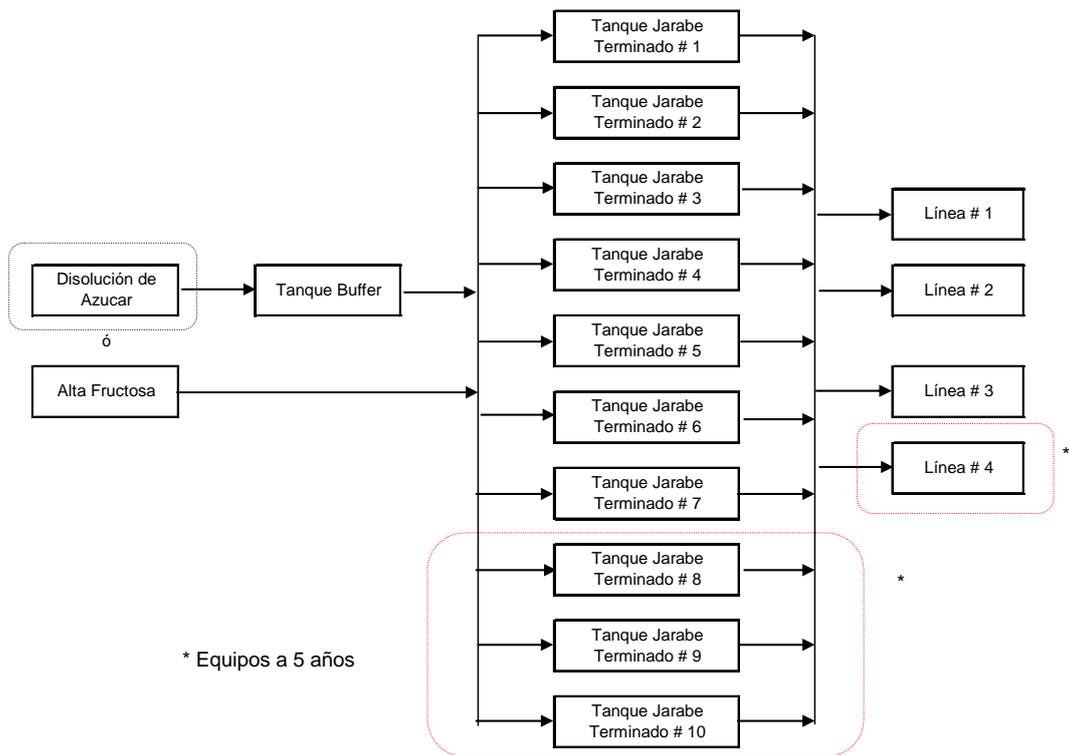


Diagrama 2.2.2 Macro proceso jarabes en planta.

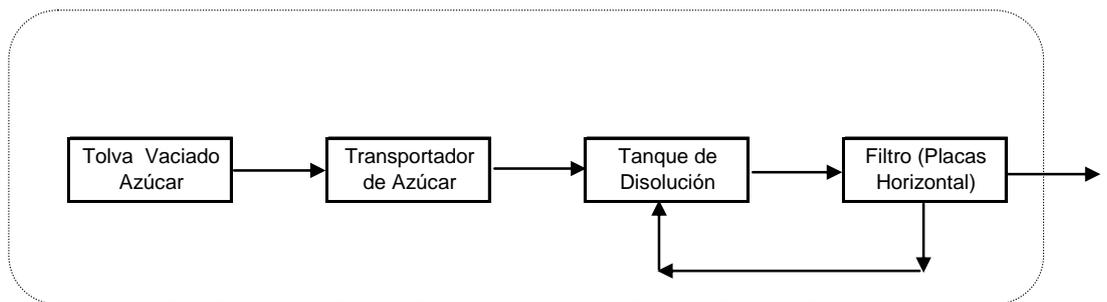


Diagrama 2.2.3 Proceso Disolución de Azúcar o Jarabe Simple.

## 2.3. Envase.

Este macro proceso tiene tres variantes en función del tipo de envase que se esté utilizando:

- a) Vidrio retornable
- b) Plástico retornable
- c) Plástico no retornable

Los tres procesos comienzan en el almacén de envase vacío, pasan por una llenadora, son inspeccionados, deben ser codificados y terminan en el almacén de lleno. Los pasos intermedios varían en función del material del envase, empaque en el que vienen (cajas o tarimas), empaque en el que son entregados al almacén de llenos (paquetes o cajas), así como si son retornables o no.

Para no redundar en los procesos que se repiten, se usará el primer empaque para explicar todo el macro proceso y en los siguientes dos empaques, se hará mención de las diferencias.

### a) Vidrio retornable.

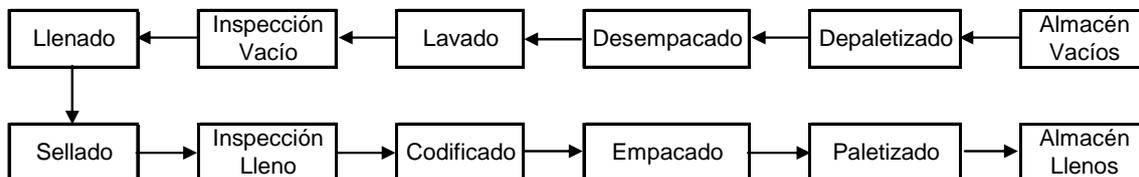


Diagrama 2.3.1 Proceso del envase de vidrio retornable.

El proceso del envase comienza en el almacén de vacíos donde fue descargado de los camiones repartidores y se encuentra en grupos de cajas sobre una base de madera llamado tarima o *pallet*.

De allí es llevado a la línea de embotellado mediante montacargas hasta el primer equipo que toma las cajas de envases del *pallet* y los alimenta a la línea de embotellado.

El siguiente equipo saca las botellas de la caja. La caja seguirá por otro transportador y pasará por un lavado integrándose posteriormente a la línea para ser usada con envase lleno de producto.

El envase es alimentado por el transportador y pasa por una inspección previa, donde se retira todo el envase que presente el siguiente tipo de características: lodo, cemento, pintura, insectos en el interior, con tapa o corona, con objetos en su interior (bolsas de plástico, popotes, etc.), envase de marca diferente a la que se está embotellando y rotos o despostillados.

Lo anterior es debido a que en el siguiente paso, los envases serán alimentados a una lavadora diseñada para lavar y esterilizar envases de uso normal.

Abajo se muestran dos fotografías de lámparas de inspección. Estos equipos cuentan con un panel con luz, un mecanismo de paro para el transportador o para detener el flujo envases y algunas instalaciones cuentan con un transportador independiente, que lleva los envases retirados fuera del salón de embotellado, donde serán clasificados para determinar su destino. (Destrucción o lavado industrial).



Figura 2.3.1 Lámpara de inspección (vista frontal).



Figura 2.3.2 Lámparas de inspección (vista lateral).

El siguiente paso es el lavado, donde el envase es alimentado a la lavadora y mediante una serie de canchales la botella será llevada a través del equipo. Existen numerosas variedades de lavadoras, pero en general, este equipo se divide en las siguientes secciones:

- I. Pre-enjuague o primeros enjuagues.
- II. Lavado / Esterilizado
- III. Primeros-enjuagues finales y atemperado
- IV. Enjuague final.

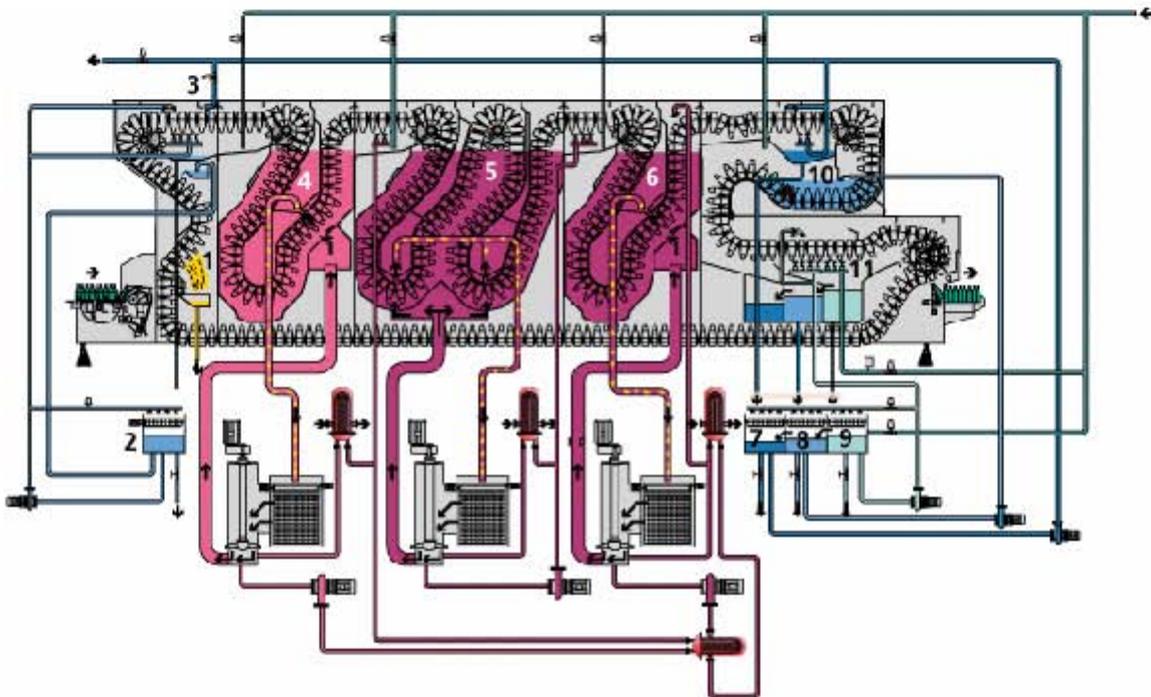


Diagrama 2.3.2 Lavadora con tres tanques de lavado.

- |                    |  |
|--------------------|--|
| 1 Vaciado residual | 7 Agua caliente 1                        |
| 2 Pre-enjuague 1   | 8 Agua caliente 2                        |
| 3 Pre-enjuague 2   | 9 Agua fría 1                            |
| 4 Sosa cáustica 1  | 10 Tanque de primer enjuague agua fría 2 |
| 5 Sosa cáustica 2  | 11 Enjuagues finales con agua fresca     |
| 6 Sosa cáustica 3  |  |

- I. El pre-enjuague está en la primera sección de la lavadora y consiste en una serie de espumas alineadas a la boca de la botella (que va de cabeza), y lanza agua a presión al interior de la misma, para limpiar de residuos de refresco u otros materiales. El agua usada viene de la sección de pre-enjuague, contiene una ligera cantidad de sosa y la temperatura del agua es de alrededor de 30°C.

II. Para el lavado y esterilizado se usa una solución de sosa cáustica (hidróxido de sodio) al 3% y 65°C. Esta operación se lleva a cabo por inmersión en un tanque de 5 a 7 minutos y rociando el interior de los envases con chorros a presión de la misma solución. La combinación de concentración de sosa, temperatura y tiempo de contacto, asegura el lavado y sobre todo la esterilización del envase. La solución cáustica por sí sola nos proporciona buenos resultados en cuanto al lavado y disolución de residuos de alimentos y emulsificación grasas, pero es muy difícil de enjuagar y opaca el vidrio. Para mejorar los puntos anteriores además del escurrimiento, prevenir la formación de espuma y evitar la formación de sarro, se adicionan compuestos llamados aditivos tales como:

1. Trifosfato sódico: Incrementa el poder germicida de la sosa, aumenta su poder de emulsificación y disminuye la formación de residuos por precipitación de cationes. Se recomienda su uso concentraciones del 3-10% de peso en base a la sosa usada. Cantidades mayores incrementan el ataque al vidrio y la formación de espuma.
2. Carbonato de sodio: El carbonato de sodio es un detergente de fuerza media que incrementa el poder germicida de la sosa. También causa espuma en cantidades excesivas. Normalmente siempre está presente en la solución detergente pues es el resultado de la reacción de la sosa con el dióxido de carbono presente en el aire. Conforme pasa el tiempo, aumenta la concentración de carbonato de sodio, mientras disminuye la concentración de sosa.
3. Gluconato de sodio: Este compuesto disminuye la precipitación de iones de calcio y magnesio en las paredes de la lavadora llevados por la espuma. Mejora el enjuague de la botella, bajando el arrastre de sosa entre tanques y el uso de agua de enjuague. Se recomienda en concentraciones de 2 a 10% en peso con base a la sosa usada.
4. Agentes tensoactivos: Compuestos como los sulfonatos de naftaleno son agentes tensoactivos aniónicos usados comúnmente en detergentes comerciales. Causan mucha espuma, por lo que deben ir acompañados de un antiespumante. Se aplican en concentraciones del 0.1 al 0.5% de peso y se recomienda usarlos en un compartimiento anterior al tanque de sosa que no tenga chorros a presión. Agentes tensoactivos no iónicos causan menos espuma.

5. Aluminato de sodio y silicato de sodio: El aluminato y silicato de sodio son usados para retardar el ataque del hidróxido de sodio al vidrio.
  6. Detergentes comerciales: Existen muchas compañías dedicadas a la fabricación de detergentes preparados de acuerdo a las necesidades de lavado de cada zona. Pueden ser en hojuelas, polvo o líquido. Se debe tener en cuenta que la concentración de sosa del detergente comercial sea de al menos 60%, pues la concentración de hidróxido de sodio en la solución de lavado debe de ser del 3%.
- III. La sección de primeros enjuagues finales tiene por objeto eliminar la sosa del envase, así como disminuir la temperatura del mismo para evitar un choque térmico que fracture el envase y por consiguiente, estalle en la llenadora. En este paso el envase también es sumergido en agua proveniente de los enjuagues finales. En este paso se debe evitar que la concentración de sosa (proveniente del envase lavado) sea mayor a 0.5 ppm y la temperatura debe tener una diferencia de menos de 22° C con respecto al la sección de lavado.
- IV. En la última sección se enjuagan los envases mediante varias hileras de chorros de agua potable fresca con 1 a 3 ppm de cloro residual. A la salida de la lavadora, se revisa la eficiencia del lavado del envase, tomando muestras y rociando con una solución de fenoftaleína el interior y exterior del envase. Si se torna rosado, existe presencia de detergente ó sosa y se deberá detener la operación y revisar y corregir la causa. Otra prueba de control es la de verter un colorante natural (azul de metileno), al interior de la botella. Posteriormente se enjuaga y se revisa la presencia de hongos en el interior del envase (teñidos de azul). De igual manera que para la prueba con fenoftaleína, si existe evidencia de hongos, se deberá revisar la operación de la inspección previa así como la operación de la lavadora.

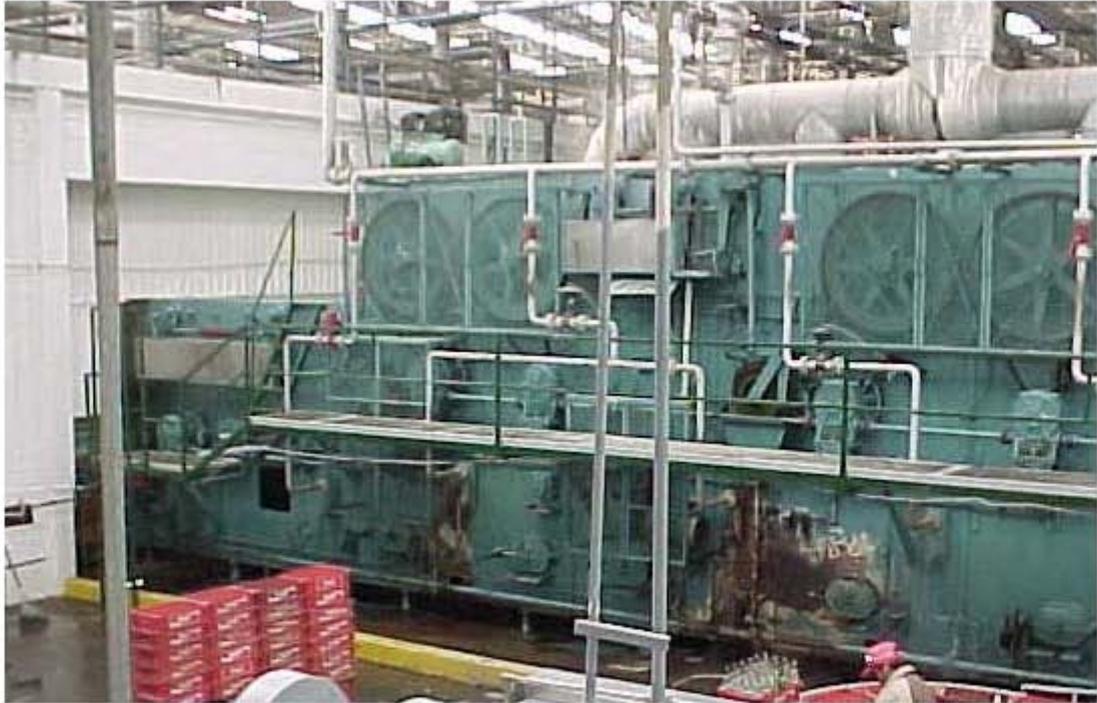


Figura 2.3.3 Vista lateral de una lavadora de envases.



Figura 2.3.4 Entrada a la lavadora de envases.



Figura 2.3.5 Lavadora con alimentación y descarga en el mismo lado.

Después de la lavadora, se tiene un equipo electrónico que mediante cámaras digitales, fotografía toda la superficie del envase, compara los tamaños de los defectos (sombras) encontrados en el envase con los programados previamente y determina si pasa o no pasa. Con un brazo neumático retira los envases que no sean viables de usar para el llenado.



Figura 2.3.6 Detalle de un inspector electrónico de envases. Cámaras para fondo y boca.



Figura 2.3.7 Detalle de un inspector electrónico de envases. Cámara para cuerpo.

En seguida el envase entra al equipo de llenado y es sellado a presión con una hermetapa. El proceso de llenado será tocado en la sección 2.4.

En la fotografía siguiente se muestra un equipo que tiene la función de detectar envases sin hermetapa y/o con baja altura de llenado. En caso de localizar alguna desviación el envase es separado a una mesa de acumulación.



Figura 2.3.8 Inspección de altura de lleno y presencia de corona

Una vez inspeccionado el envase, se imprime un código que incluye la fecha de máxima frescura, así como la hora de producción y en algunos casos, el lote al que pertenecen.

Posteriormente pasa a un equipo que coloca el envase dentro de sus cajas.



Figura 2.3.9 Cajonador de chupones.



Figura 2.3.10 Acercamiento de cajonador de chupones.

El siguiente equipo apila las cajas sobre las tarimas hasta la altura determinada previamente.



Figura 2.3.11 Formadora de tarimas.

Hecho esto, los montacargas llevan las tarimas al almacén de llenos.

b) Plástico Retornable.

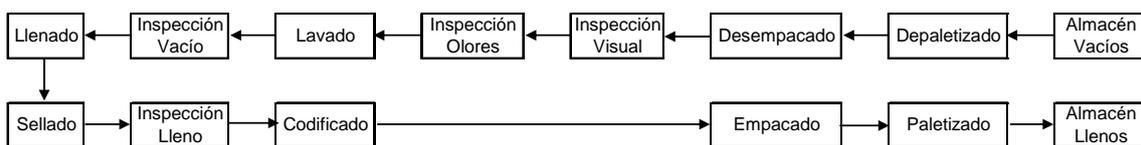


Diagrama 2.3.3 Proceso del envase de plástico retornable.

A principios de los años 90's la necesidad de ofrecer un envase con mayor capacidad de la existente, pero que fuera ligero, resistente, de menor costo que el vidrio, llevó al desarrollo del plástico retornable. Este empaque se fabricó con un plástico que resistiera el lavado y esterilizado necesarios para ser retornables.

El material seleccionado fue el PET. Al ser de plástico y volver a usarse, el envase tenía ciertos inconvenientes como el de ser menos durable que el vidrio por ser más susceptible de sufrir rayado y tendencia a deformarse con el calor.

Por las características físicas del envase de plástico, las líneas de vidrio no eran las adecuadas para trabajar con este empaque, por lo que fue necesario instalar nuevas líneas implementando algunos cambios:

1. Lubricación con agua al exterior del envase durante su transporte en la línea de embotellado.
2. Automatizar los transportadores para que paren cuando la línea se detenga.
3. Cambiar las condiciones de lavado:
  - i. Reducir la máxima temperatura de lavado a 58°C.
  - ii. Aumentar el tiempo de contacto a máximo 10 minutos.
  - iii. Disminuir la concentración de sosa a 2.8%.
4. Acondicionar las lavadoras con controles y alarmas para temperatura y tiempo de contacto con objeto de proteger el envase y garantizar el lavado, si se exceden las condiciones o se van a la baja respectivamente.
5. Contar con planta auxiliar para evitar el paro de la lavadora.
6. Colocar transportadores que retiren el envase de la línea en caso de exceder el tiempo de contacto.
7. Guías de acero inoxidable para minimizar el rayado del envase.

Por otra parte, existía la posibilidad de que el envase fuera usado por el consumidor para contener otros líquidos que no fueran refresco. Esto traía como consecuencia que el interior del envase absorbiera aromas y los impregnara al refresco cuando se rellenara.

Por lo anterior, se diseñó un equipo capaz de detectar los envases que pudieran afectar el sabor y/o olor de los productos y retirarlos de la línea para su destrucción. Por ejemplo:

Compuestos que contienen Urea.

Compuestos orgánicos volátiles producto de la descomposición.

Productos derivados del petróleo y compuestos volátiles de hidrocarburos mediante fluorescencia pulsada



Figura 2.3.12 Detector de líquido residual.

Como una medida extra de seguridad, después del equipo desempacador se colocan unas pantallas iluminadas donde las botellas pasan en fila y a velocidad lenta para que personal calificado las revise y las separe, como en la sección de vidrio retornable.

A mediados de los 90's se perfeccionaron algunos inspectores electrónicos, siendo posible la detección de perforaciones en los envases.

A excepción de lo anterior, todos los demás pasos del macro proceso de envase son similares al vidrio retornable.

#### c) Plástico No Retornable.

El uso del envase de plástico no retornable fue rentable hasta finales de la década de los 90's. Muchas compañías embotelladoras tenían en sus planes de inversión, instalar líneas de producción para plástico no retornable, pero la crisis del '94 obligó a posponer los proyectos hasta vislumbrar el rumbo que tomaba México.

Las líneas que manejan este empaque están totalmente automatizadas y las operan de 2 a 4 personas.

Como se puede observar en el diagrama 2.3.4, la mayoría de los pasos o equipos por los que debe pasar este empaque están después del llenado.

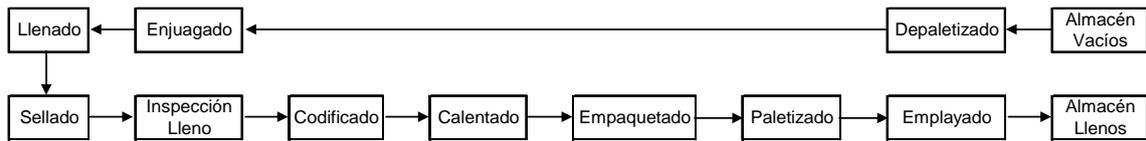


Diagrama 2.3.4 Proceso del envase de plástico no retornable

En las siguientes imágenes se puede notar lo moderno de los equipos, pues aunque este empaque no es nuevo, su volumen ha presentado un notable crecimiento en los últimos años y se espera que continúe con esta tendencia.



Figura 2.3.13 Llenadora de envases PET no retornables.

Este empaque no requiere de un lavado previo a su llenado, pues la tecnología aplicada en la fabricación del mismo, evita su contaminación y el contacto con las manos.

Antes de llenarse debe someterse a un enjuague con agua clorada (3 ppm), para retirar posibles residuos de plástico que vinieran dentro del envase.



Figura 2.3.14 Enjuagador de envases PET no retornables.

En las regiones del norte de México, donde el costo del agua es alto, se cuenta con equipos que limpian el interior del envase con aire ionizado a alta presión. Se ha demostrado que estos equipos son igual de eficientes que el agua.



Figura 2.3.15 Enjuagador de aire ionizado.

Al igual que en el vidrio retornable y el PET retornable, después del llenado, el envase pasa por una inspección para verificar su altura de llenado y que cuente con la taparosca.

Algunos proveedores de equipos ofrecen “calentadores” que son equipos que rocían agua caliente al envase lleno, para aumentar su temperatura y así minimizar la humedad en las bodegas debido a la condensación del agua del medio ambiente en la superficie del envase.

A diferencia de los dos empaques arriba mencionados que usan cajas para su transporte, el plástico no retornable tiene equipos formadores de paquetes (6x4, 4x4, 2x6, etc.) y son envueltos en plástico termoencogible. Esto trae como beneficio la disminución del costo del empaque secundario, mayor volumen de transporte y menor costo del mismo, así como la flexibilidad de manejar diferentes paquetes para conveniencia del cliente.



Figura 2.3.16 Transportador con paquetes de 6 x 4.

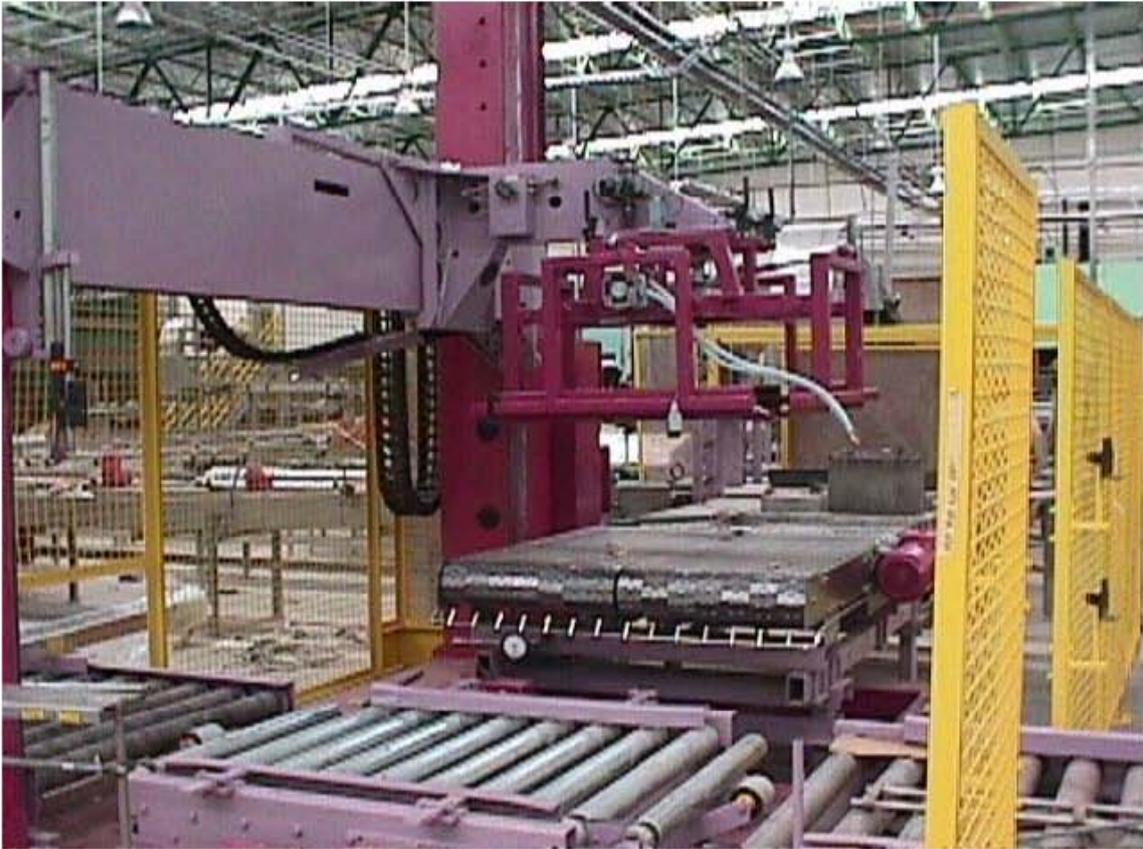


Figura 2.3.17 Formadora de tarimas (Paletizador).

## 2.4. Llenado.

El macro proceso de llenado consiste en recibir agua tratada, jarabe terminado, dióxido de carbono y envase limpio, para entregar un producto envasado con las cantidades requeridas de edulcorantes, CO<sub>2</sub>, concentrado y agua.

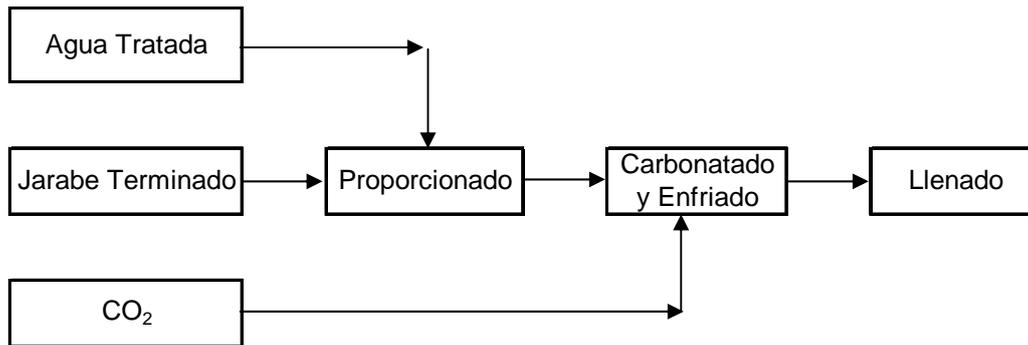


Diagrama 2.4.1 Macro proceso de llenado.

El macro proceso de llenado se lleva cabo con varios equipos:

**Proporcionador.-** Este equipo recibe el agua tratada y el jarabe terminado en pequeños tanques separados, regula la cantidad de cada corriente y la envía a otro depósito poco más grande (vaso mezclador), donde se comienza a homogenizar la mezcla. La proporción de agua y jarabe terminado, en estos equipos, se lleva a cabo controlando la altura de los niveles de cada tanque ayudados con una con placa de orificio en la descarga de agua y una válvula micrométrica en la descarga del jarabe terminado. En equipos modernos se cuenta con programas que sincronizan válvulas y bombas con medidores máxicos y proporcionan las cantidades requeridas de agua y jarabe terminado.

**Carbonatador-enfriador:** El siguiente paso es enfriar esta mezcla y ponerla en contacto con CO<sub>2</sub>, en un equipo a presión. Normalmente estos equipos enfrían el producto entre 1 y 5°C, y pueden manejar presiones desde 30 hasta 70 psig, según se requiera la cantidad de CO<sub>2</sub> disuelto el refresco.

En la figura 2.4.1, se muestra un equipo de los años 70's mostrando al frente los vasos proporcionadores con sus flotadores y abajo el vaso mezclador. Atrás se pueden ver dos tanques. Uno es para deaerear el agua antes de enviarla al vaso proporcionador, y el otro recibirá la mezcla de del vaso mezclador, la enfriará y carbonatará en un solo paso.



Figura 2.4.1 Equipo proporcionador con carbonatador-enfriador.

Existen equipos modernos donde se realiza la carbonatación a temperaturas de 12°C pero tienen sistemas de inyección de CO<sub>2</sub>, mediante micro poros, que aumentan miles de veces el área de contacto del gas con el líquido, aumentando la absorción del gas.



Figura 2.4.2 Equipo mezclador y carbonatador para temperaturas de 12°C

Llenadora.- Este equipo consta de un depósito cilíndrico como “dona” llamada tazón, donde se recibe el producto del carbonatador. En la parte de abajo, cuenta con válvulas que se abren mecánicamente al paso del envase.



Figura 2.4.3 Llenadora, coronador y manejo de botellas



Figura 2.4.4 Llenadora para vidrio retornable.

Este equipo mantienen un ambiente de  $\text{CO}_2$  a una presión ligeramente menor que la del carbonatador.

El llenado se lleva a cabo en tres etapas. La primera es presurizando el envase con el gas, hasta igualar la presión del tazón de la llenadora. La segunda etapa consiste en el llenado el refresco que fluye por gravedad. Esto se hace con el objeto de minimizar el espumeo del producto, causado por la disminución brusca de la presión, lo que trae en consecuencia bajos rendimientos en este punto.

La tercera etapa consiste en la liberación controlada de la presión de la válvula y el envase. En este punto se puede presentar un ligero espumeo del refresco.

En la figura 2.4.5, se muestra el mecanismo de alimentación y la entrada a una llenadora.



Figura 2.4.5 Detalle de la alimentación a una llenadora de plástico retornable.



Figura 2.4.6 Zona de desfogue de la llenadora y transportador de salida de producto.

Coronado o sellado.- Por último se pasa a un equipo que mecánicamente coloca la corona o hermetapa (en envase de vidrio), o taparrosca (en envase de plástico).

La siguiente foto muestra la alimentación a una llenadora para envase de vidrio con la salida al equipo coronador.



Figura 2.4.7 Llenadora y coronador para botellas de vidrio con hermetapa.



Figura 2.4.8 Llenadora para plástico no retornable con capsulador.



Figura 2.4.9 Tolva de alimentación al capsulador.



Figura 2.4.10 Vista frontal de una llenadora para plástico retornable.

Cuando se requiere operar a altas velocidades (o flujos), la preparación de jarabe terminado se convierte en el cuello de botella del proceso. Esto es debido a que el tiempo de fabricación del jarabe terminado, partiendo desde la disolución de azúcar, se lleva entre 3 y 4 horas cuando menos.

Para disminuir el tiempo en este paso, se dispone de equipos que pueden manejar de 3 a 5 corrientes distintas y mezclarlas en las cantidades adecuadas en línea, (agua tratada, jarabe simple o jarabe de fructosa y concentrados).

Estos equipos se recomiendan en líneas que manejan un solo producto en uno o dos tamaños y flujos altos (> 500 l.p.m.).

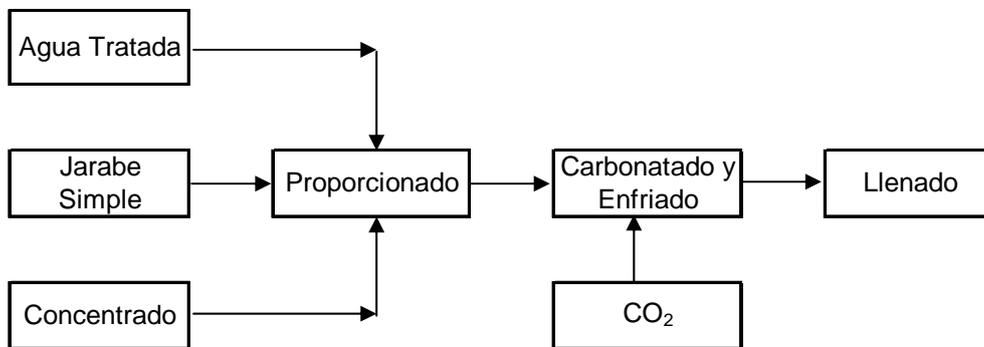


Diagrama 2.4.2 Macro proceso de llenado para flujos > 500 l.p.m.

## 2.5. Saneamiento

La limpieza y saneamiento de tuberías y equipo que está en contacto con el producto, es fundamental para la conservación de las propiedades del refresco y aumentar su tiempo de vida en el mercado. Al realizar la limpieza se remueven residuos de la bebida del interior de tuberías y equipos. Con el saneamiento se controla y se mantiene en un nivel bajo de colonias de levaduras.

Para llevar a cabo estos procedimientos, es necesario contar con la instalación y el equipo adecuado para preparar, calentar y mantener las temperaturas de las soluciones así como de recircularlas por las tuberías y equipos, manteniendo un flujo turbulento. Este equipo se le nombra C.I.P. por sus siglas en inglés (*clean in place*).



Figura 2.5.1 Equipo para C.I.P. con dos tanques.

Existen diferentes procedimientos dependiendo del producto que se embotelló, así como del producto que se embotellará.

El procedimiento mostrado en la tabla 1, se aplica una vez a la semana, antes de embotellar un producto con jugo y después de embotellar un producto con sabor fuerte (no cítrico por ejemplo: manzana, uva, fresa, frambuesa, etc.).

Tabla 1

<b>Paso</b>	<b>Agente</b>	<b>Concentración % NaOH</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tiempo (min)</b>
Enjuague Tibio	Agua	-	30-40	10
Limpieza	Detergente	0.5	60-70	20
Enjuague Tibio	Agua	-	30-40	10
Saneamiento	Agua	-	85	15
Enjuague Tibio	Agua	-	30-40	10

Si se va a realizar un cambio de producto de sabor cítrico, se puede realizar sólo un enjuague de los equipos.

Tabla 2

<b>Paso</b>	<b>Agente</b>	<b>Concentración % NaOH</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tiempo (min)</b>
Enjuague	Agua	-	20-30	10

En caso de embotellar un refresco “dietético” (aspartame y/o acesulfame K), el procedimiento será el siguiente.

Tabla 3

<b>Paso</b>	<b>Agente</b>	<b>Concentración % NaOH</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tiempo (min)</b>
Enjuague Tibio	Agua	-	30-40	10
Limpieza	Detergente	0.5	60-70	20
Enjuague Tibio	Agua	-	30-40	10

El objetivo es asegurar la total ausencia de azúcar en la bebida de dieta.

## 2.6. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):

El dióxido de carbono es el compuesto que marca la diferencia entre las aguas de sabor y los refrescos. En la cantidad adecuada, imparte un sabor “refrescante” a la bebida.

Éste puede provenir derivado de la combustión, producción de amoníaco, plantas de hidrógeno o pozos. No se debe usar dióxido de carbono obtenido de la fermentación, pues existe el gran riesgo de impartir un sabor no deseado al refresco y/o contaminarlo con levaduras.

Como cualquier producto para consumo humano, éste debe cumplir con determinadas características que se mencionan a continuación:

Pureza	> 99.9% v / v
Humedad	< 20 ppm v / v
Oxígeno	< 30 ppm v / v
Compuestos nitrogenados:	
Amoníaco	< 2.5 ppm v / v
Óxido nítrico y dióxido de nitrógeno	< 2.5 ppm v / v
Residuos no volátiles	< 5 ppm en peso
Hidrocarburos volátiles (como metano)	< 50 ppm v / v de los cuales < 20 ppm v / v serán diferentes al metano.
Acetaldehídos	< 0.2 ppm v / v
Hidrocarburos aromáticos	< 0.02 ppm v / v
Monóxido de carbono	< 10 ppm v / v
Azufre total (como S)	< 0.1 ppm v / v
Sulfuro de carbonilo	< 0.1 ppm v / v
Sulfuro de hidrógeno	< 0.1 ppm v / v
Dióxido de azufre	< 1.0 ppm v / v
Apariencia en agua	Sin color o turbidez
Olor	Sin olor
Sabor y olor en agua	Libre de olores y sabores extraños.

El dióxido de carbono es almacenado en tanques con aislamiento térmico, fabricados especialmente para contener gases criogénicos. El tanque, equipo de control, seguridad y mantenimiento son proporcionados por el proveedor. La capacidad del tanque es calculada en función del consumo y de la capacidad del proveedor para surtir el gas.



Figura 2.6.1 Tanque de almacenamiento de CO<sub>2</sub>

El dióxido de carbono se integra a la bebida inyectándolo a un equipo carbonatador-enfriador, mediante presión (desde 40 hasta 70 psig) y a temperaturas entre 1 y 5°C.



Figura 2.6.2 Equipo mezclador con carbonatador-enfriador.

# Capítulo 3.

## Bases de diseño.

## Capítulo 3.- Bases de Diseño

En este capítulo se presentan los cálculos para determinar la cantidad de materias primas necesarias partiendo de las ventas proyectadas.

Esta información es básica para determinar el área para almacenes, (Azúcar, Producto Terminado, Envase), capacidad de cisterna(s) para almacenamiento de agua, entre otros.

La siguiente figura, nos servirá de guía para desarrollar las bases del diseño.

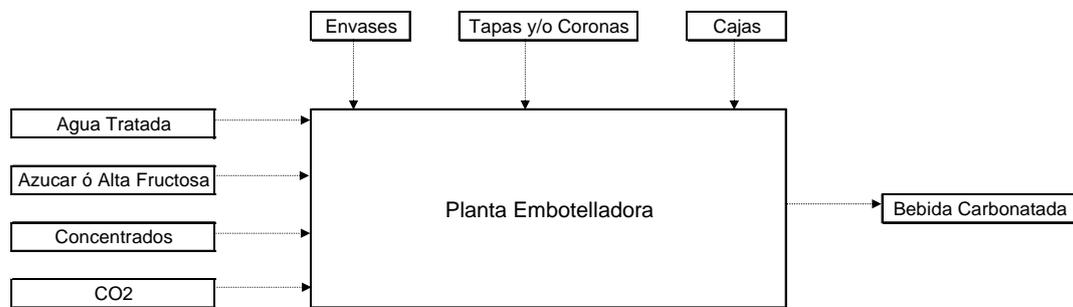


Diagrama 3.1 Entradas y salidas del proceso de embotellado.

Para hacer el ejercicio más real, se parte de la existencia de una planta poco eficiente que no podía producir los empaques que el mercado necesita.

Se debe tomar en cuenta que originalmente las plantas estuvieron ubicadas en los alrededores de la ciudad pero hoy en día están rodeadas de zonas residenciales, lo cual no permite crecimiento en capacidad de producción y/o adaptación de equipos modernos, se tienen altos costos de mantenimiento con bajas eficiencias, además de causar incomodidades a la comunidad por el constante movimiento de camiones.

Actualmente se diseñan nuevas plantas buscando una ubicación adecuada, con equipos nuevos y se trata de aprovechar los equipos existentes.

### 3.1. Plan de Negocio a 10 años.

Para realizar el análisis sobre la cantidad de equipo que se requiere, es necesario contar con un pronóstico de las ventas del mes de mayor demanda (mes pico), proyectada a 10 años.

Tabla 3.1.1 Venta de refresco 2000-2010 (mes pico).

Empaque	Tamaño (litros)	2000		2005		2010	
		Ventas (botellas)	Volumen (litros)	Ventas (botellas)	Volumen (litros)	Ventas (botellas)	Volumen (litros)
Vidrio Retornable	0.355	4,800,000	1,704,000	4,000,000	1,420,000	2,400,000	852,000
	0.5	5,110,307	2,555,154	5,678,119	2,839,060	3,406,871	1,703,436
Plástico Retornable	2	1,490,506	2,981,012	2,484,177	4,968,354	2,981,012	5,962,024
Plástico No Retornable	0.6	709,779	425,867	4,731,861	2,839,117	7,097,792	4,258,675
	2	383,273	766,546	354,882	709,764	425,859	851,718
	3	28,391	85,173	473,176	1,419,528	1,135,623	3,406,869
<b>Total</b>		<b>12,522,256</b>	<b>8,517,752</b>	<b>17,722,215</b>	<b>14,195,822</b>	<b>17,447,157</b>	<b>17,034,722</b>

Tabla 3.1.2 Mezcla de Ventas

Empaque	Tamaño	Ventas 2000	Ventas 2005	Ventas 2010
Vidrio Retornable	0.355 l	20%	10%	5%
	0.5 l	30%	20%	10%
Plástico Retornable	2 l	35%	35%	35%
Plástico No Retornable	0.6 l	5%	20%	25%
	2.0 l	9%	5%	5%
	3.0 l	1%	10%	20%
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

En la siguiente gráfica se muestra la capacidad instalada actual con la que se cuenta para cubrir la demanda del mercado.

**Gráfica 3.1.1 Capacidad vs. Demanda Actual (Mes pico)**

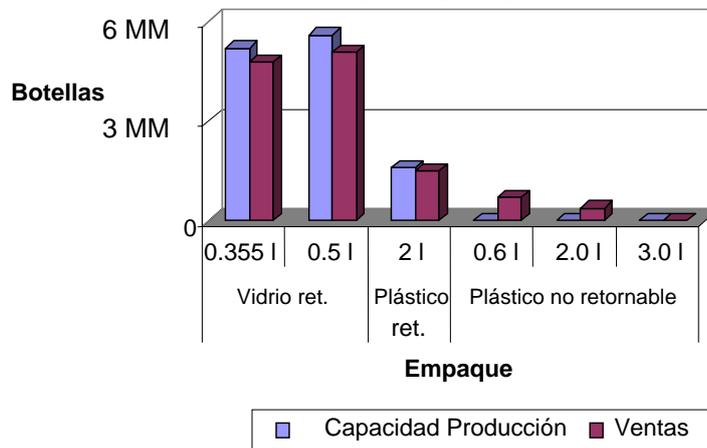


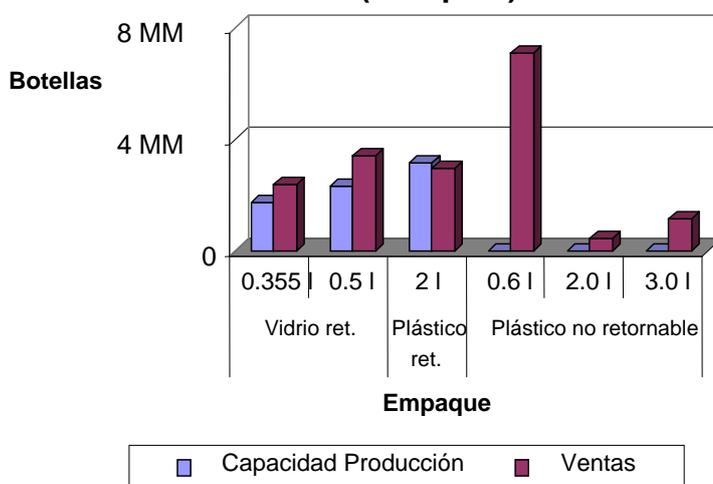
Tabla 3.1.3

Empaques	Vidrio Retornable		Plástico Retornable	Plástico No Retornable			Total
	0.355 l	0.5 l	2 l	0.6 l	2.0 l	3.0 l	
Tamaño (litros)	0.355 l	0.5 l	2 l	0.6 l	2.0 l	3.0 l	
Eficiencia	75%	75%	70%				
Velocidades	Línea 1	800					
	Línea 2			200			
Horas de Producción	Línea 1	145					372
	Línea 2			192			192
Mezcla de Empaques	20%	30%	35%	5%	9%	1%	100%
Ventas ( Botellas)	4,800,000	5,110,307	1,490,506	709,779	383,273	28,391	12,522,256
Capacidad Producción	5,220,000	5,618,250	1,612,800	0	0	0	12,451,050
Margen de Seguridad	9%	10%	8%	-100%	-100%	-100%	-1%

Como se puede ver en la tabla 3.1.3, la capacidad es suficiente para producir empaques de vidrio retornable así como para cubrir la demanda actual de plástico retornable, pero no hay manera de producir plástico no retornable, por lo que se está comprando a otras plantas. Esto disminuye la utilidad, pues se está incrementando el costo de fleteo.

Como se mencionó anteriormente, la planta deberá contar con la capacidad suficiente para cubrir la demanda proyectada a 10 años. Con el equipo actual se tendrá la situación siguiente.

**Gráfica 3.1.2 Capacidad vs. Demanda al 2010  
(Mes pico)**



**Tabla 3.1.4**

Empaques	Vidrio Retornable		Plástico Retornable	Plástico No Retornable			Total
	0.355 l	0.5 l	2 l	0.6 l	2.0 l	3.0 l	
<b>Eficiencia</b>	65%	65%	70%				
<b>Velocidades</b>							
Línea 1	800	550					
Línea 2			200				
<b>Horas de</b>							
Línea 1	65	127					<b>192</b>
Línea 2			372				<b>372</b>
<b>Mezcla de Empaques</b>	5%	10%	35%	25%	5%	20%	<b>100%</b>
<b>Ventas ( Botellas)</b>	2,400,000	3,406,871	2,981,012	7,097,792	425,859	1,135,623	<b>17,447,157</b>
<b>Capacidad Producción</b>	2,028,000	2,724,150	3,124,800	0	0	0	<b>7,876,950</b>
<b>Margen de Seguridad</b>	<b>-16%</b>	<b>-20%</b>	<b>5%</b>	<b>-100%</b>	<b>-100%</b>	<b>-100%</b>	<b>-55%</b>

La capacidad total de la planta actual cubre menos de la mitad de la producción necesaria.

### 3.2. Selección de Equipo de Producción.

Debido a la naturaleza del empaque, las líneas de embotellado se pueden clasificar en tres tipos:

1. Vidrio retornable
2. Plástico retornable
3. Plástico no retornable

Los equipos que contienen estas líneas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.2.1 Tipo de líneas de embotellado de refrescos y equipos.

Equipo	Vidrio Retornable		Plástico Retornable		Plástico No Retornable
	antigua	moderna	antigua	moderna	
Depaletizador		X		X	X
Desempacador	X	X	X	X	
Decapsulador			X	X	
Lámparas de Pre-Inspección	X		X	X	
Inspector Electrónico de Olores			X	X	
Lavadora	X	X	X	X	
Enjuagador			X	X	X
Lámparas de Inspección	X		X		
Inspector Electrónico de Superficie		X		X	
Proporcionador	X	X	X	X	X
Carbonatador	X	X	X	X	X
Llenadora	X	X	X	X	X
Coronador	X	X			
Capsulador			X	X	X
Transportador Corona/Tapa		X		X	X
Codificador	X	X	X	X	X
Lámpara de Inspección Lleno	X		X		
Inspector Electrónico de Lleno		X		X	X
Calentador					X
Empacadora	X	X	X	X	X
Paletizadora		X		X	X
Envolvedora					X
<b>Total Equipos</b>	11	13	14	17	13
<b>Tripulación</b>	25	5	29	12	4

Hoy en día existen proveedores que entregan líneas completas de catálogo, con capacidades específicas.

El procedimiento a seguir es de la siguiente forma:

- Dimensionar el equipo que cumpla con el pronóstico de ventas, aprovechando el equipo con el que se cuenta.
- Hacer el balance de materias primas para determinar las necesidades de equipos y espacios.
- Determinar capacidad de sala de jarabes y tratamiento de agua.
- Diagrama básicos de tuberías e instrumentación.
- Diagrama general de la planta y de áreas de proceso.

Consideraciones.

#### **I. Línea de Vidrio Retornable.**

Como el volumen de ventas de productos en Vidrio Retornable disminuirá y se cuenta con capacidad suficiente, es razonable usar los equipos con que se cuenta actualmente, después de recibir un mantenimiento mayor para aumentar su eficiencia y trabajar 2 turnos (372 hrs. al mes).

#### **II. Línea de Plástico Retornable.**

Aunque el volumen de venta para Plástico Retornable se duplicará en 10 años, la capacidad de los equipos actuales puede cubrir la demanda, trabajando 2 turnos. Al igual que para la línea de vidrio retornable, se deberá dar un mantenimiento mayor a la línea antes de instalarse.

#### **III. Línea de Plástico Retornable.**

En este caso, la línea deberá ser nueva al no contar con equipo que pueda embotellar este empaque.

El proveedor que maneja líneas completas ofrece una línea para 600 botellas por minuto (b.p.m.), y otra más grande de 750 b.p.m.

La velocidad de la línea que puede cumplir con la capacidad estimada, es de 750 botellas por minuto (b.p.m.), en 0.6 litros.

Con esta información, a continuación se muestran las gráficas de capacidad vs. demanda a los 5 y 10 años respectivamente.

## Capacidad a 5 años.

Como se muestra en las gráficas, a 5 años se contaría con la capacidad suficiente para cubrir la venta de producto.

Para el vidrio retornable, se puede ver un reducido margen de seguridad. Esto se puede compensar trabajando turnos extra cuando sea necesario.

**Gráfica 3.2.1 Capacidad vs. Demanda a 5 años (Mes pico)**

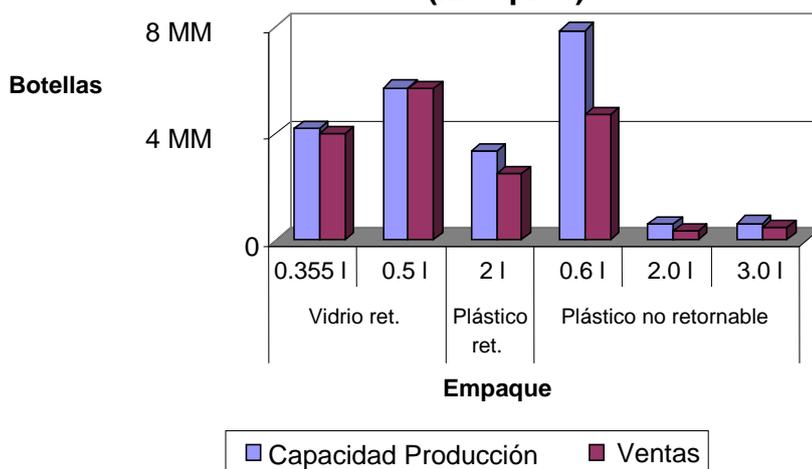


Tabla 3.2.2

Empaques	Vidrio Retornable		Plástico Retornable	Plástico No Retornable			Total
	0.355 l	0.5 l	2 l	0.6 l	2.0 l	3.0 l	
<b>Tamaño (litros)</b>	<b>0.355 l</b>	<b>0.5 l</b>	<b>2 l</b>	<b>0.6 l</b>	<b>2.0 l</b>	<b>3.0 l</b>	
<b>Eficiencia</b>	70%	70%	75%	70%	70%	75%	
<b>Velocidades</b>	Línea 1	800	550				
	Línea 2			200			
	Línea 3				750	317	200
<b>Horas de Producción</b>	Línea 1	124	248				<b>372</b>
	Línea 2			372			<b>372</b>
	Línea 3				250	45	77
<b>Mezcla de Empaques</b>	10%	20%	35%	20%	5%	10%	<b>100%</b>
<b>Ventas ( Botellas)</b>	4,000,000	5,678,119	2,484,177	4,731,861	354,882	473,176	<b>17,722,215</b>
<b>Capacidad Producción</b>	4,166,400	5,728,800	3,348,000	7,875,000	599,130	646,800	<b>22,364,130</b>
<b>Margen de Seguridad</b>	<b>4%</b>	<b>1%</b>	<b>35%</b>	<b>66%</b>	<b>69%</b>	<b>37%</b>	<b>26%</b>

## Capacidad a 10 años.

La situación a 10 años es muy diferente para el plástico no retornable, donde se puede ver que la capacidad de la planta será insuficiente.

En cualquier línea de producción, los empaques de mayor volumen disminuyen la cantidad de unidades entregadas, por lo que es recomendable producir estos empaques en una línea separada.

Por otra parte, el tener más de tres cambios de tamaño en una línea disminuye considerablemente su eficiencia (productividad).

El proveedor cuenta con una línea que maneja 150 b.p.m para empaques de 2.5 y 3 litros.

Tomando en cuenta lo anterior, en la gráfica 3.2.2 se presenta el resultado de la evaluación de la capacidad de las líneas.

**Gráfica 3.2.2 Capacidad vs. Demanda a 10 años (Mes pico)**

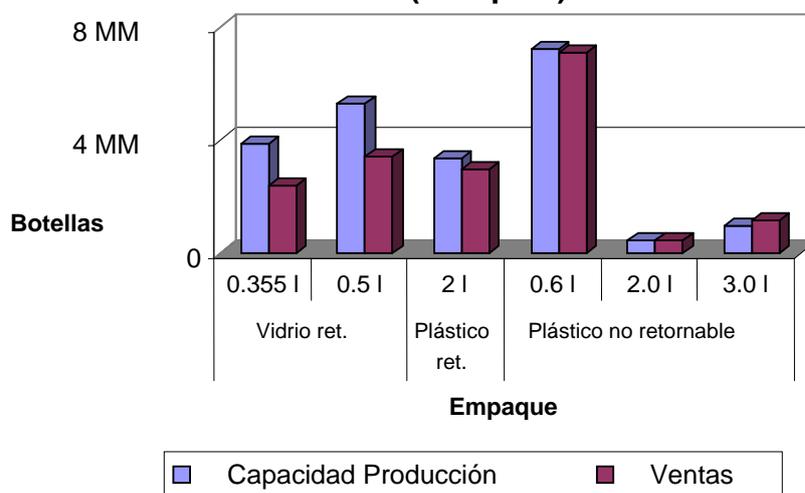
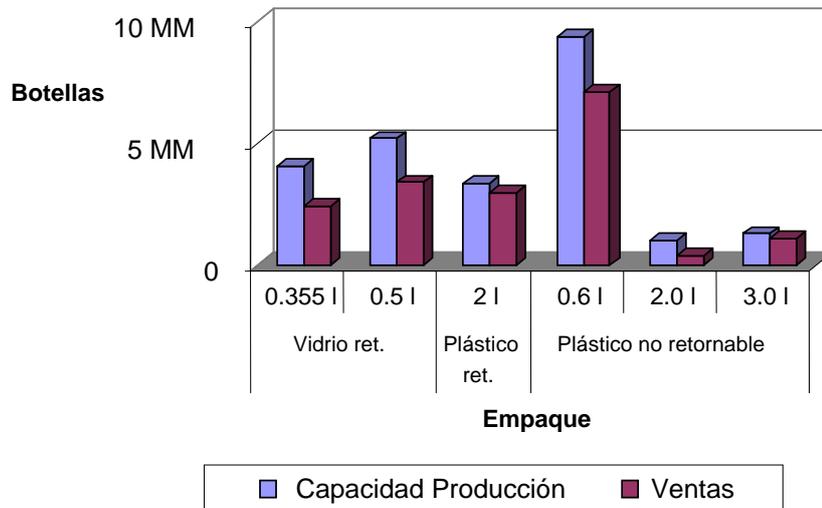


Tabla 3.2.3

Empaques		Vidrio Retornable		Plástico Retornable	Plástico No Retornable			Total
Tamaño (litros)		0.355 l	0.5 l	2 l	0.6 l	2.0 l	3.0 l	
Eficiencia		65%	65%	75%	70%	70%	75%	
Velocidades	Línea 1	800	550					
	Línea 2			200				
	Línea 3				750	317	200	
Horas de Producción	Línea 1	124	248					372
	Línea 2			372				372
	Línea 3				230	32	110	372
Mezcla de Empaques		5%	10%	35%	25%	5%	20%	100%
Ventas ( Botellas)		2,400,000	3,406,871	2,981,012	7,097,792	425,859	1,135,623	17,447,157
Capacidad Producción		3,868,800	5,319,600	3,348,000	7,245,000	426,048	924,000	21,131,448
Margen de Seguridad		61%	56%	12%	2%	0%	-19%	21%

**Gráfica 3.2.3 Capacidad vs. Demanda a 10 años  
4 líneas (Mes pico)**



**Tabla 3.2.4**

Empaques	Vidrio Retornable		Plástico Retornable	Plástico No Retornable			Total
	0.355 l	0.5 l		0.6 l	2.0 l	3.0 l	
<b>Tamaño (litros)</b>			2 l				
<b>Velocidades</b>	Línea 1	800	550				
	Línea 2			200			
	Línea 3				750	317	200
	Línea 4						150
<b>Eficiencia</b>	65%	65%	75%	70%	70%	75%	
<b>Horas de Producción</b>	Línea 1	130	242				<b>372</b>
	Línea 2			372			<b>372</b>
	Línea 3				297	75	<b>372</b>
	Línea 4						<b>192</b>
<b>Mezcla de Empaques</b>	5%	10%	35%	25%	5%	20%	<b>100%</b>
<b>Ventas ( Botellas)</b>	2,400,000	3,406,871	2,981,012	7,097,792	425,859	1,135,623	<b>17,447,157</b>
<b>Capacidad Producción</b>	4,056,000	5,190,900	3,348,000	9,355,500	998,550	1,296,000	<b>24,244,950</b>
<b>Margen de Seguridad</b>	<b>69%</b>	<b>52%</b>	<b>12%</b>	<b>32%</b>	<b>134%</b>	<b>14%</b>	<b>39%</b>

Como se puede apreciar en la gráfica 3.2.3 y tabla 3.2.4, la capacidad a 10 años y tal vez 5 más, está cubierta con esta opción.

El plan de inversión deberá tomar en cuenta el instalar y arrancar la planta nueva con tres líneas, dejando preparado el espacio y los equipos para instalar la última línea en un plazo de 5 años dependiendo del incremento de las ventas del empaque de 3 litros.

### 3.3 Consumo de agua.

#### I. Agua Tratada

Para determinar la capacidad del tratamiento de agua se usará como guía el diagrama 2.1.2 presentado en la sección 2.1 y mostrado a continuación. En la sección 3.4 se tocará el tema de agua para servicios.

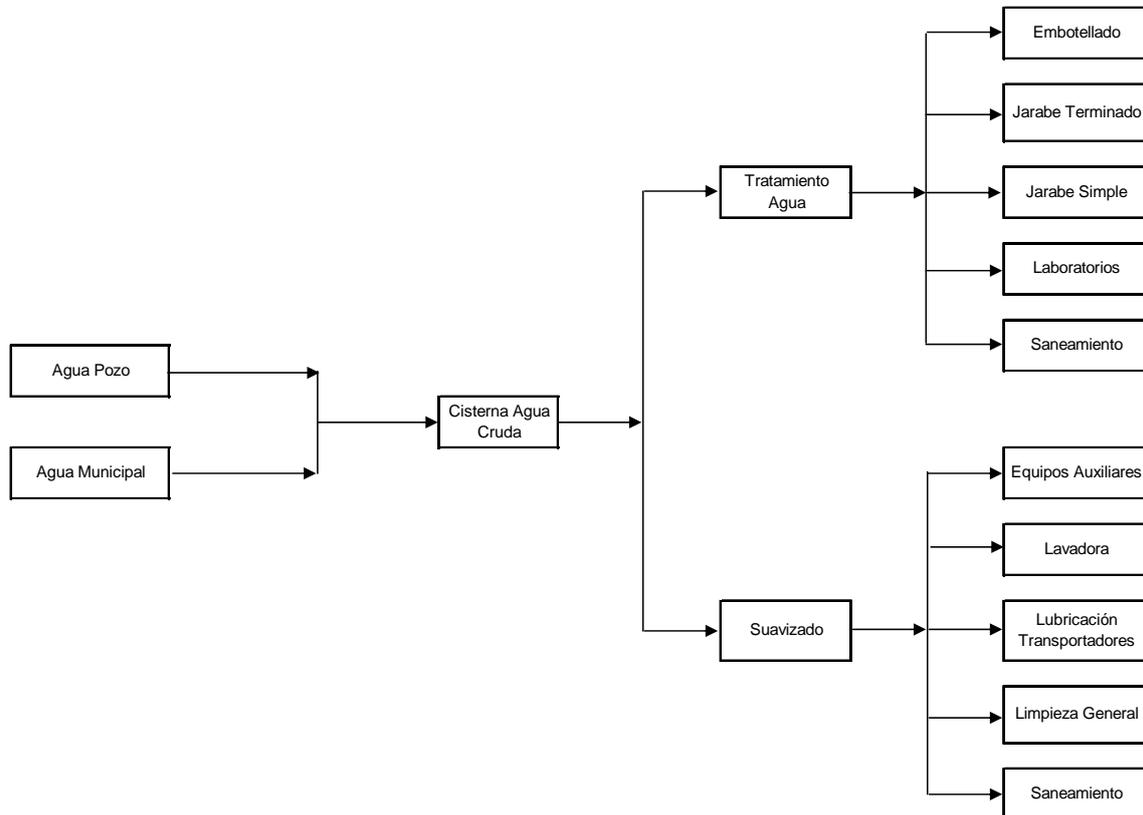


Diagrama 2.1.2 Macro proceso de tratamiento de agua.

### a) Agua tratada para embotellado.

A continuación, se presentan las velocidades de las llenadoras determinadas en la sección 3.2 para cubrir las necesidades del mercado a 10 años. Con esta información, se obtiene el cálculo de la cantidad de agua tratada necesaria para garantizar la operación de las líneas de embotellado a su máxima capacidad.

Tabla 3.3.1 Velocidades en botellas por minuto.

Empaques	Vidrio retornable		Plástico retornable	Plástico no retornable		
	0.355 L	0.5 L	2 L	0.6 L	2.0 L	3.0 L
Tamaño (litros)						
Velocidades (b.p.m.)	Línea 1	800	550			
	Línea 2			200		
	Línea 3				750	317
	Línea 4					150

En la siguiente tabla se muestra el resultado de conversión de botellas por minuto a litros por minuto de producto.

Como las llenadoras solo trabajan con un producto a la vez, se tomará el que maneje el mayor gasto de producto en cada línea. (Resaltado en negritas).

Tabla 3.3.2 Flujo de producto (litros por minuto).

Empaques	Vidrio retornable		Plástico retornable	Plástico no retornable		
	0.355 L	0.5 L	2 L	0.6 L	2.0 L	3.0 L
Tamaño (litros)						
Flujo (L.p.m)	Línea 1	<b>284</b>	275			
	Línea 2			<b>400</b>		
	Línea 3				450	<b>634</b>
	Línea 4					<b>450</b>

Para el cálculo del agua para embotellado, se debe tomar en cuenta que el producto es una mezcla de 5 partes de agua tratada por una de jarabe terminado, por lo tanto, la cantidad de agua tratada queda de la siguiente forma.

Tabla 3.3.3 Flujo de agua para producto.

Empaques		Vidrio retornable	Plástico retornable	Plástico no retornable
Agua (L.p.m.)	Línea 1	236.7		
	Línea 2		333.3	
	Línea 3			528.3
	Línea 4			375.0

El total de agua tratada es de: 1,473.3 L.p.m.

Las bombas de los equipos proporcionadores manejan por diseño, el 15% más de capacidad. Por lo tanto el flujo de agua tratada para embotellado sería de: 1,694 L.p.m.

#### b) Agua tratada para jarabe terminado.

La cantidad de jarabe terminado a preparar depende exclusivamente del rendimiento que proporciona el concentrado.

Para este caso, la presentación del concentrado rinde 16,500 litros de jarabe terminado.

El tiempo de preparación de los jarabes terminados debe ser de una hora, para tener el mínimo de tanques instalados.

Tabla 3.3.4. Tiempo de preparación de un jarabe terminado.

Etapa	Tiempo (min.)
Jarabe simple	15
Agua tratada	5
Agitación	10
Concentrados	15
Agitación	10
Agua tratada	5

Total 60 min.

Se requiere contar con la cantidad de agua necesaria en la sección de jarabe terminado, para realizar simultáneamente dos preparaciones.

Los tanques que se manejan son de 16,500 litros y la cantidad de agua necesaria se estima de la siguiente forma:

### Instrucciones de mezclado del concentrado

Azúcar/ concentrado	11,000 kg.
Brix de jarabe simple	60
Brix jarabe terminado	55
Volumen final	16,500 litros.

Cálculo del agua para ajuste final:

$$\text{kg. Agua} = \frac{\text{kg. azúcar} \times (\text{Bx2} - \text{Bx1}) \times 100}{(\text{Bx2} \times \text{Bx1})}$$

$$\text{kg. Agua} = \frac{11,000 \times (60 - 55) \times 100}{(60 \times 55)}$$

$$\text{kg. Agua} = 1,666.67$$

Cantidad de agua	1,667 kg.
Densidad	0.9972 kg. / litro
Volumen	1,671 litros

Para dos preparaciones al mismo tiempo

$$\text{Flujo agua} = 2 * 1,671 \text{ litros} / 5 \text{ min.}$$

$$\text{Flujo agua} = 669 \text{ litros} / \text{min.}$$

$$\text{Factor seguridad} = 735 \text{ litros} / \text{min.}$$

**c) Agua tratada para jarabe simple.**

$$\text{Brix} = \frac{\text{kg. azúcar}}{\text{kg. jarabe simple}} \times 100$$

$$\text{kg. jarabe simple} = \frac{\text{kg. azúcar}}{\text{Brix}} \times 100$$

$$\text{kg. jarabe simple} = \frac{11,000}{60} \times 100$$

$$\text{kg. jarabe simple} = 18,333$$

$$\text{kg. jarabe simple} = \text{kg. azúcar} + \text{kg. agua}$$

$$\text{kg. agua} = \text{kg. jarabe simple} - \text{kg. azúcar}$$

$$\text{kg. agua} = 18,333 - 11,000$$

$$\text{kg. agua} = 7,333$$

$$\text{Litros agua} = 7,333 \text{ kg} / 0.9972 \text{ kg} / \text{litro}$$

$$\text{Litros agua} = 7,354 \text{ litros}$$

$$+10\% \text{ Factor Seg.} = 8,089 \text{ litros de agua}$$

$$\text{Flujo*} = 808.9 \text{ litros} / \text{min.}$$

\* Estimando llenar el tanque en 10 minutos.

#### **d) Agua tratada para saneamiento.**

Para el saneamiento se usan dos tanques de 1,000 litros. Uno para preparar la solución sanitizante, otro para el agua de enjuague final.

No es necesario que se llenen al mismo tiempo, pero es recomendable llenarlos menos de 5 minutos.

Por consiguiente el flujo en esta sección sería de 200 L.p.m.

#### **e) Agua tratada en laboratorio de calidad.**

En el laboratorio no se requiere gran cantidad de agua, por lo que se le asignará 50 L.p.m. para fines de cálculo.

#### **f) Resumen.**

Tabla 3.3.5

Área	Consumo (L.p.m.)
Embotellado	1,860
Jarabe terminado	735
Jarabe simple	809
Saneamiento	200
Laboratorio	50
Total	3,654

En resumen, el tratamiento de agua deberá asegurar un flujo de 3,654 litros por minuto para garantizar el abasto de agua tratada en las horas pico de producción.

## **II. Agua de servicio.**

Para poder dimensionar la capacidad de los suavizadores así como el de las bombas de alimentación de agua cruda, es necesario estimar el consumo del agua de servicios.

a) Los equipos auxiliares que usan agua suavizada son:

Condensadores evaporativos.

Caldera.

Lubricación de sellos mecánicos de bombas.

Enfriamiento de compresores, etc.

El consumo estimado de agua para estos equipos será de 100 L.p.m.

- b) Lavadora. La lavadora requiere agua suavizada en los enjuagues finales. El fabricante reporta un consumo de 120 L.p.m.
- c) La lubricación de la transportación requiere aproximadamente de 1 L.p.m.
- d) Limpieza general, baños y regaderas. Se estima 300 L.p.m.
- e) El primer enjuague del saneamiento puede llevarse a cabo con agua suavizada. Respetando el tiempo de 5 minutos para llenar el tanque de 1,000 litros, el flujo deberá ser de 200 L.p.m.
- f) Resumen:

Tabla 3.3.6

Área	Consumo (L.p.m.)
Servicios auxiliares	100
Lavadoras	120
Lubricación	1
Limpieza general	300
Saneamiento	200
Subtotal	721
10% Factor Seg.	793

Los suavizadores deberán estar dimensionados para mantener el inventario de agua de la cisterna, con el consumo estimado de 793 litros por minuto.

### III. Agua Cruda.

El gasto de las bombas de agua cruda será la requerida para cubrir las necesidades del tratamiento de agua y del agua de servicios.

Tabla 3.3.7

Gasto de bombas de agua cruda (L.p.m.)	
Agua tratada	3,654
Agua servicios	793

Total 4,447 L.p.m.

### 3.4 Consumo de azúcar y estimado para superficie de almacenamiento de azúcar y cálculo de cantidad de tanques de jarabe terminado.

#### I. Consumo de azúcar y área de almacenamiento.

Para estimar el espacio de almacenamiento de azúcar se debe tomar en cuenta dos factores:

- a) El tiempo de respuesta del ingenio, para determinar los días inventario del azúcar.
- b) El consumo de bebida a la máxima capacidad instalada para determinar la cantidad de azúcar necesaria para operar.

En el primer caso, normalmente existen convenios con los ingenios por lo que se puede fijar 3 días de inventario en planta. De ser necesario más inventario, se deberá evaluar el arrendar una bodega de la capacidad necesaria.

Para el segundo caso, se usará la tabla 3.3.2

Tabla 3.3.2 Flujo de producto (litros por minuto).

Empaques		Vidrio retornable		Plástico retornable	Plástico no retornable		
		0.355 L	0.5 L		0.6 L	2.0 L	3.0 L
Tamaño (litros)		0.355 L	0.5 L	2 L	0.6 L	2.0 L	3.0 L
Flujo (L.p.m.)	Línea 1	284	275				
	Línea 2			400			
	Línea 3				450	634	600
	Línea 4						450

Para el cálculo del jarabe terminado, se debe tomar en cuenta que el producto es una mezcla de 5 partes de agua tratada por una de jarabe terminado, por lo tanto, la cantidad de jarabe terminado queda de la siguiente forma.

Tabla 3.4.1 Consumo de jarabe terminado para producto.

Líneas	Bebida L.p.m. (6partes)	Jarabe L.p.m. (1 parte)
1	284	47.3
2	400	66.7
3	634	105.7
4	450	75.0
<b>Total</b>	<b>1768</b>	<b>294.7</b>

Consumo de jarabe terminado en hora pico:	295 L.p.m.
Densidad de jarabe terminado a 55 Bx.:	1.2564 kg./litro j.t.
Cantidad de azúcar por Jarabe Terminado	55% kg.azúcar/kg.j.t.
Cantidad de horas trabajadas por turno	21.5 h./ 3 turnos
Cantidad de azúcar en tres turnos	262,671 kg.
Azúcar en almacén (3 días inventario)	788,012 kg.
+10% de Seguridad:	866,813 kg.
Cantidad azúcar por tarima:	1000 kg./Tarima
Cantidad de tarimas:	867 Tarimas
Se pueden apilar 3 tarimas:	289 Tarimas
En acomodo cuadrado:	17*17 Tarimas
Tamaño de la tarima: 1.2 m*1.2 m	Largo 20.4 m
Más 2 pasillos de 1.5 m. a las orillas	3 m
Largo total	23.4 m
Área estimada de almacenamiento	548 m <sup>2</sup>

## II. Cantidad de tanques de jarabe terminado.

Para determinar la cantidad de tanques para jarabe terminado, se debe tomar en cuenta la cantidad de tanques a usar por turno, así como el tiempo de preparación del jarabe terminado (1 hora aproximadamente).

Tabla 3.4.2 Cantidad de tanques para jarabe terminado.

Líneas	Bebida L.p.m. (6partes)	Jarabe L.p.m. (1 parte)	Jarabe en 1 turno de 8h (L)	Tanques de 16,500 (L/turno)	Tanques necesarios
1	284.0	47.3	22,720.0	1.4	2
2	400.0	66.7	32,000.0	1.9	2
3	634.0	105.7	50,720.0	3.1	3
4	450.0	75.0	36,000.0	2.2	3
					10

Por ejemplo, para la línea 2 se consumen aproximadamente dos tanques por turno. Esto implica que se cuenta con aproximadamente 4 horas para realizar la siguiente preparación. Por consiguiente, con dos tanques será suficiente para garantizar el abasto de jarabe a esa línea.

### 3.5 Área de almacenamiento.

#### I. Producto terminado.

Para estimar el espacio de almacenamiento del producto terminado tomaremos las siguientes consideraciones:

- a) Líneas completas para el 2010.
- b) 3 turnos de producción (22.5 horas tiempo máquina).
- c) Líneas operando con el empaque de mayor velocidad.
- d) Eficiencia de las máquinas al 100%.

Se usan tres turnos de producción, pues diariamente se cargan los camiones repartidores.

Tabla 3.5.1 Estimado del área de almacenamiento.

Empaques	Vidrio retornable	Plástico retornable	Plástico no retornable	Plástico no retornable	Total
Tamaño (litros)	0.355	2	0.6	3	
Velocidades (b.p.m.)	Línea 1	800			
	Línea 2		200		
	Línea 3A			750	
	Línea 3B			150	
Eficiencia	100%	100%	100%	100%	
Horas de Producción	Línea 1	22.5			22.5
	Línea 2		22.5		22.5
	Línea 3A			22.5	22.5
	Línea 3B				22.5
Producción 3 turnos (botellas)	1,080,000	270,000	1,012,500	202,500	<b>2,565,000</b>
Botellas por caja	24	8	24	4	
Cajas por tarima	48	40	48	40	
Tarimas	938	844	879	1266	3926
Se pueden apilar 3 tarimas	313	281	293	422	1309
Área tarima 1.44m <sup>2</sup>	450	405	422	608	<b>1,884</b>

El área estimada que ocupará el producto terminado será de 1,884 m<sup>2</sup>.

Se deberá tomar en cuenta que se requiere espacio libre para tránsito de montacargas, por lo que se aumentará 15% del área.

La superficie destinada al almacenamiento de producto terminado será de **2,167 m<sup>2</sup>**.

## II. Envase retornable.

Considerando que se tienen tres turnos de inventario de producto terminado, es necesario contar con el envase vacío necesario para cumplir este requerimiento.

Para el envase retornable, la cantidad de cajas por tarima de envase vacío es exactamente la misma que para el envase lleno, por lo que es válido estimar que el área necesaria es la misma que la que ocuparía el envase lleno.

En la tabla 3.5.1 se muestra que el área necesaria para envase es de 450 m<sup>2</sup> para vidrio retornable y 405 m<sup>2</sup> para plástico retornable. En total necesitamos 855 m<sup>2</sup>.

Al igual que la sección anterior, se aumenta un 15% extra para el movimiento de montacargas, quedando el estimado del área en **983 m<sup>2</sup>**.

## III. Envase no retornable.

El envase no retornable llega de la fábrica de soplado, en tarimas de 1000 botellas para 0.6 L. y 512 para 3 litros y no es posible apilar tarimas.

Tabla 3.5.2 Estimado del área necesaria para el envase no retornable.

Empaques	Plástico no retornable	Plástico no retornable	Total
Tamaño (litros)	0.6	3	
Producción 3 turnos (botellas)	1,012,500	202,500	1,215,000
Botellas por tarima	1,000	512	
Tarimas	1,013	396	1,408
Área (tarima 1.0 m <sup>2</sup> )	1,013	396	1,408

El área a ocupar por los envases no retornables será de 1,408 m<sup>2</sup>.

Sumando el 15% para tránsito se deberá considerar **1,619 m<sup>2</sup>**.

#### IV. Área total de almacenamiento.

Como la zona de almacén de llenos y vacíos está en la misma nave, el área con la que se deberá contar es la siguiente:

Tabla 3.5.3 Estimado del área total de almacenamiento.

Empaques	Vidrio retornable	Plástico retornable	Plástico no retornable	Plástico no retornable	Área tarimas	Con pasillos
Tamaño (litros)	<b>0.355</b>	<b>2</b>	<b>0.6</b>	<b>3</b>		
Lleno (m <sup>2</sup> )	450	405	422	608	1,884	2,167
Vacío (m <sup>2</sup> )	450	405	1,013	396	2,263	2,602
<b>Total</b>	900	810	1,434	1,003	4,147	<b>4,769</b>

El área total para almacenamiento es de 4,769 m<sup>2</sup>.

### 3.6 Consumo de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).

Para estimar el consumo de dióxido de carbono, se deben tomar las siguientes consideraciones:

- a) Capacidad instalada de producción para el 2010.
- b) 3 turnos de producción (22.5 horas tiempo máquina) por 24 días al mes (540 horas/mes).
- c) Líneas operando con el empaque de mayor velocidad que será el de mayor consumo de CO<sub>2</sub>.
- d) Eficiencia de las máquinas al 100%.
- e) Carbonatación de producto de mayor volumen de venta. (4 Volúmenes de carbonatación)

Tabla 3.6.1

<b>Empaques</b>	<b>Vidrio retornable</b>	<b>Plástico retornable</b>	<b>Plástico no retornable</b>	<b>Plástico no retornable</b>	<b>Total</b>
<b>Tamaño (litros)</b>	<b>0.355</b>	<b>2</b>	<b>0.6</b>	<b>3</b>	
<b>Velocidades (b.p.m.)</b>	Línea 1	800			
	Línea 2		200		
	Línea 3A			750	
	Línea 3B			150	
<b>Eficiencia</b>	100%	100%	100%	100%	
<b>Horas de Producción al mes</b>	Línea 1	540			540
	Línea 2		540		540
	Línea 3A			540	540
	Línea 3B			540	540
<b>Producción 3 turnos (botellas)</b>	25,920,000	6,480,000	24,300,000	4,860,000	<b>61,560,000</b>
<b>Consumo de CO<sub>2</sub> (Ton/mes)</b>	73	103	115	115	406

El estimado del consumo mensual del CO<sub>2</sub> se realizó con la siguiente formula:

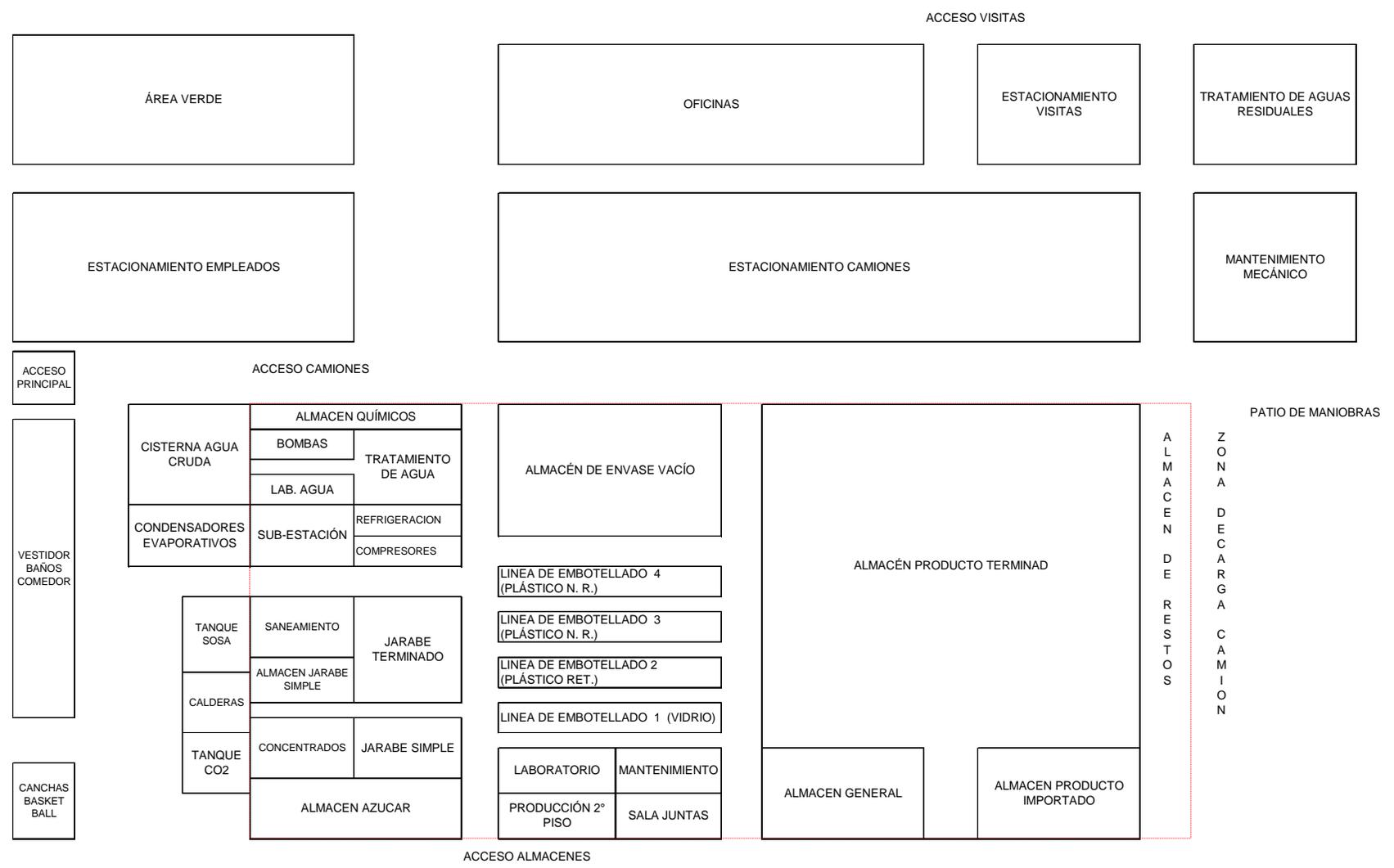
$$\text{Gramos de CO}_2 = \text{Volúmenes de carbonatación} * \text{Tamaño del empaque (Litros)} * 1.98$$

El resultado del estimado se debe proporcionar al proveedor del dióxido de carbono, para que este determine el tamaño del tanque que facilitará, mismo que está en función del consumo mensual y del programa de entregas que tenga por la zona.

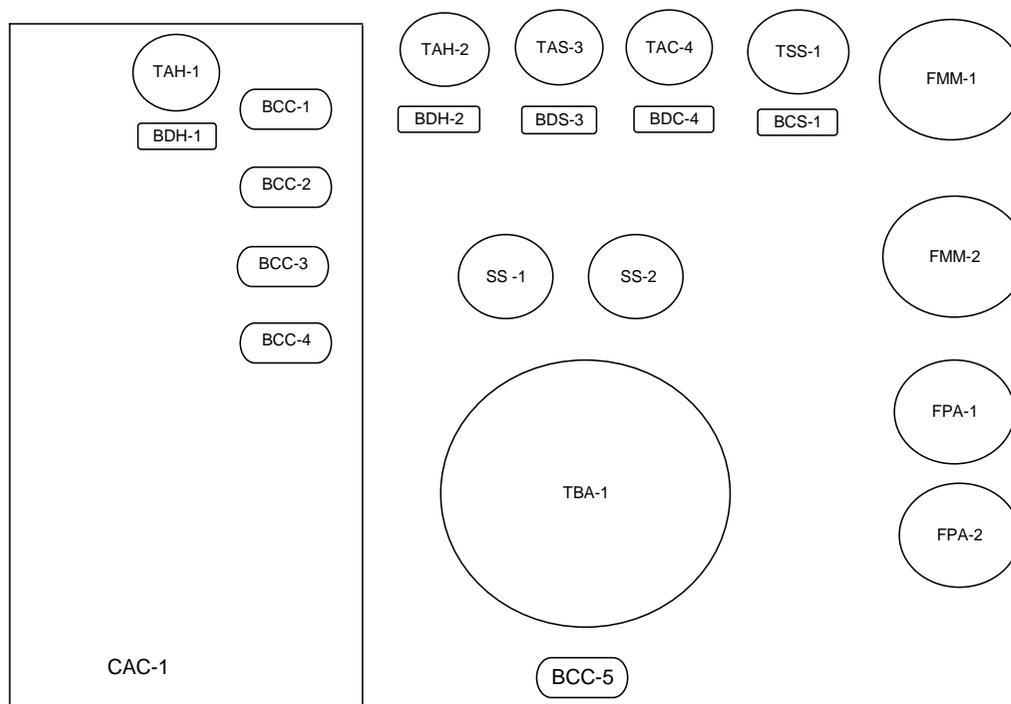
## Capítulo 4.

# Diagramas de distribución de equipos.

# 4.1 DIAGRAMA GENERAL DE LA PLANTA

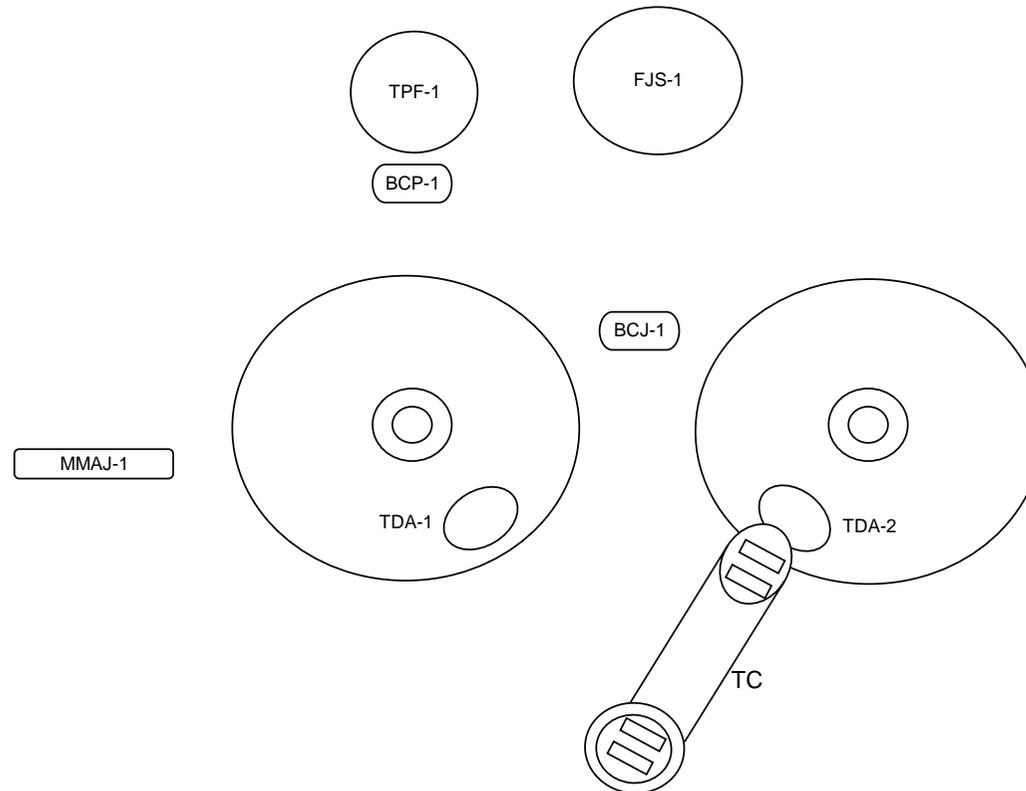


## 4.2 DIAGRAMA DEL TRATAMIENTO DE AGUA



LISTA DE EQUIPO			
SS	Suavizador	TAH	Tanque adición hipoclorito de sodio
BCC	Bomba centrífuga de agua cruda a tratamiento	TAS	Tanque adición sulfato de aluminio
BCT	Bomba centrífuga de agua tratada a proceso	TAC	Tanque adición hidróxido de calcio
BDH	Bomba diafragma hipoclorito de sodio	FMM	Filtro multimedia
BDS	Bomba diafragma sulfato de aluminio	FPA	Filtro pulidor agua
BDC	Bomba diafragma Hidróxido de calcio	TBA	Tanque buffer agua tratada
BCS	Bomba centrífuga para salmuera	TSS	Tanque salmuera suavizadores
CAC	Cisterna agua cruda		

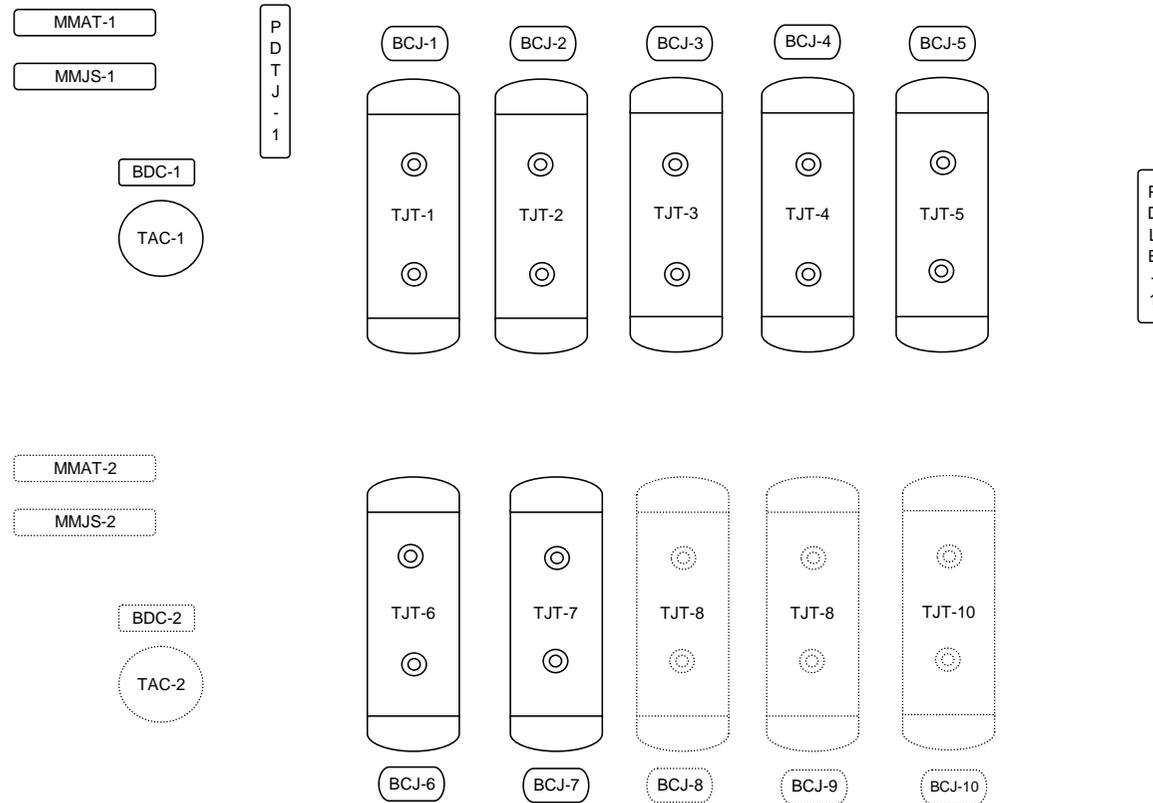
### 4.3 DIAGRAMA DE JARABE SIMPLE



#### LISTA DE EQUIPO

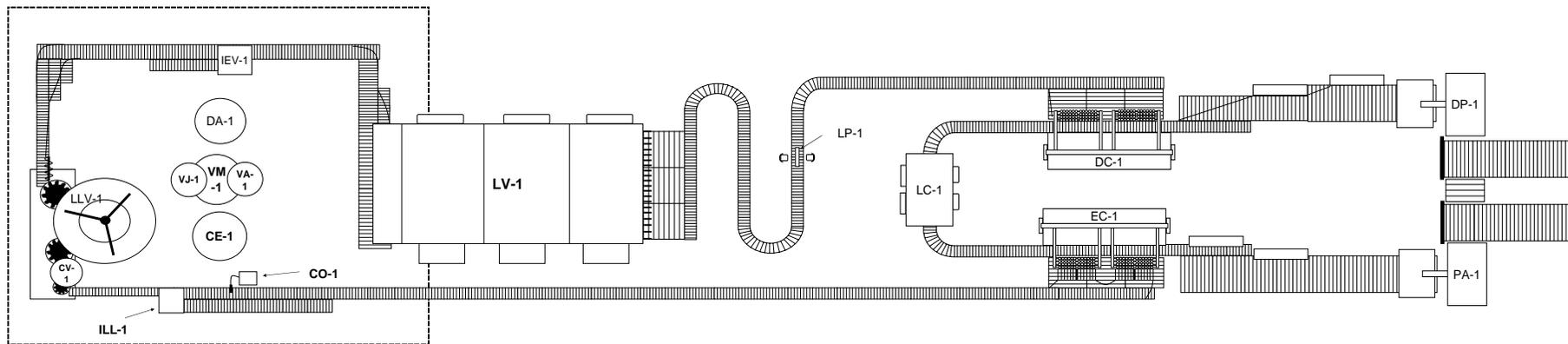
MMAJ	Medidor másico agua para jarabe simple	BCJ	Bomba centrífuga de jarabe simple
TDA	Tanque disolución de azúcar	BCP	Bomba centrífuga de precapa
TPF	Tanque precapa filtro	TC	Transportador de canjilones
FJS	Filtro de jarabe simple		

#### 4.4 DIAGRAMA DE JARABE TERMINADO



LISTA DE EQUIPO			
MMAT	Medidor másico agua tratada	TAC	Tanque de adición de concentrados
MMJS	Medidor másico jarabe simple	TJT	Tanque de jarabe terminado
PDTJ	Placa distribuidora a tanques de jarabe	BCJ	Bomba centrífuga de jarabe
PDLE	Placa distribuidora a líneas de embotellado	BDC	Bomba centrífuga de concentrado

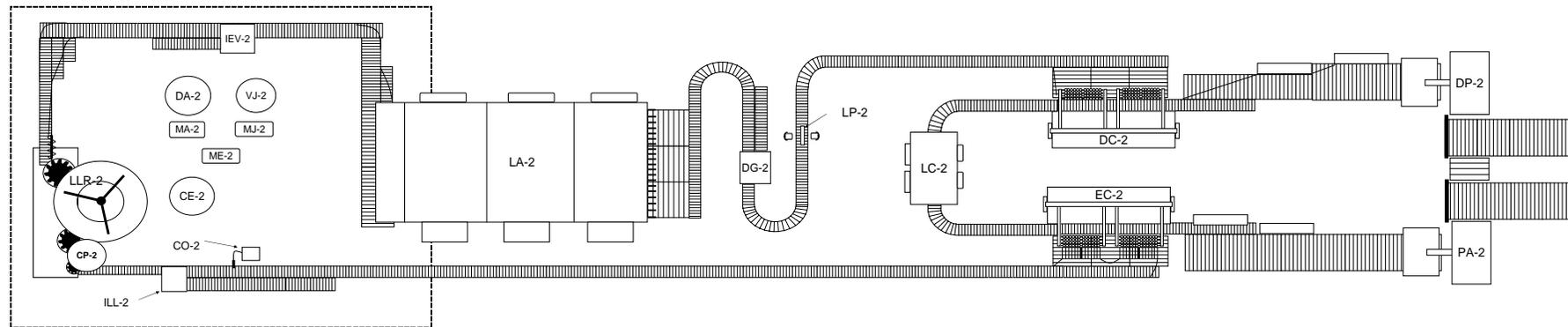
#### 4.5 DIAGRAMA DE LA LÍNEA 1 (VIDRIO RETORNABLE)



#### LISTA DE EQUIPO

LLV	Llenadora envase vidrio	IEV	Inspector electrónico de vacío
CV	Coronador envase vidrio	LV	Lavadora de envase de vidrio
DA	Deaerador	LP	Lampara de preinspección
VJ	Vaso de jarabe	LC	Lavadora de cajas de envase de vidrio
VA	Vaso de agua	DC	Desenacajonadora de envase de vidrio
VM	Vaso mezclador	EC	Encajonadora de envase de vidrio
CE	Carbonatador/enfriador	DP	Depaletizadora de cajas de vidrio
ILL	Inspector de lleno	PA	Paletizadora de cajas de vidrio
CO	Codificador		

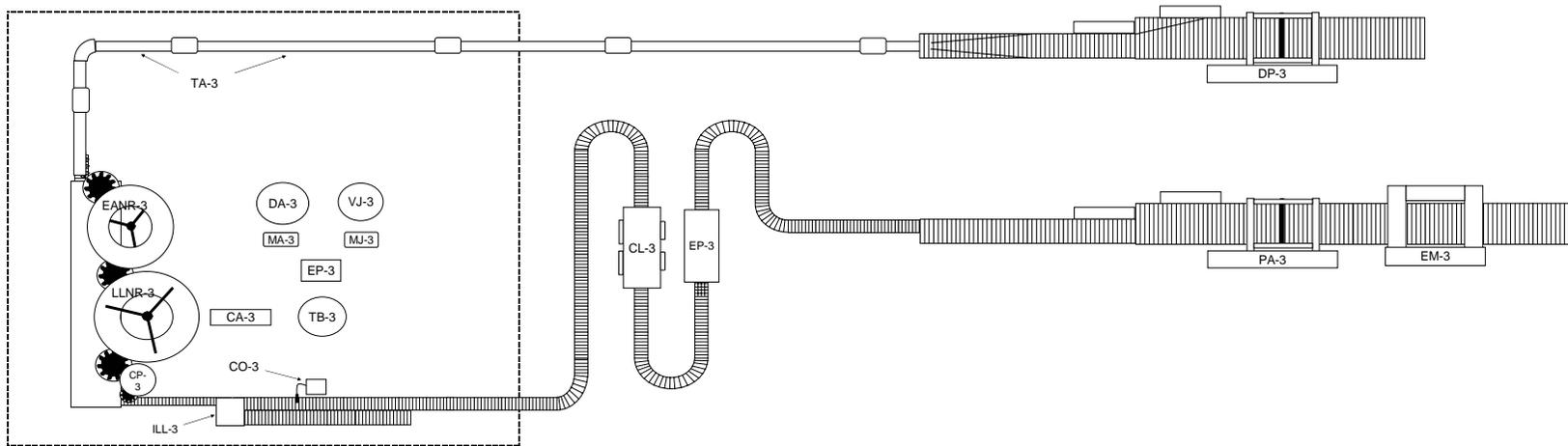
#### 4.6 DIAGRAMA DE LA LÍNEA 2 (PET RETORNABLE)



#### LISTA DE EQUIPO

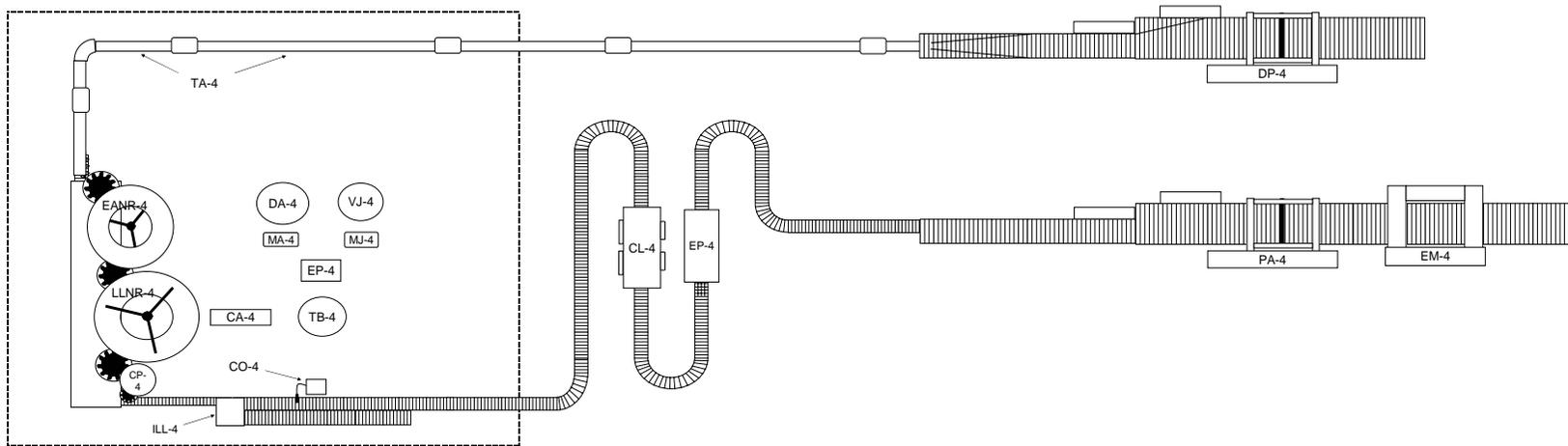
LLR	Llenadora envase pet retornable	CO	Codificador
CP	Capsulador	LA	Lavadora de envase de plástico retornable
DA	Deaerador	LP	Lampara de preinspección
VJ	Vaso de jarabe	DG	Detector de gases
MA	Medidor másico de agua	LC	Lavadora de cajas
MJ	Medidor másico de jarabe terminado	DC	Desenacajadora de envase de plástico retornable
ME	Mezclador estático	EC	Encajonadora de envase de plástico retornable
CE	Carbonatador/enfriador	DP	Depaletizadora de cajas de plástico
ILL	Inspector de lleno	PA	Paletizadora de cajas de plástico
IEV	Inspector electrónico de vacío		

#### 4.7 DIAGRAMA DE LA LÍNEA 3 (PET NO RETORNABLE)



LISTA DE EQUIPO			
LLNR	Llenadora envase pet no retornable	CA	Carbonatador el línea
EANR	Enjuagador Aire ó agua	TA	Transportador aereo para pet
CP	Capsulador	ILL	Inspector de lleno
DA	Deaerador	CO	Codificador
VJ	Vaso de jarabe	EP	Empaquetador botellas de pet
MA	Medidor másico de agua	CL	Calentador de botellas de pet
MJ	Medidor másico de jarabe terminado	DP	Depaletizadora de botellas pet
EP	Enfriador de placas para bebida	PA	Paletizadora de paquetes de pet
TB	Tanque buffer	EM	Emplayador de pallets

#### 4.8 DIAGRAMA DE LA LÍNEA 4 (PET NO RETORNABLE)

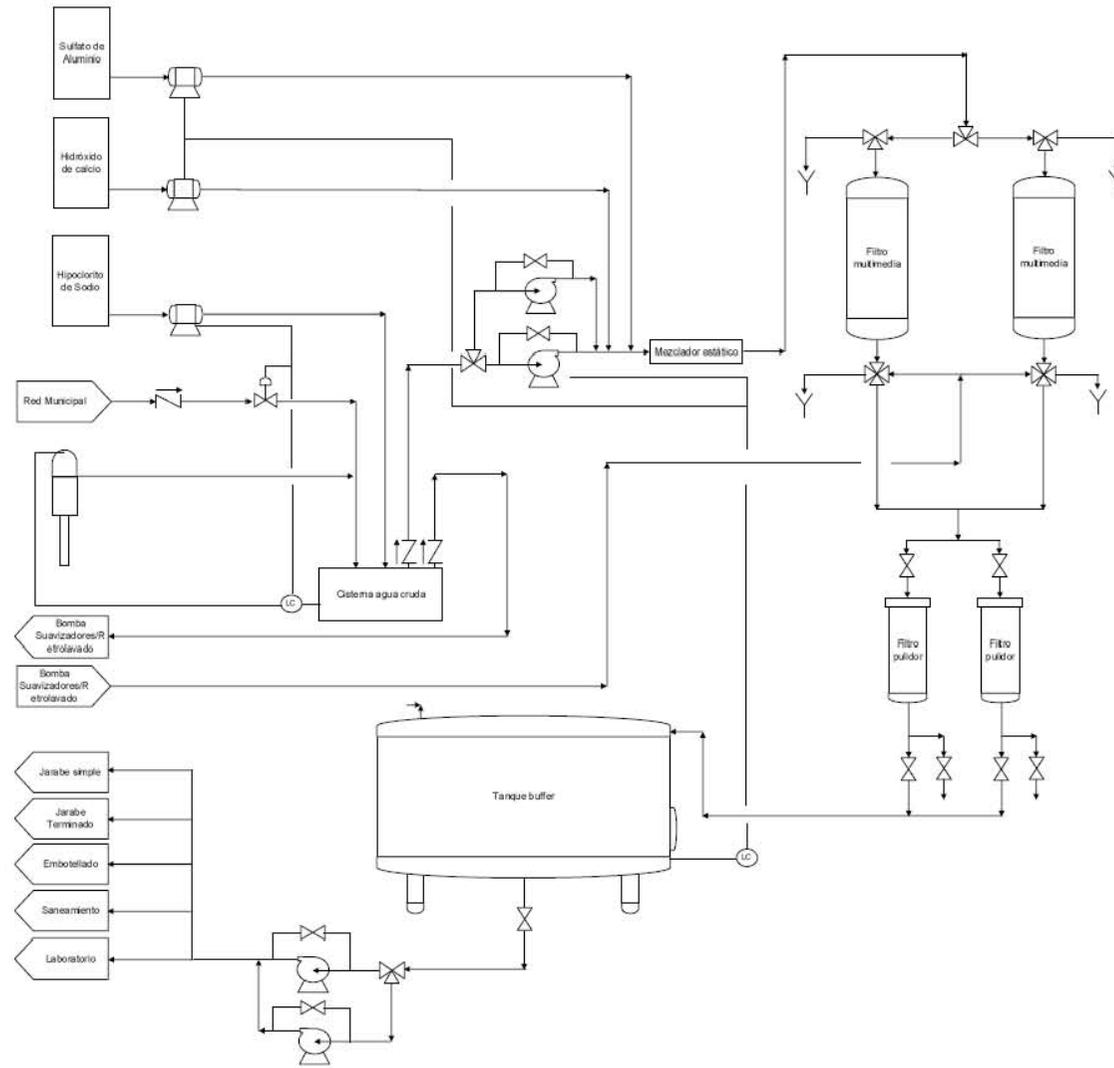


LISTA DE EQUIPOS			
LLNR	Llenadora envase pet no retornable	CA	Carbonatador el línea
EANR	Enjuagador Aire ó agua	TA	Transportador aereo para pet
CP	Capsulador	ILL	Inspector de lleno
DA	Deaereador	CO	Codificador
VJ	Vaso de jarabe	EP	Empaquetador botellas de pet
MA	Medidor másico de agua	CL	Calentador de botellas de pet
MJ	Medidor másico de jarabe terminado	DP	Depaletizadora de botellas pet
EP	Enfriador de placas para bebida	PA	Paletizadora de paquetes de pet
TB	Tanque buffer	EM	Emplayador de pallets

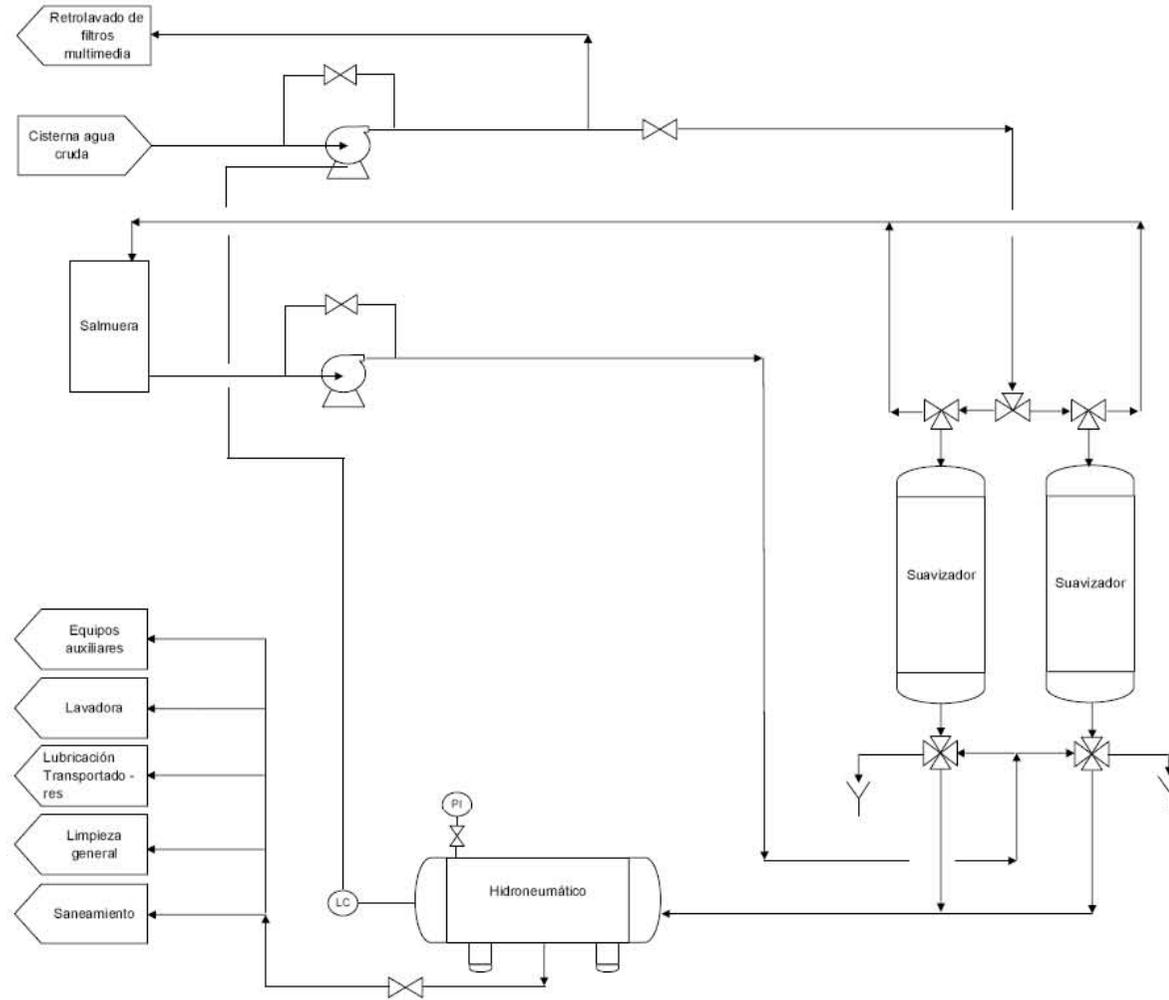
## Capítulo 5.

### Diagramas de tubería e instrumentación.

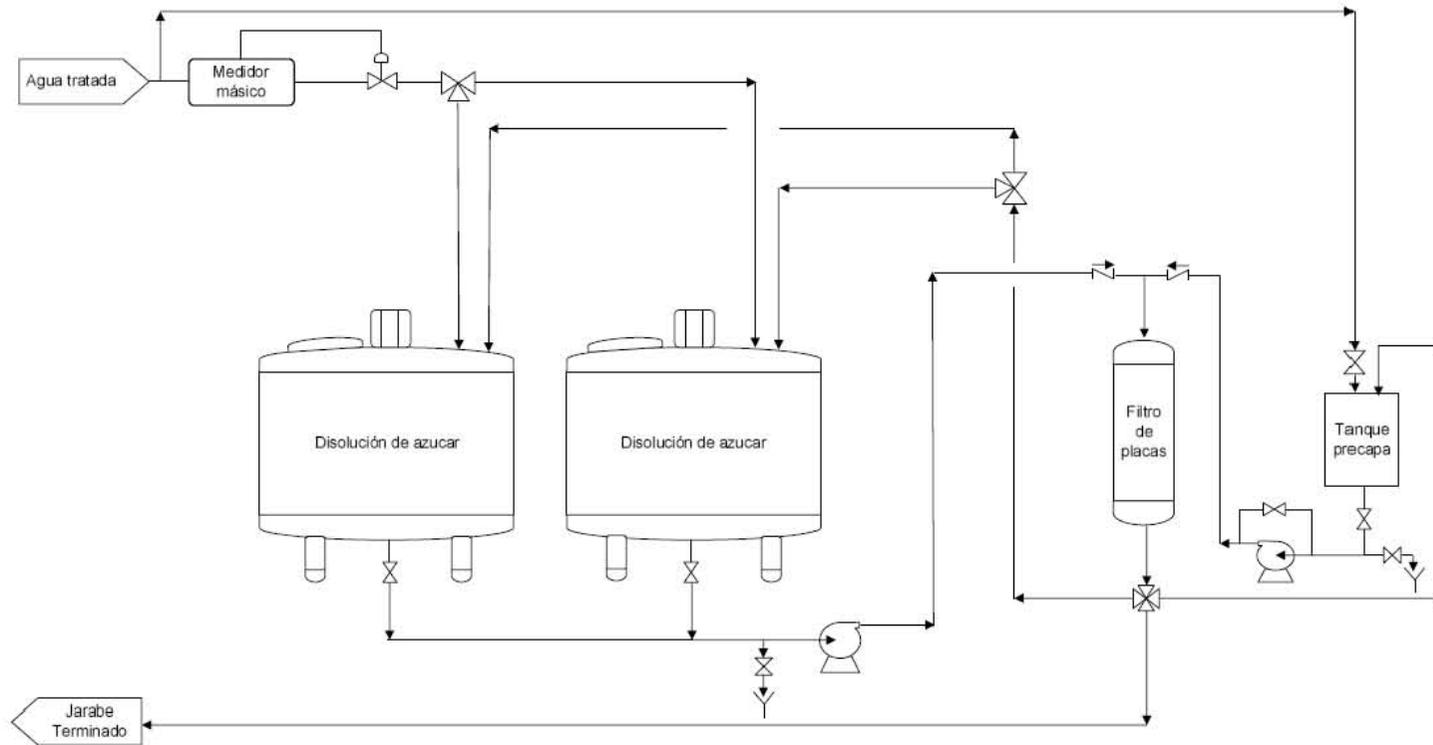
### 5.1 DIAGRAMA DE AGUA TRATADA



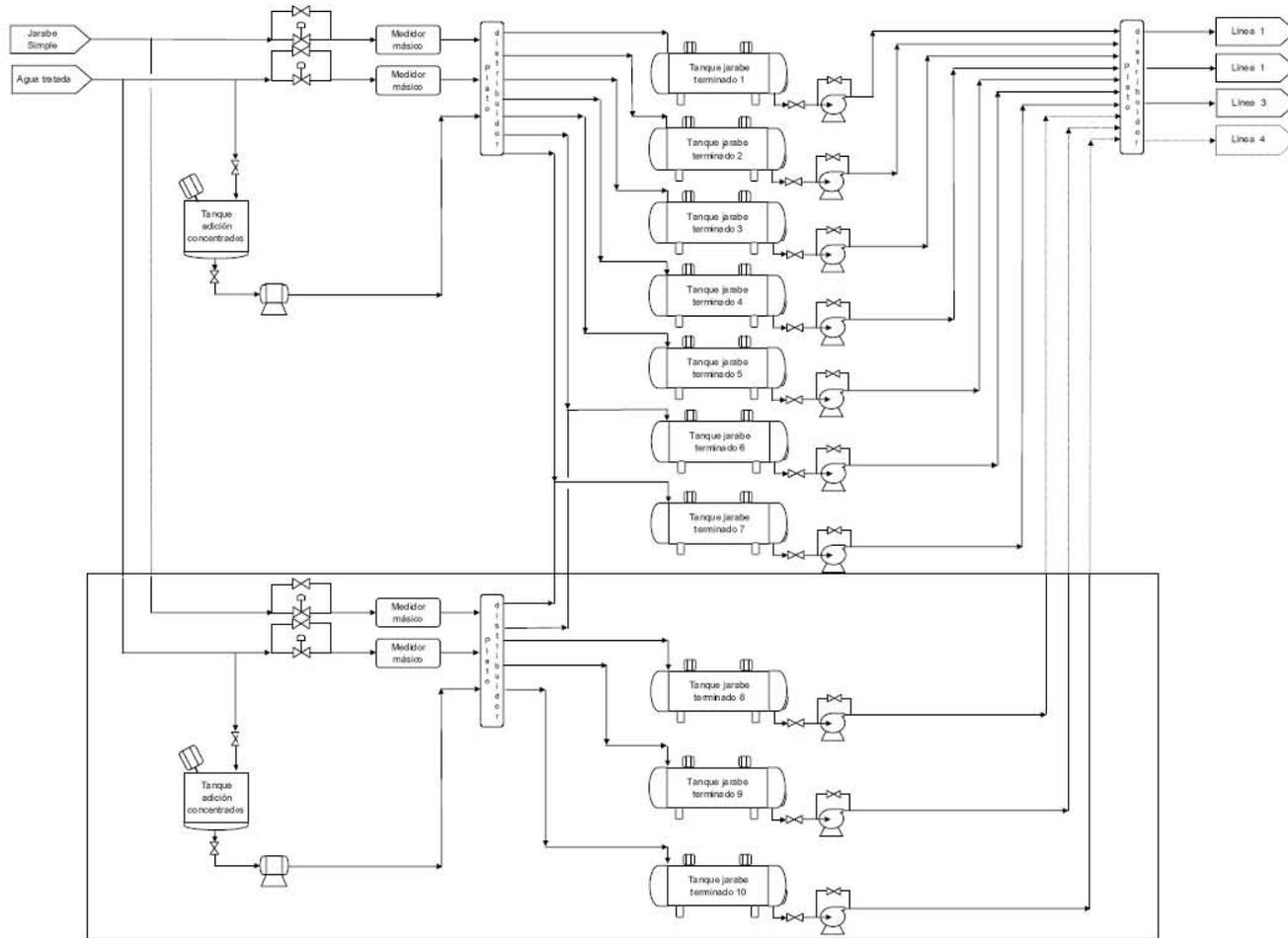
## 5.2 DIAGRAMA DE AGUA SUAVIZADA (SERVICIOS)



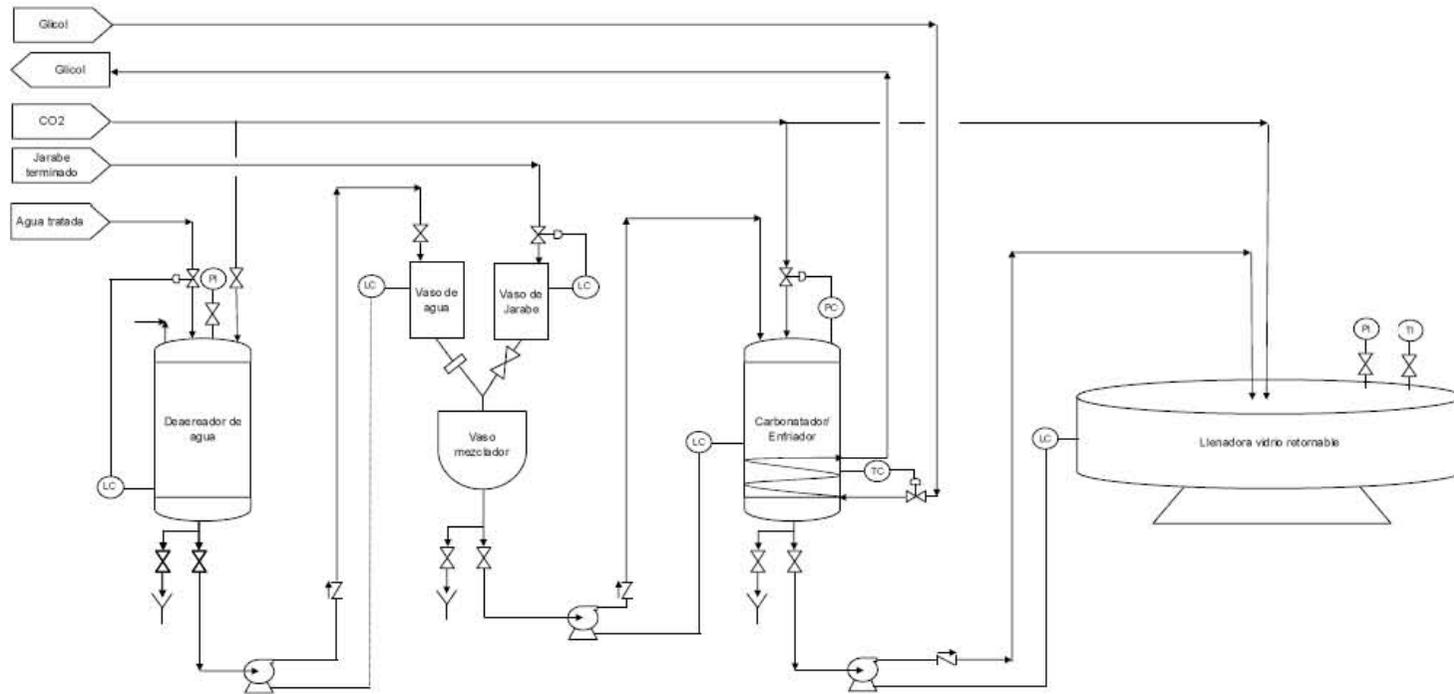
### 5.3 DIAGRAMA DE JARABE SIMPLE



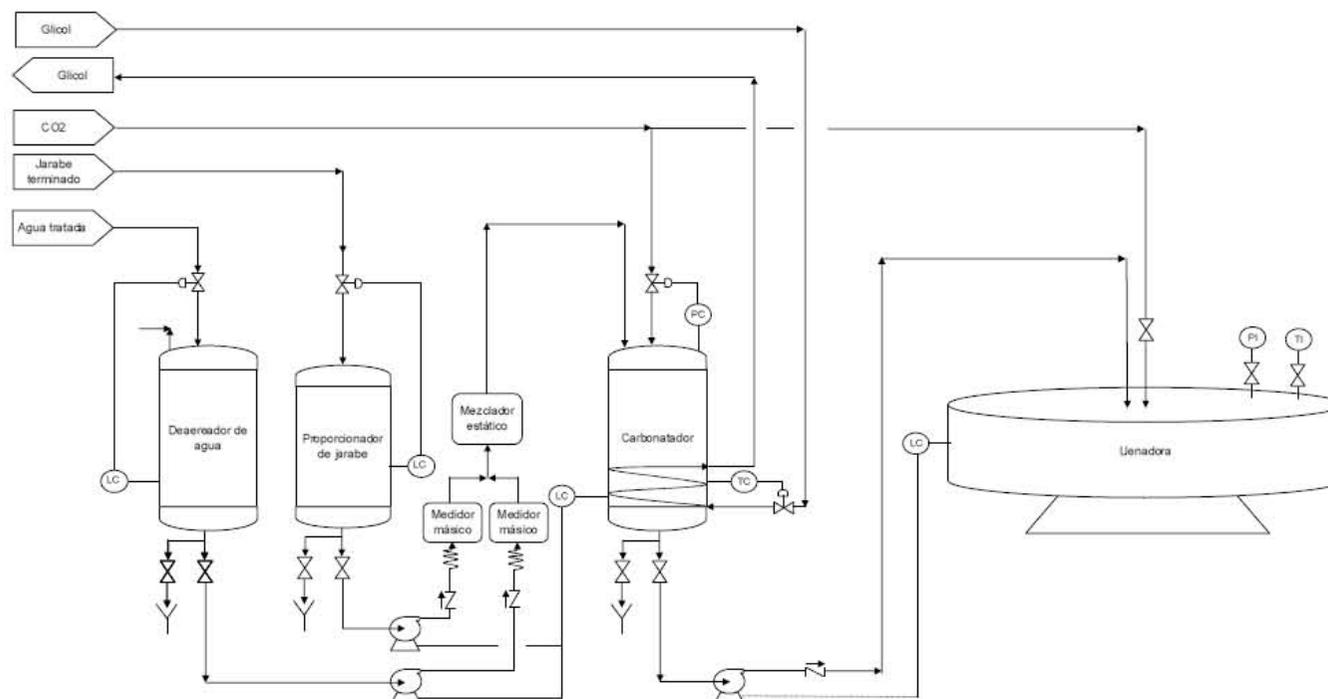
### 5.4 DIAGRAMA DE JARABE TERMINADO



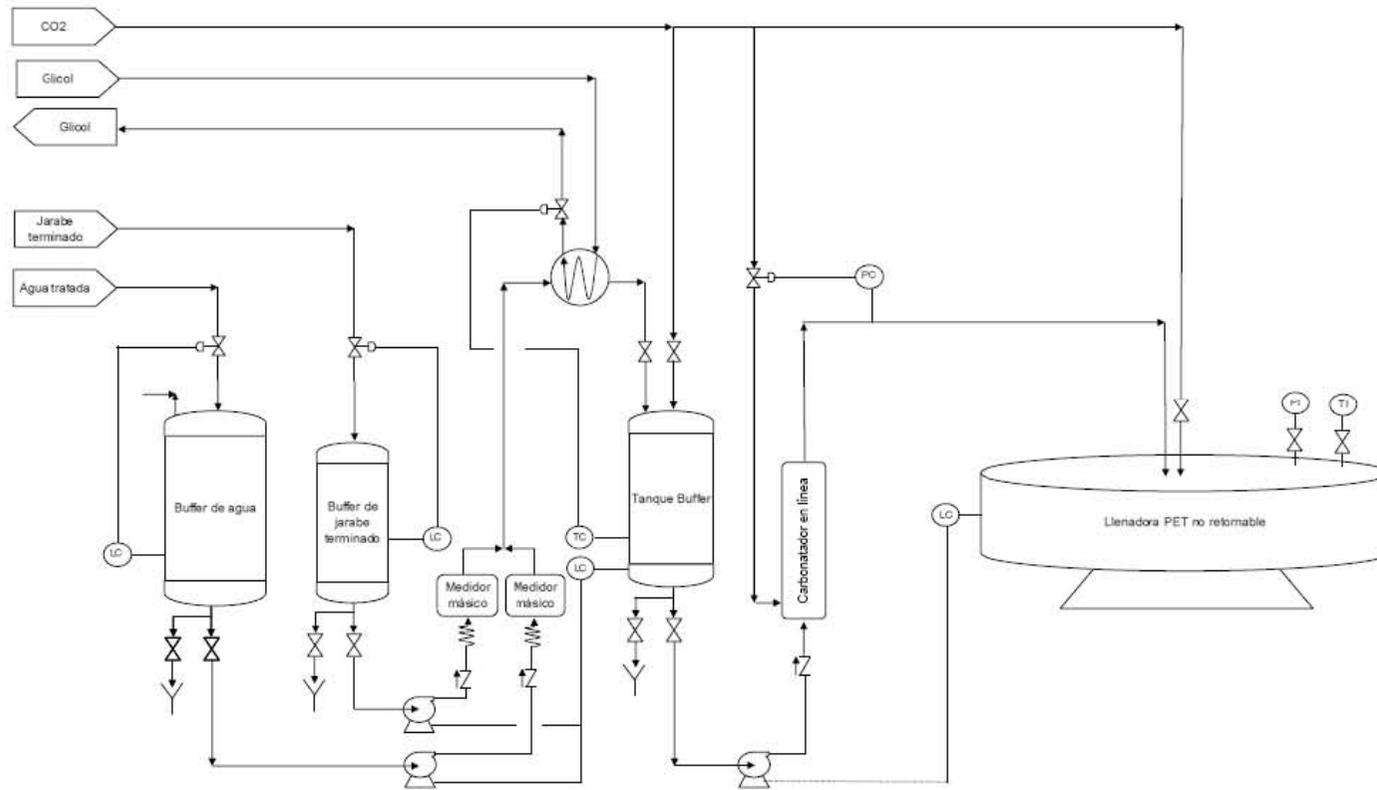
### 5.5 DIAGRAMA LÍNEA 1 (VIDRIO RETORNABLE)



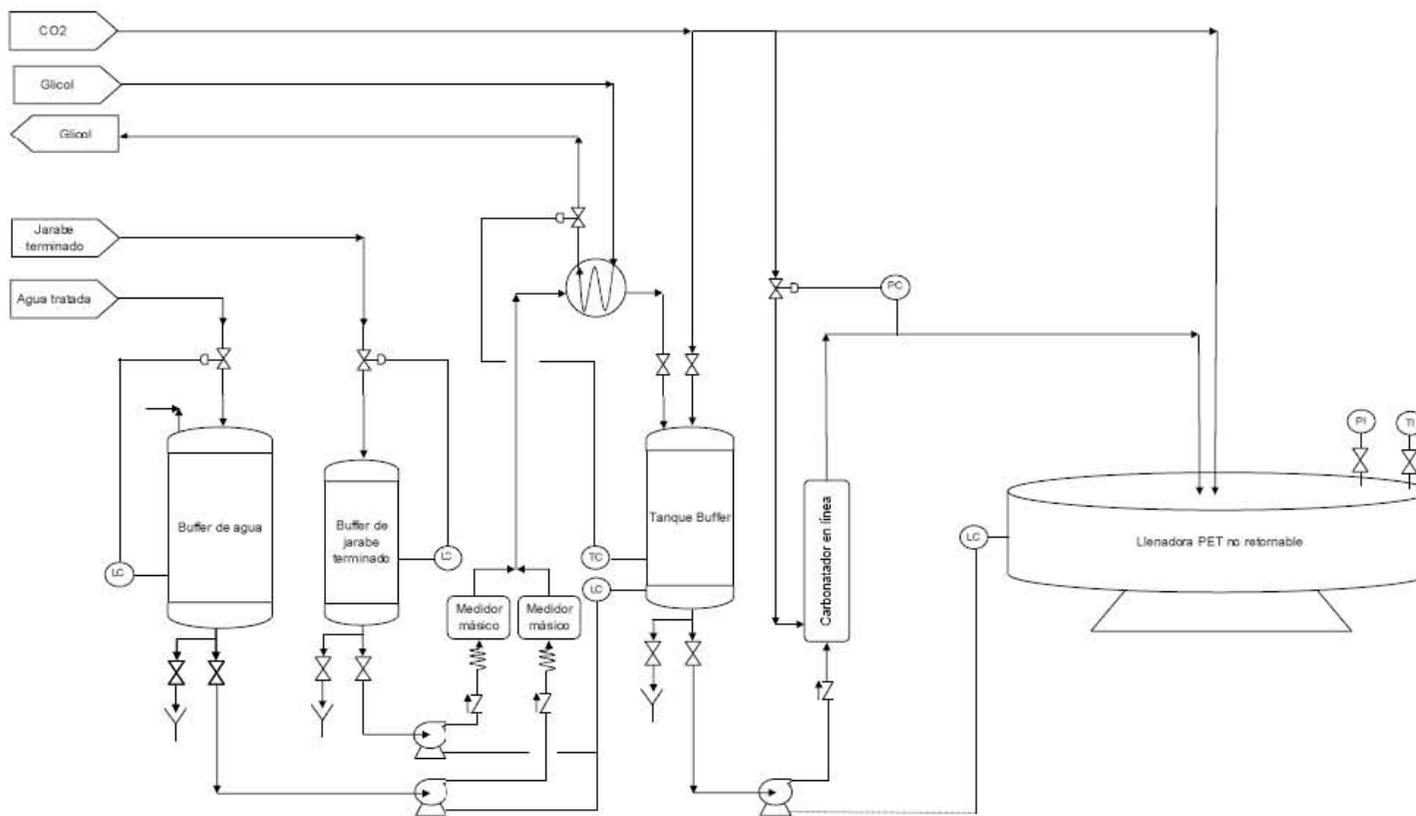
### 5.6 DIAGRAMA LÍNEA 2 (PET RETORNABLE)



### 5.7 DIAGRAMA LÍNEA 3 (PET NO RETORNABLE)



### 5.8 DIAGRAMA LÍNEA 4 (PET NO RETORNABLE)



# Capítulo 6.

## Conclusiones.

## Capítulo 6. Conclusiones

Esta tesis presenta un panorama de la industria de las bebidas carbonatadas y los diferentes procesos de una planta embotelladora con menos de 5 años de antigüedad.

Puede ser usada como un documento de consulta para obtener información y analizar la opción de trabajo en una embotelladora de refrescos, dirigida a los egresados de las carreras de Ingeniería Química, Química, Ingeniería en Alimentos, Químico Farmacéutico Biólogo e Ingeniero Mecánico Electricista.

Además se presenta el método que fue usado recientemente para diseñar una nueva planta embotelladora, así como criterios de diseño y selección que han sido aprendidos con la experiencia.

De acuerdo a los objetivos planteados al inicio de esta tesis podemos concluir lo siguiente:

1. Además de haber determinado las bases de diseño para la construcción de una planta de embotellado que cubra la demanda de producto estimada a 10 años, se ha presentado una herramienta de análisis aplicable a cualquier fábrica.
2. Se han explicado los procesos básicos de una embotelladora de refrescos, así como opciones y recomendaciones de los mismos. Se han dejado asentadas las características específicas de las principales materias primas y que son para consumo humano.
3. Se ha presentado un documento de fácil lectura que permite la consulta para los que desean un panorama general ó algún punto en particular del embotellado de bebidas carbonatadas. Además se han presentado comparaciones del equipo antiguo para embotellado de refrescos, con la tecnología de vanguardia.

# Anexo I.

## **Anexo I.**

### **MODIFICACION a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Salud.

MODIFICACION A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, SALUD AMBIENTAL. AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO. LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION.

JAVIER CASTELLANOS COUTIÑO, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, con fundamento en los artículos 39 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 4o. y 69-H de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 13, apartado A) fracción I, 118, fracción II y 119, fracción II de la Ley General de Salud; 41, 43, 45, 46, fracción II, y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 214, fracción IV y 225 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, y 7, fracciones V y XIX y 25, fracción IV del Reglamento Interior de la Secretaría de Salud, y

#### **CONSIDERANDO**

Que con fecha 16 de diciembre de 1999, en cumplimiento del acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el proyecto de la presente Norma Oficial Mexicana a efecto que dentro de los sesenta días naturales posteriores a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario.

Que con fecha 20 de junio de 2000, fueron publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** las respuestas a los comentarios recibidos por el mencionado Comité, en términos del artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Que en atención a las anteriores consideraciones, contando con la aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, se expide la siguiente:

#### **MODIFICACION A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, SALUD AMBIENTAL. AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO. LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION**

#### **INDICE**

0. Introducción
1. Objetivo y campo de aplicación
2. Referencias
3. Definiciones
4. Límites permisibles de calidad del agua
5. Tratamientos para la potabilización del agua
6. Métodos de prueba
7. Concordancia con normas internacionales y mexicanas
8. Bibliografía

## 9. Observancia de la Norma

## 10. Vigencia

### 0. Introducción

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características microbiológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas, con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor.

Por tales razones la Secretaría de Salud, propone la modificación a la presente Norma Oficial Mexicana, con la finalidad de establecer un eficaz control sanitario del agua que se somete a tratamientos de potabilización a efecto de hacerla apta para uso y consumo humano, acorde a las necesidades actuales.

### 1. Objetivo y campo de aplicación

**1.1** Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano.

**1.2** Esta Norma Oficial Mexicana es aplicable a todos los sistemas de abastecimiento públicos y privados y a cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.

### 2. Referencias

**2.1** NOM-008-SCF1-1993 Sistema General de Unidades de Medida.

**2.2** NOM-012-SSA1-1993 Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados.

**2.3** NOM-013-SSA1-1993 Requisitos sanitarios que debe cumplir la cisterna de un vehículo para el transporte y distribución de agua para uso y consumo.

**2.4** NOM-014-SSA1-1993 Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano, en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

**2.5** NOM-112-SSA1-1994 Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.

**2.6** NOM-117-SSA1-1994 Bienes y Servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.

### 3. Definiciones

Para los efectos de esta Norma Oficial Mexicana se entiende por:

**3.1 Ablandamiento**, proceso de remoción de los iones calcio y magnesio, principales causantes de la dureza del agua.

**3.2 Adsorción**, remoción de iones y moléculas de una solución que presentan afinidad a un medio sólido adecuado, de forma tal que son separadas de la solución.

**3.3 Agua para uso y consumo humano**, agua que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos para la salud. También se denomina como agua potable.

**3.4 Características microbiológicas**, debidas a microorganismos nocivos a la salud humana. Para efectos de control sanitario se determina el contenido de indicadores generales de contaminación microbiológica, específicamente organismos coliformes totales y *Escherichia coli* o coliformes fecales.

**3.5 Características físicas y organolépticas**, las que se detectan sensorialmente. Para efectos de evaluación, el sabor y olor se ponderan por medio de los sentidos y el color y la turbiedad se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio.

**3.6 Características químicas**, las debidas a elementos o compuestos químicos, que como resultado de investigación científica se ha comprobado que pueden causar efectos nocivos a la salud humana.

- 3.7 Características radiactivas**, aquellas resultantes de la presencia de elementos radiactivos.
- 3.8 Coagulación química**, adición de compuestos químicos al agua, para alterar el estado físico de los sólidos disueltos, coloidales o suspendidos, a fin de facilitar su remoción por precipitación o filtración.
- 3.9 Contingencia**, situación de cambio imprevisto en las características del agua por contaminación externa, que ponga en riesgo la salud humana.
- 3.10 Desinfección**, destrucción de organismos patógenos por medio de la aplicación de productos químicos o procesos físicos.
- 3.11 Evaporación**, separación del agua de los sólidos disueltos, utilizando calor como agente de separación, condensando finalmente el agua para su aprovechamiento.
- 3.12 Filtración**, remoción de partículas suspendidas en el agua, haciéndola fluir a través de un medio filtrante de porosidad adecuada.
- 3.13 Floculación**, aglomeración de partículas desestabilizadas en el proceso de coagulación química, a través de medios mecánicos o hidráulicos.
- 3.14 Intercambio iónico**, proceso de remoción de aniones o cationes específicos disueltos en el agua, a través de su reemplazo por aniones o cationes provenientes de un medio de intercambio, natural o sintético, con el que se pone en contacto.
- 3.15 Límite permisible**, concentración o contenido máximo o intervalo de valores de un componente, que no causará efectos nocivos a la salud del consumidor.
- 3.16 Neutralización**, adición de sustancias básicas o ácidas al agua para obtener un pH neutro.
- 3.16.1 Estabilización**, obtención de determinada concentración de sales y pH del agua, para evitar la incrustación o corrosión de los materiales con que se fabrican los elementos que la conducen o contienen.
- 3.17 Osmosis inversa**, proceso esencialmente físico para remoción de iones y moléculas disueltos en el agua, en el cual por medio de altas presiones se fuerza el paso de ella a través de una membrana semipermeable de porosidad específica, reteniéndose en dicha membrana los iones y moléculas de mayor tamaño.
- 3.18 Oxidación**, pérdida de electrones de un elemento, ion o compuesto por la acción del oxígeno u otro agente oxidante.
- 3.19 Potabilización**, conjunto de operaciones y procesos, físicos y/o químicos que se aplican al agua en los sistemas de abastecimiento públicos o privados, a fin de hacerla apta para uso y consumo humano.
- 3.20 Sedimentación**, proceso físico que consiste en la separación de las partículas suspendidas en el agua, por efecto gravitacional.
- 3.21 Sistema de abastecimiento de agua**, conjunto de elementos integrados por las obras hidráulicas de captación, conducción, potabilización, desinfección, almacenamiento o regulación y distribución.

#### 4. Límites permisibles de calidad del agua

4.1 Límites permisibles de características microbiológicas.

4.1.1 El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la Tabla 1.

TABLA 1

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectables
<i>E. coli</i> o coliformes fecales u organismos	Ausencia o no detectables

termotolerantes	
-----------------	--

**4.1.2** Bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes podrán establecer los agentes biológicos nocivos a la salud que se deban investigar.

**4.1.3** Las unidades de medida deberán reportarse de acuerdo a la metodología empleada.

**4.1.4** El agua abastecida por el sistema de distribución no debe contener *E. coli* o coliformes fecales u organismos termotolerantes en ninguna muestra de 100 ml. Los organismos coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml; en sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor de 50 000 habitantes; estos organismos deberán estar ausentes en el 95% de las muestras tomadas en un mismo sitio de la red de distribución, durante un periodo de doce meses de un mismo año.

**4.2** Límites permisibles de características físicas y organolépticas.

**4.2.1** Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Tabla 2.

**TABLA 2**

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

**4.3** Límites permisibles de características químicas.

**4.3.1** El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 3. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

**TABLA 3**

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0,20
Arsénico (Nota 2)	0,05
Bario	0,70
Cadmio	0,005
Cianuros (como CN-)	0,07
Cloro residual libre	0,2-1,50
Cloruros (como Cl-)	250,00
Cobre	2,00
Cromo total	0,05

Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	500,00
Fenoles o compuestos fenólicos	0,3
Fierro	0,30
Fluoruros (como F <sup>-</sup> )	1,50
Hydrocarburos aromáticos en microgramos/l:	
Benceno	10,00
Etilbenceno	300,00
Tolueno	700,00
Xileno (tres isómeros)	500,00
Manganeso	0,15
Mercurio	0,001
Nitratos (como N)	10,00
Nitritos (como N)	1,00
Nitrógeno amoniacal (como N)	0,50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6,5-8,5
Plaguicidas en microgramos/l:	
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0,03
Clordano (total de isómeros)	0,20
DDT (total de isómeros)	1,00
Gamma-HCH (lindano)	2,00
Hexaclorobenceno	1,00
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0,03
Metoxicloro	20,00
2,4 – D	30,00
Plomo	0,01
Sodio	200,00
Sólidos disueltos totales	1000,00
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> )	400,00

Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0,50
Trihalometanos totales	0,20
Yodo residual libre	0,2-0,5
Zinc	5,00

**Nota 1.** Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

**Nota 2.** El límite permisible para arsénico se ajustará anualmente, de conformidad con la siguiente tabla de cumplimiento gradual:

**TABLA DE CUMPLIMIENTO GRADUAL**

Límite permisible mg/l	Año
0,045	2001
0,040	2002
0,035	2003
0,030	2004
0,025	2005

**4.3.2** En caso de que en el sistema de abastecimiento se utilicen para la desinfección del agua, métodos que no incluyan cloro o sus derivados, la autoridad sanitaria determinará los casos en que adicionalmente deberá dosificarse cloro al agua distribuida, para mantener la concentración de cloro residual libre dentro del límite permisible establecido en la Tabla 3 de esta Norma.

**4.4** Límites permisibles de características radiactivas.

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 4. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

**TABLA 4**

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE Bq/l
Radiactividad alfa global	0,56
Radiactividad beta global	1,85

## **5. Tratamientos para la potabilización del agua**

La potabilización del agua proveniente de una fuente en particular, debe justificarse con estudios de calidad y pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para asegurar su efectividad.

Se deben aplicar los tratamientos específicos siguientes o los que resulten de las pruebas de tratabilidad, cuando los contaminantes microbiológicos, las características físicas y los constituyentes químicos del agua listados a continuación, excedan los límites permisibles establecidos en el apartado 4 de esta Norma.

### **5.1 Contaminación microbiológica.**

**5.1.1** Bacterias, helmintos, protozoarios y virus. Deben desinfectarse con cloro, compuestos de cloro, yodo<sup>1</sup>, ozono, luz ultravioleta; plata iónica o coloidal; coagulación-sedimentación-filtración; filtración en múltiples etapas.

**5.2** Características físicas y organolépticas.

**5.2.1** Color, olor, sabor y turbiedad.- Oxidación-coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado.

**5.3** Constituyentes químicos.

**5.3.1** Arsénico. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; intercambio iónico u ósmosis inversa.

**5.3.2** Aluminio, bario, cadmio, cianuros, cobre, cromo total y plomo. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; intercambio iónico u ósmosis inversa.

**5.3.3** Cloruros. Intercambio iónico, ósmosis inversa o evaporación.

**5.3.4** Dureza. Ablandamiento químico o intercambio iónico.

**5.3.5** Fenoles o compuestos fenólicos. Oxidación-coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado u oxidación con ozono.

**5.3.6** Hierro y/o manganeso. Oxidación-filtración, intercambio iónico u ósmosis inversa.

**5.3.7** Fluoruros. Alúmina activada, carbón de hueso u ósmosis inversa.

**5.3.8** Hidrocarburos aromáticos. Oxidación-filtración o adsorción en carbón activado.

**5.3.9** Mercurio. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado granular u ósmosis inversa cuando la fuente de abastecimiento contenga hasta 10 microgramos/l. Adsorción en carbón activado en polvo cuando la fuente de abastecimiento contenga más de 10 microgramos/l.

**5.3.10** Nitratos y nitritos. Intercambio iónico o coagulación-floculación-sedimentación-filtración.

**5.3.11** Nitrógeno amoniacal. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración, desgasificación o desorción en columna.

**5.3.12** pH (potencial de hidrógeno). Neutralización.

**5.3.13** Plaguicidas. Adsorción en carbón activado granular.

**5.3.14** Sodio. Intercambio iónico.

**5.3.15** Sólidos disueltos totales. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración y/o intercambio iónico.

**5.3.16** Sulfatos. Intercambio iónico u ósmosis inversa.

**5.3.17** Sustancias activas al azul de metileno. Adsorción en carbón activado.

**5.3.18** Trihalometanos. Oxidación con aireación u ozono y adsorción en carbón activado granular.

**5.3.19** Zinc. Evaporación o intercambio iónico.

**5.4** En el caso de contingencia, resultado de la presencia de sustancias especificadas o no especificadas en el apartado 4, las autoridades locales, la Comisión Nacional del Agua, los responsables del abastecimiento y los particulares, instituciones públicas o empresas privadas, involucrados en la contingencia, deben coordinarse con la autoridad sanitaria competente, para determinar las acciones que se deben realizar con relación al abastecimiento de agua a la población.

## **6. Métodos de prueba**

La selección de los métodos de prueba para la determinación de los parámetros definidos en esta Norma, es responsabilidad de los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, y serán aprobados por la Secretaría de Salud a través del área correspondiente. Deben establecerse en un Programa de Control de Calidad Analítica del Agua, y estar a disposición de la autoridad competente, cuando ésta lo solicite, para su evaluación correspondiente.

## 7. Concordancia con normas internacionales y nacionales

Esta Norma Oficial Mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional.

## 8. Bibliografía

- 8.1** Directrices Canadienses para la Calidad del Agua Potable. 6ta. edición. Ministerio de Salud. 1996.
- 8.2** Desinfección del Agua. Oscar Cáceres López. Lima, Perú. Ministerio de Salud. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1990.
- 8.3** Guías para la Calidad del Agua Potable. Volumen 1. Recomendaciones. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1985.
- 8.4** Guías para la Calidad del Agua Potable. Volumen 1. Recomendaciones. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1995.
- 8.5** Guías para la Calidad del Agua Potable. Volumen 2. Criterios relativos a la salud y otra información de base. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1987.
- 8.6** Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Oficiales Mexicanas. Proyecto de Revisión. SECOFI. 1992.
- 8.7** Guías para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y el Caribe. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1995.
- 8.8** Guide to Selection of Water Treatment Processes. Carl L. Hamann Jr., P.E. J. Brock Mc. Ewen, P.E. Anthony G. Meyers, P.E.
- 8.9** Ingeniería Ambiental. Revista No. 23. Año 7. 1994.
- 8.10** Ingeniería Sanitaria Aplicada a la Salud Pública. Francisco Unda Opazo. UTEHA 1969.
- 8.11** Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales. Gordon M. Fair, John C. Geyer, Daniel A. Okun. Limusa Wiley. 1971.
- 8.12** Instructivo para la Vigilancia y Certificación de la Calidad Sanitaria del Agua para Consumo Humano. Comisión Interna de Salud Ambiental y Ocupacional. Secretaría de Salud 1987.
- 8.13** Importancia para la Salud Pública de los Indicadores Bacterianos que se Encuentran en el Agua Potable. Martin J. Allen. Organización Panamericana de la Salud. OMS. Lima Perú, 1996.
- 8.14** Integrated Design of Water Treatment Facilities. Susumu Kawamura. John Willey and Sons, Inc. 1991.
- 8.15** Manual de Normas de Calidad para Agua Potable. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. 1982.
- 8.16** Manual de Normas Técnicas para el Proyecto de Plantas Potabilizadoras. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. 1979.
- 8.17** Manual de Técnicas Analíticas del Laboratorio Nacional de Salud Pública. Secretaría de Salud.
- 8.18** Método de Tecnología de Substrato Definida para el Conteo Simultáneo Rápido y Específico de los Coliformes Totales y la *Escherichia coli* del agua. Stephen C. Edberg, Martin J. Allen & Darrell B. Smith. Journal Association Official Analytical Chemists (Vol. 74 No. 3, 1991).
- 8.19** Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM- -SSA1- 1996 Vigilancia y evaluación del control de la calidad del agua para uso y consumo humano, distribuidas por sistemas de abastecimiento público.
- 8.20** Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios. **Diario Oficial de la Federación**. 18 de enero de 1988.

**8.21** Regulaciones Nacionales Primarias del Agua Potable, Técnicas Analíticas: bacteria coliforme. Agencia de Protección Ambiental (USA). 1992.

**8.22** Revision of the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. IPS. International Programme on Chemical Safety. United Nations Environment Programme. International Labour Organization. World Health Organization. 1991.

**8.23** WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. Volume 1. Recommendations. World Health Organization. 1992.

**8.24** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th. Edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 1995.

**8.25** WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. Volume 2. Health Criteria and Other Supporting Information. Chapter 1: Microbiological Aspects. United Nations Environment Programme. International Labour Organization. World Health Organization. 1992.

## **9. Observancia de la Norma**

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Salud en coordinación con los gobiernos estatales, municipales, el Gobierno del Distrito Federal, las Comisiones Estatales de Agua y Saneamiento y la Comisión Nacional del Agua, en sus respectivos ámbitos de competencia.

## **10. Vigencia**

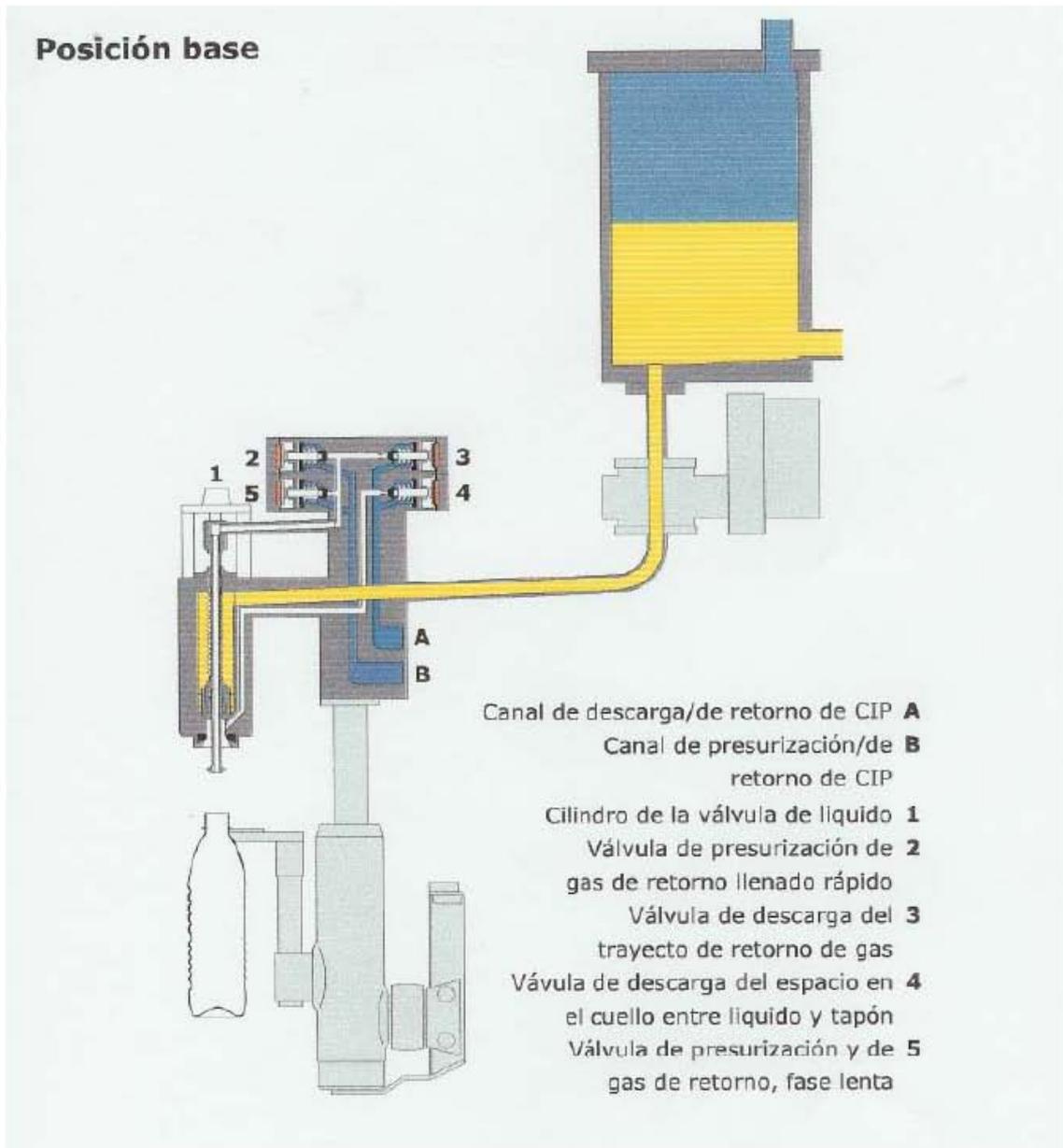
La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los noventa días de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 20 de octubre de 2000.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, **Javier Castellanos Coutiño**.- Rúbrica.

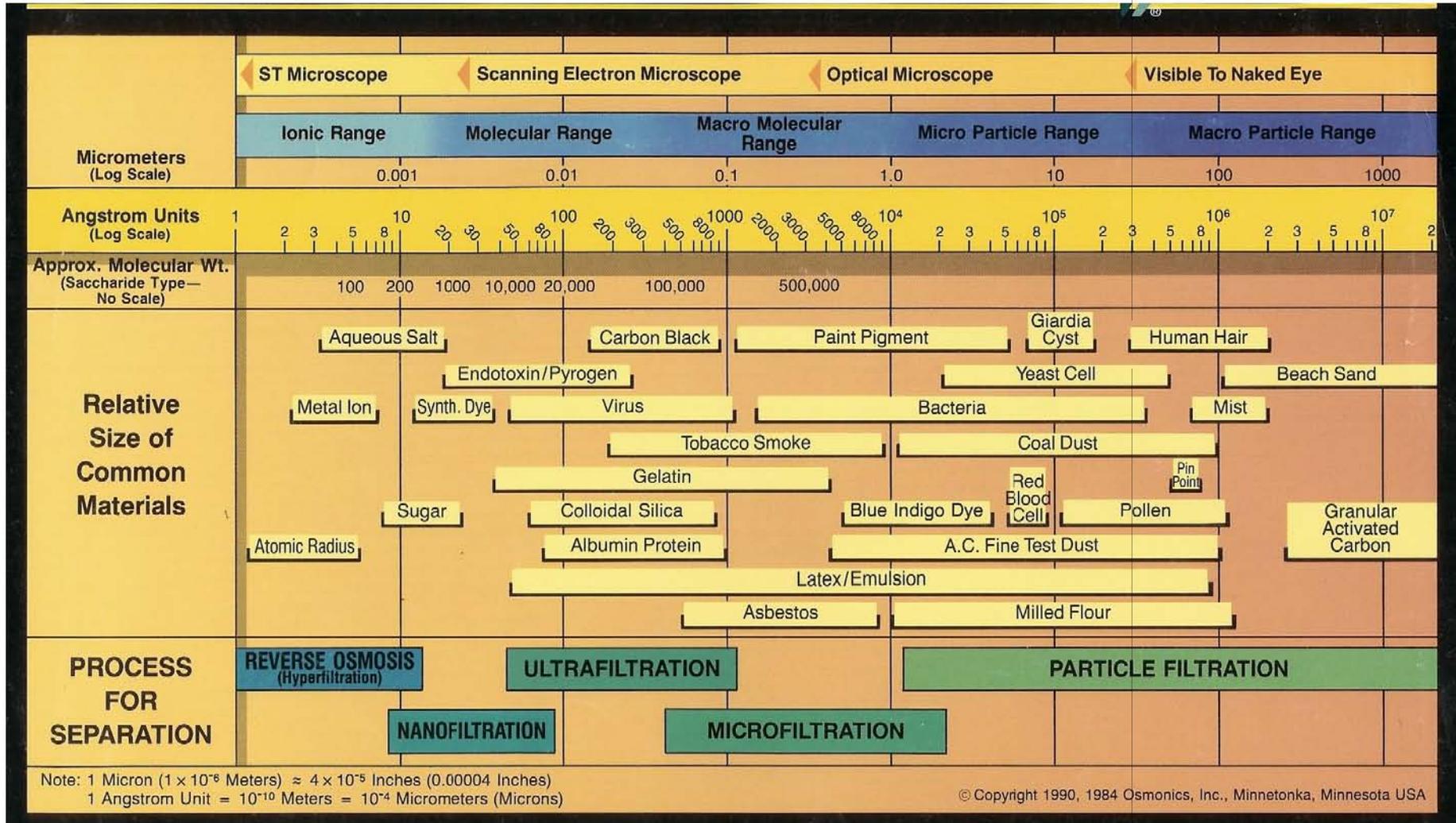
## Anexo II.

## Anexo II. Diagrama de una válvula de llenado volumétrica.



## Anexo III.

# Anexo III. Espectro de filtración



## Anexo IV.

#### Anexo IV. Formula para el cálculo de los volúmenes de carbonatación.

$$\text{Volúmenes de Carbonatación} = (E \times T \times Pr) + \left( \frac{A - B \times T}{C \times T - D} \times Pa \times T \right)$$

Donde:

- T = Temperatura de la Muestra(°C) + 273.16
- A = 0.01898
- B =  $4.7591 \times 10^{-5}$
- C = 0.03275
- D = 7.9567
- E =  $2.6070 \times 10^{-4}$
- Pr = Presión de la Muestra (kg/cm<sup>2</sup>) ÷ 1.03321
- Pa = Pr + 1

## Referencias bibliográficas.

1. Análisis Químico Cuantitativo, Fernando Orozco, Porrúa.
2. Asociación Nacional de Productores de Refrescos y Aguas Carbonatadas, A.C. (ANPRAC).
3. Compendium of Food Additive Specification, Joint FAO / WHO Expert Committee on Food Additives.
4. [http://www.activatedcarbon.com.mx/misterio\\_car\\_activ.htm](http://www.activatedcarbon.com.mx/misterio_car_activ.htm)
5. <http://www.krones.com>
6. <http://www.coca-colamexico.com.mx/>
7. <http://inventors.about.com/library/weekly/aa091699.htm>
8. <http://potablewater.iespana.es/>
9. <http://www.e-arca.com.mx/principal.htm>
10. <http://www.sedapal.com.pe/bvs/coagulacion-floculacion.pdf>
11. [http://www.marketing-up.com.mx/noticias\\_mkup.php?acc=ver&id=388](http://www.marketing-up.com.mx/noticias_mkup.php?acc=ver&id=388)
12. "Integrated Design of Water Treatment Facilities". Susumu Kawamura. John Willey and Sons, Inc. 1991.
13. Introducción a la Ingeniería Química, Littlejhon y Meenaghan, CECSA.
14. "Manual del agua potable". F. R. Spellman y J.Drinan. Año 2004.
15. Manual del Ingeniero Químico Vol. II, John H. Perry, UTEHA.
16. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".
17. Quality Guidelines and Analytical Procedure Bibliography for "Bottlers" Carbon Dioxide (International Society of Beverage Technologists Publications Carbon Dioxide.
18. Standard Methods for Examination of Water, 20<sup>th</sup> Edition, 1998.
19. United States Food Chemical Codex Standards.