

300618
5²⁴



Universidad La Salle

ESCUELA DE QUIMICA
Incorporada a la U. N. A. M.

ESTUDIO DE LA ELABORACION DE ENVASES DE
VIDRIO PARA BEBIDAS CARBONATADAS NO ALCOHOLICAS

Tesis Profesional

Que para obtener el Título de
INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a

ERNESTO MORENO LOPEZ ORTEGA

México, D. F.

FALLA DE ORIGEN

1989



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 está 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.

INDICE

Capítulo 1. Introducción.	1
Capítulo 2. Antecedentes.	2
2.1 Reseña Histórica	2
2.2 Características del Vidrio	7
2.3 Partes de un Envase	11
2.4 Tipos de Envases y Normas	14
Capítulo 3. Materias Primas y Maquinaria para la Fabricación de Envases de Vidrio.	22
3.1 Materiales Utilizados	22
3.2 Formulaciones Típicas	27
3.3 Descripción General de la Maquinaria	30
Capítulo 4. Diseño y Especificaciones de Envases de Vidrio	44
4.1 Generalidades	44
4.2 Consideraciones del Diseño del Envase para Bebidas Carbonatadas no Alcohólicas	48
4.3 Aplicación Práctica para el Cálculo de Diseño	52

Capítulo 5. Procesos de Fabricación	58
5.1 Tipos de Procesos	58
5.2 Variables de Proceso	61
5.3 Descripción del Proceso	64
5.4 Equipo Moldeo para el Proceso Soplo-Soplo	70
Capítulo 6. Conclusiones	77
Capítulo 7. Bibliografía	79

Capítulo 1. Introducción.

El presente trabajo tienen como finalidad la presentación e información del moldeo de envases de vidrio para bebidas carbonatadas no alcohólicas.

Para ello nos centraremos en los antecedentes que nos permitirán ver la evolución, características y partes de los envases de vidrio existentes en la actualidad y su competitividad con otros envases.

Asimismo se mencionará la disponibilidad de las materias primas utilizadas, así como la maquinaria para la fabricación de envases de vidrio sin olvidarnos del diseño y especificaciones de esta clase de envases para bebidas carbonatas no alcohólicas.

Esto nos llevará a los diferentes tipos de procesos que hay en la fabricación de envases de vidrio del caso en estudio. La descripción del proceso, haciendo mención de las variables, en el cual se ve involucrada la fabricación de un envase de vidrio y el equipo de moldeo que se necesita para la elaboración del recipiente por el proceso soplo-soplo.

Capítulo 2. Antecedentes.

2.1 Reseña Histórica

El vidrio ha sido usado por el hombre desde tiempos muy remotos. Objetos hechos a mano de un vidrio natural se han encontrado en los más variados lugares. El más común de estos vidrios naturales es la obsidiana traslúcida y la de color negruzco.

La invención del vidrio soplado causó una revolución industrial que cambió un lujo a una necesidad. El vidrio sólo había sido usado para artículos preciosos pequeños, pero el proceso de vidrio soplado con la ayuda de una pipeta de tubo hizo posible la producción en masa de un artículo mejor y más barato. El lugar y la fecha del primer vidrio soplado no se conoce con certeza, se piensa que podría haber sido en la doceava dinastía china, según las representaciones de Beni Hasan, que mostraba trabajadores con lo que parecía un tubo de soplado frente a un fuego. Ahora se sabe que estos tubos de soplado, eran usados para trabajar con metal. Se cree actualmente que la invención del vidrio soplado ocurrió un poco antes que el principio de la era cristiana.

Existe un grupo de vasos soplados con un molde que pertenece a talleres Sirios de aquel tiempo, muchos ejemplos de los

cuales llevan la firma de los artistas en símbolos griegos como parte del diseño. Los más famosos nombres son: Ennion y Artas, y sus vasos se han encontrado en ambos lados del Mediterráneo.

Los artesanos sirios estaban colocados, sin duda, entre los primeros fabricantes de vidrio soplado en moldes y es muy probable que ellos inventaran el proceso.

La pieza más antigua de vidrio es un amuleto moldeado de color lapislazuli, de aproximadamente 7000 años A.C. Algunos fragmentos de vidrio verde oscuro aparecen alrededor del año 5000 A.C.

Hay algunas evidencias que indican que el inicio de la fabricación de vidrio fue, en parte, el resultado de la invención del vidrio soplado, pero esto no hubiera tenido éxito sin la estabilidad comercial del Imperio Romano. De ésta manera el vidrio se convirtió en un material común para el ama de casa, se usaba en las mesas, baños, botes de ungentos, almacenamiento de vinos y otros líquidos, en sellos y lacrados.

Aunque la fabricación de vidrio probablemente continuó en la época oscura, fue período de vigor intelectual en el

mundo islámico, donde la fabricación de vidrio se benefició de ese espíritu. Durante este período los árabes utilizaron al vidrio como pesas para mayor exactitud. Los siguientes siglos se extendió rápidamente desde Venecia.

En síntesis se puede decir que las tres etapas más importantes fueron: Descubrimiento, soplado y trabajo mecánico o maquinado del vidrio.

Un período artístico muy importante para el vidrio, ocurrió cuando Venecia centraliza y restringe severamente la fabricación de éste en la Isla de Murano durante aproximadamente cuatro siglos (1250-1650 D.C.), mediante mano de obra muy calificada que incluía las operaciones de prensado y soplado, por medio de las cuales se logró contruir piezas de gran valor estético, manteniendo sus procesos en secreto y prohibiendo la migración de los artesanos. Los envases fabricados se reducían al tipo pequeño utilizado para medicinas o cosméticos. La era del envase del vidrio, empieza en realidad a hacia mediados del siglo XVII, aunque se pueden considerar sus inicios en el siglo XV, durante el cual el envase de vidrio se hace mucho más común en Europa y además el uso del tapón de corcho le da un gran impulso orientándose su fabricación al envase de vino.

El período de 1880 a 1920 se conoce como la época de la revolución mecánica en la manufactura de envases de vidrio. En la primera década (1880-1890), se descubren los fundamentos básicos de los procesos de formado: el proceso de prensa-soplo, que incluía entrega manual de gota, el prensado de un artículo entre una cavidad y un émbolo, la transferencia del vidrio a un molde de soplo mayor y la aplicación de aire comprimido que provoca el alargamiento el vidrio para entrar en contacto con el segundo molde.

El proceso soplo-soplo, descubierto en Inglaterra unos años después, implicaba el concepto fundamental de hacer una botella de cuello estrecho. El tercer concepto básico, para la producción de botella fue introducido por M.J. Owens, en la última década del siglo XIX, primer proceso completamente automático de succión y soplado que hizo posible la producción de botellas uniformes en peso, tamaño, contorno, capacidad y dimensiones en terminado.

El proceso moderno de fabricación de envases, se inicia con el alimentador de gota (chorreador automático), sincronizado con la máquina que alimenta "velas" o cargas de igual peso y forma. Nacen las máquinas Owens así como las máquinas Linch para dar paso a las máquinas de sección individual (I.S.), que utilizan éste proceso

Desde entonces la industria del vidrio, ha sufrido una serie de innovaciones y cambios tecnológicos crecientes en todas sus áreas, que es el resultado, principalmente, de los esfuerzos de investigación y desarrollo para establecer ventajas competitivas entre los fabricantes.

2.2 Características del Vidrio

Existen diferentes fórmulas para la elaboración del vidrio, y su selección se hace en función de la disponibilidad y la composición de las materias primas.

La composición básica es la siguiente: alrededor de 3 óxidos inorgánicos, arena sílica 73%, ceniza de sodio 14% y cal 11% además intervienen en menos proporciones otros óxidos metálicos usados como colorantes, oxidantes, reductores y estabilizadores.

De las propiedades sobresalientes del vidrio se puede mencionar que este un material inerte, en estado amorfo, impermeable a vapores y gases, higiénico, transparente, moldeable, estético y económico; es un vehículo a través del cual muchos productos están en el mercado protegidos de los agentes del medio ambiente.

En el siguiente cuadro se pueden observar algunas otras propiedades del vidrio. (Cuadro 1)

En la vida diaria se está tan acostumbrado al trato de botellas, tarros, pomos y otros recipientes de vidrio que agradablemente ofrecen su contenido, que resulta interesante conocer más acerca de ellos.

PROPIEDADES DEL VIDRIO

Físicas	Químicas	Térmicas	Mecánicas	Ópticas	Eléctricas
Densidad	Composición	Calor Específico	Elasticidad	Reflexión	Conductividad
Color	Durabilidad	Conductividad Térmica	Dureza	Refracción	Pérdida dieléctrica
Viscosidad	Intemperismo	Emisividad	Fricción	Birefringencia	Constante dieléctrica
Tensión Superficial	Número Redox	Expansión	Resistencia	Absorción	Resistencia dieléctrica

(Cuadro 1)

Cuando se habla de vidrio, nuestra mente visualiza de inmediato algo brillante, transparente, compacto, no poroso, duro pero a su vez frágil, incombustible e inalterable a través del tiempo.

No obstante existen, por otro lado, vidrios opacos, vidrios flexibles prácticamente irrompibles, vidrios con cierta solubilidad y vidrios en forma de hilos que permiten la confección de tejidos y con propiedades especiales para usos específicos.

Se puede asegurar que el envase de vidrio es el decano de la familia de los materiales de empaque o envasado, en donde su uso en la industria es antiguo y moderno a la vez, por lo que, actualmente la fabricación de envases es altamente mecanizado, conservando también las más importantes tradiciones de artesanía.

Otra característica, no menos importante de los envases de vidrio, es el ser económicos no sólo por sus costos intrínsecos sino también por las ventajas de la cualidades que presentan.

Así, en conjunto, todas las características hacen que el envase de vidrio tenga una categoría propia en su tecnología, por lo que para su elaboración se requiere de las ramas de

ingeniería así como de la administración.

2.3 Partes de un Envase

A continuación se describirá cada una de las partes que caracterizan a un envase. (Figura 1)

1. Corona: es la parte que sostiene la tapa y donde se efectúa el sello de ésta.
2. Boca: es la parte por donde se realiza el llenado del producto.
3. Cuello: el tamaño y forma de éste varía en función del tipo o familia de botella de que se trate, sirve para sujetar y vaciar el producto envasado.
4. Hombros: son los que unirán el cuello y el cuerpo del envase y que también la línea o forma dependerán del tamaño y familia de envase de que se trate.
5. Cuerpo: es la porción más grande del envase y donde se alojará el producto envasado. Es el sitio donde se produce contacto entre otros envases en las líneas de embotellado y como representa la mayor área disponible, se utiliza para colocar la etiqueta.
6. Fondo: es la parte más baja del envase y donde éste se

2.3 Partes de un Envase

A continuación se describirá cada una de las partes que caracterizan a un envase. (Figura 1)

1. Corona: es la parte que sostiene la tapa y donde se efectúa el sello de ésta.

2. Boca: es la parte por donde se realiza el llenado del producto.

3. Cuello: el tamaño y forma de éste varía en función del tipo o familia de botella de que se trate, sirve para sujetar y vaciar el producto envasado.

4. Hombros: son los que unirán el cuello y el cuerpo del envase y que también la línea o forma dependerán del tamaño y familia de envase de que se trate.

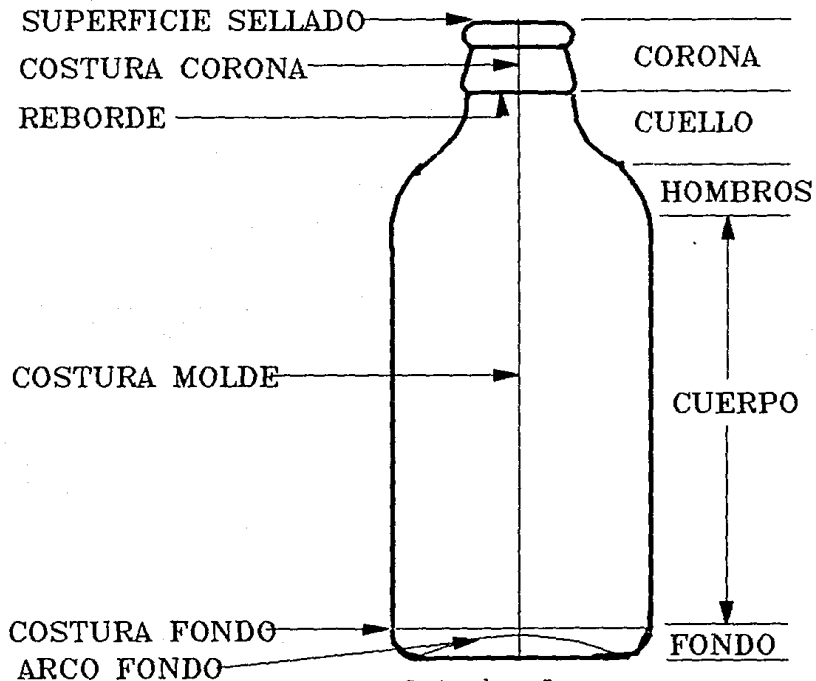
5. Cuerpo: es la porción más grande del envase y donde se alojará el producto envasado. Es el sitio donde se produce contacto entre otros envases en las líneas de embotellado y, como representa la mayor área disponible, se utiliza para colocar la etiqueta.

6. Fondo: es la parte más baja del envase y donde éste se

sostiene y transporta por lo que su área deberá disminuirse para que la superficie de arrastre sea mínima, lo cual se logra disminuyendo los radios del arco del fondo antiderrapante.

7. Costuras: debido a que el equipo de moldeo está fabricado en metales e integrado por varias piezas, existen costuras en corona, corona con premolde, premolde, molde con fondo e insertos del molde.

8. Grabado del fondo: es necesario para el control del envase, indicando el año de fabricación, número de molde y el logotipo del fabricante del envase de vidrio.



Partes de un Envase

(Figura 1)

2.4. Tipos de Envases y Normas

Con respecto a la corona los tipos de envase se pueden clasificar:

1. Envases Boca-Angosta: comunmente llamadas botellas, en las cuales la corona por lo general no es mayor de 40 milímetros de diámetro y lo cual es notoriamente menor que el diámetro del envase, generalmente se fabrican con el proceso soplo-soplo. Se utilizan principalmente para líquidos, salsas, pastillas y en general para substancias que se puedan verter por gravedad.

2. Envases Boca-Ancha: comunmente llamados tarros, en los cuales la corona usualmente es mayor de 40 milímetros y con lo que se aproxima al diámetro del envase. Generalmente se fabrican con el proceso prensa-soplo, y su uso se destina para substancias pastosas o granuladas, las cuales pueden extraerse el contenido por medio de una cuchara.

Desde el punto de vista de la substancia a envasar, los envases de vidrio se pueden clasificar por familias como:

1. Alimenticias.
2. Industriales.
3. Cerveceras.

4. Medicinales.
5. Perfumeras.
6. Lecheras.
7. Soderas.
8. Licoreras.
9. Tarros.
10. Diversos.

Con respecto a su uso, los envases de vidrio se pueden dividir en retornables, no retornables y con uso posterior.

Los envases retornables son, en su mayoría, soderas y cerveceras, los cuales por sus características de peso de vidrio y resistencia permiten, mediante un proceso de recolección y lavado, ser usados repetidamente por el embotellador lo que se traduciría en una reducción de costos.

Los envases no retornables son envases livianos diseñados para utilizarse una sola vez por el embotellador.

Las demás líneas como vineras, medicinales o industriales generalmente no son reutilizados por el embotellador, por lo que se les puede considerar como no retornables.

Los envases con uso posterior son los que están diseñados para que el consumidor, una vez que ha terminado de consumir el producto utilice el envase con otro fin.

Existen otros tipos de envases como son: cartón, papel, hojalata y plástico.

En la siguiente tabla podrán observarse las ventajas y desventajas que presentan los diferentes tipos de envases con respecto al vidrio en los aspectos técnico-económico. (Cuadro 2)

Se entiende por norma el resultado de una gestión particular aprobada por una autoridad reconocida, que puede tomar forma de:

- a. Un documento que contiene un conjunto de condiciones que deberán ser cumplidas.
- b. Una unidad fundamental o una constante física.
- c. Un objeto para la comparación física.

Normalización es el proceso de formular y aplicar reglas con el propósito de realizar un orden de una actividad específica, para el beneficio y con la cooperación de todos los intereses. Se basa en los resultados consolidados de la Ciencia, la Técnica y la Experimentación.

Las Normas Oficiales Mexicanas para envases de vidrio de las que se hace cargo la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, se han elaborado con la participación de embotelladoras y productores de envases.

FACTORES TECNICOS Y ECONOMICOS DE ENVASES

TIPO DE ENVASE	VENTAJAS		DESVENTAJAS	
	TECNICAS	ECONOMICAS	TECNICAS	ECONOMICAS
CARTON	- LIGERO - FACIL DE DECORAR	- RECICLABLE	- VOLUMINOSO - DIFICULTAD ACARRREAR BEBIDAS - NO MUY APTO PARA ALIMENTOS - SE GOTEA	- MAS CARO QUE EL PLASTICO - DEPENDENCIA DE INSUMOS IMPORTADOS
PAPEL	- LIGERO - FACIL DE DECORAR	- RECICLABLE		- MAS CARO QUE EL PLASTICO
VIDRIO	- CIERRE HERMETICO - MANTIENE TEMPERATURA - MATA MICROORGANISMOS - ACABA CON ENZIMAS - VELOCIDAD DE LLENADO - FORTALEZA - RESISTE CAMBIOS AMBIENTALES - LARGO ALMACENAMIENTO - MANTIENE OLOR Y SABOR DEL PRODUCTO - NO NOCIVO AL AMBIENTE - TRANSPARENCIA	- ABUNDANCIA DE MPS EN MEXICO - RECICLABLE - DE USO FRECUENTE - RESELLO - LISTO PARA NUEVO USO - INTENSIVO EN MANO DE OBRA	- ROMPIBLE Y POR ELLO PELIGROSO EN USOS INFANTILES - DEPENDENCIA DE TAPA METALICA	
HOJALATA	- VENTAJAS SIMILARES A LA DE LOS ENVASES DE VIDRIO	- RECICLABLE - REUSABLE	- MAS CARO QUE EL PLASTICO - MAS CARO QUE EL VIDRIO - DEPENDENCIA DE INSUMOS IMPORTADOS - ALTOS REQUERIMIENTOS DE ENERGETICOS	

TIPO DE
ENVASE

V E N T A J A S
TECNICAS ECONOMICAS

- PLASTICO - LIGEREZA
- FACIL MANIFULEO
- DIFICIL DE ROMPERSE
- SEGURIDAD PARA NIÑOS
- MUY COMPETITIVO EN COSTO

D E S V E N T A J A S
TECNICAS ECONOMICAS

- PERMEABLE AL OXI-
GENO Y VAPORES
- DETERIORO DEL
PRODUCTO
- PERDIDA DE OLOR
Y SABOR
- NO RESISTE PRE-
SENSIA DE BEBIDAS
CARBONATADAS
- RECICLAJE IMPLICA
DETERIORO AMBIEN-
TAL
- INFLAMABLE Y HUMO
VENENOSO
- REACCION QUIMICA
CON ALGUNOS PRO-
DUCTOS ENVASADOS
- PRODUCE SUSTAN-
CIAS NOCIVAS
- DEPENDENCIA
PARCIAL DE IN-
SUMOS IMPORTA-
DOS
- PETROQUIMICA
NO OFRECE RE-
SINAS EN CAN-
TIDAD Y CALI-
DAD

(Cuadro 2)

El objeto principal de las normas es conocer y manejar los términos y expresiones relacionados con los envases de vidrio, su unificación y, además, lo relacionado con el control de calidad del envase.

La Secretaria de Comercio y Fomento usa a la Norma Oficial Mexicana como referencia para que el consumidor reciba adecuadamente el producto según las características establecidas por el embotellador.

Las Normas existentes para el uso y manejo de los envases de vidrio son las siguientes:

a. NOM-EE-25. Envases de vidrio para contener bebidas carbonatadas y no carbonatadas. Especificaciones.

b. NOM-EE-32. Envases y Embalaje. Envases de vidrio para bebidas alcohólicas en general.

c. NOM-EE-80. Envases vidrio. Pruebas de presión interna.

d. NOM-EE-81. Envases vidrio. Determinación de la resistencia al ataque químico.

e. NOM-EE-124. Envases vidrio. Clasificación de las coronas.

f.NOM-EE-130.Envases vidrio.Corona rosca dimensiones.

g.NOM-EE-146.Envases vidrio. Coronas 26 dimensiones.

h.NOM-EE-162.Envases vidrio. Determinación del color.Método de prueba.

i.NOM-EE-187.Envases vidrio. Capacidad métodos de prueba.

j.NOM-EE-188.Envases vidrio. Determinación de las dimensiones.Método de prueba.

k.NOM-EE-199.Envases vidrio. Determinación de la verticalidad. Método de prueba.

l.NOM-EE-210.Envases vidrio. Coronas pilfer-proof.Dimensiones.

Estas normas se encuentran a disposición en la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

Las principales normas consultadas para la elaboración de este trabajo fueron:

1.NOM-EE-114.Envase y Embalaje.Vidrio terminología.

Esta norma establece términos y expresiones empleados con relación a los artículos de vidrio para envase y embalaje.

2.NOM-EE-155.Envase y Embalaje.Envase metales tapas para uso comercial.Terminología y definiciones.

Esta norma establece los términos y definiciones generales usados en la designación de tapas metálicas empleadas en las industrias de alimentos procesados, bebidas carbonatadas o no carbonatadas, bebidas alcohólicas, de perfumería y cosmética.

3.P-35.Terminología empleada en la industria del vidrio.

Esta norma tiene por objeto unificar los términos empleados en la industria del vidrio y principalmente explicarlos en las Normas de Calidad, de métodos de pruebas y de seguridad.

Estas tres normas fueron utilizadas principalmente para la nomenclatura que aparece al principio del capítulo.

Capítulo 3. Materias Primas y Maquinaria para la Fabricación de Envases de Vidrio.

3.1 Materiales Utilizados.

Como se dijo en el capítulo anterior, en la fabricación industrial del vidrio se utilizan como materias primas una serie de minerales y óxidos metálicos, los cuales deben llenar los requisitos necesarios en cuanto pureza, uniformidad y granulometría.

No sólo la calidad de las materias primas es importante, sino que, se deben considerar dentro del proceso de fabricación de estos:

1. Contaminación
2. Error de pesaje
3. Mala homogenización
4. Segregación
5. Acondicionamiento anormal

Las materias primas comunmente utilizadas son las siguientes:

1. Alumina : se utiliza en vidrios borosilicatos y ópalos, mejorando la resistencia al ataque químico y esfuerzo mecánico.

2. Arena Sílica : es el constituyente principal de la formulación, por su contenido de fierro se clasifica en tipo A y B.

3. Azufre : se utiliza en vidrios ámbar para darle tinte amarillento en combinaciones con el fierro.

4. Caliza : se usa como fundente de óxido de calcio.

5. Caolín : se utiliza como alternativa de fuente de alúmina.

6. Carbón : se aplica para lograr condiciones reductoras en el vidrio ámbar.

7. Carbonato de Bario : se utiliza en vidrios borosilicatos para una afinación más rápida, haciendo al vidrio más denso y brillante.

8. Carbonato de Potasio : se utiliza como fuente de potasio en vez del feldespato, es fundente y mejora la brillantez y el índice de refracción.

9. Carbonato de Sodio : comúnmente llamado soda, actúa como fundente y aportador de sodio. Generalmente es un material

sintético.

10. Cromita : fundente de cromo donde el fierro no impide su aplicación, es colorante en los vidrios verdes.

11. Dicromato de Potasio : colorante en vidrios verdes, se prefiere su utilización en los vidrios ámbar.

12. Dicromato de Sodio : material higroscópico, se utiliza en solución en la obtención de vidrios verdes de difícil manejo.

13. Escoria : se usa como afinante y fuente de alúmina.

14. Feldespato : se usa como fuente de aluminio, para mejorar características de ataque químico.

15. Espatofluor : llamado fluorita, se usa como fuente de fluor, utilizándose en vidrios opalinos y en pequeñas cantidades.

16. Hematita : se utiliza como fuente de hierro en vidrios ámbar, verdes y azules.

17. Nitrato de Sodio : se utiliza para oxidar la materia orgánica contaminante, trabaja como afinante y mantiene el fierro en estado férrico.

18. Oxido de Cobalto ; se usa como colorante y decolorante. Es uno de los colorantes más fuertes produciendo un color azul.

19. Oxido de Manganeso : se usa como colorante en vidrios ámbar borosilicatos.

20. Oxido de Zinc : se usa en vidrios borosilicatos como afinante, reduciendo el coeficiente de expansión térmica y dando brillo.

21. Selenio : junto con el óxido de cobalto proporciona el mejor decolorizante en vidrios cristalinos. Es un colorante importante en la producción de vidrio rosa.

22. Sulfato de Sodio : se usa como fuente de sodio y elementos afinantes, atiespumante y fundente. Generalmente se usa junto con un reductor como el carbón para disminuir la generación de gases .

23. Tetraborato de Sodio : llamado bórax, se utiliza en

vidrios borosilicatos para dar resistencia al ataque químico y al choque térmico.

24. Trióxido de Arsénico : se usa como agente decolorante.

3.2 Formulaciones Típicas

A continuación en la Figura 2 se detalla la formulación típica del vidrio cristalino y en la Figura 3 se detallan las especificaciones de la arena sílica utilizada en la formulación del envase de vidrio.

VIDRIO CRISTALINO

<u>Material</u>	<u>Cantidad kgs./ton. vidrio</u>
Arena Sílica "A"	610.0
Carbonato de Sodio	200.0
Caliza	180.0
Feldespató "A"	108.0
Sulfato de Sodio	7.0
Espatofluór	5.0
Selenio	0.014

(Cuadro 3)

ESPECIFICACIONES DE ARENA SILICA

Producto	% SiO_2	% Al_2O_3	% Fe_2O_3
Oklahoma	Min. 99	0.35 \pm 0.20	0.020 \pm 0.010
San José	Min. 99	0.30 \pm 0.20	0.020 \pm 0.010
Lampazos "A"	Min. 98.25	0.30 \pm 0.20	0.040 \pm 0.005
Lampazos "B"	Min. 98.25	0.75 \pm 0.20	0.090 \pm 0.030
Jáltipan "A"	Min. 99	0.30 \pm 0.15	0.035 \pm 0.005
Jáltipan "B"	Min. 99	0.25 \pm 0.10	0.075 \pm 0.025
Dresser	Min. 99	0.20 \pm 0.10	0.020 \pm 0.010
Espey y San Antonio	Min. 99.5	1.30 \pm 0.20	0.110 \pm 0.030

3.3 Descripción General de la Maquinaria.

La fabricación de envases de vidrio tiene su origen en la antigüedad siendo por muchos siglos en forma manual. Al final de la edad media y durante la revolución industrial se desarrollan pequeños talleres y máquinas de operación manual y automáticas. A continuación se detalla la forma en que ocurrieron esos cambios.

1. Máquina Prensa-Soplo

En este tipo de máquina la formación de la vela es realizado por medio del émbolo de tiraje de hierro. El trabajo de esta máquina para el soplado de una botella se ve reducido a los siguientes pasos:

- a. Recoger la cantidad de vidrio requerida y transferirlo al émbolo de tiraje de hierro.
- b. Operación de prensado.
- c. Transferencia de la vela al molde de soplado.
- d. Ajustar la cabeza de soplado para la entrada del aire a presión.

e. Remoción de la cabeza de soplado.

f. Remoción de la botella terminada del molde de soplado.

2. Máquina Kilner 1.

Esta máquina ilustrada en la Figura 2 , es conveniente para fabricar botellas y jarros de boca-ancha. En ésta es innovado el uso de un molde para hacer el cuello de los jarros y un segundo molde para el soplado final.

3. Máquina de botella Boca-Angosta

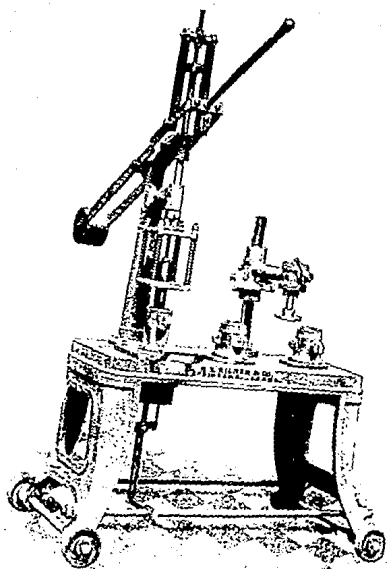
Máquina de prensa-soplado, ésta no tuvo ningun valor para la producción de botellas, ya que solamente producía envases de boca-angosta limitados.

4. Máquina Harlington

Esta máquina es usada para la producción de objetos de cuello estrecho. Su principal innovación es el uso de una mesa de trabajo en donde se moldea la vela y posteriormente es trasladada al molde de soplado. (Figura 3)

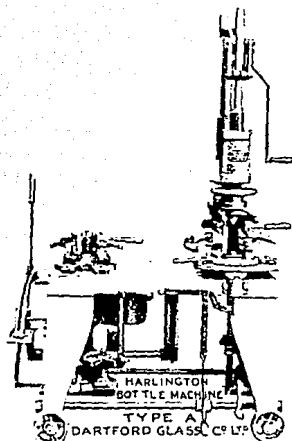
5. Máquina Kilner

Usada principalmente para botellas y jarros pesados,



Máquina Kilner 1

(Figura 2)



Máquina Harlington

(Figura 3)

manejándose los dos tipos de bocas angosta y ancha. Esta máquina comprende dos moldes de velas y un molde del anillo del cuello girando 180 grados para su ciclo. (Figura 4)

6. Máquina de múltiples moldes.

Diseñada para incrementar la producción con un número mayor de moldes de vela. Su funcionamiento es similar a la máquina Kilner.

7. Máquina W.J. Miller Modelo V-2

Máquina equipada para producir botellas con capacidades de 6 a 32 onzas de boca angosta. Teniendo en un principio 5 cavidades para la vela y 5 moldes de soplado, se maneja por primera vez la inversión de la vela al molde de soplado.

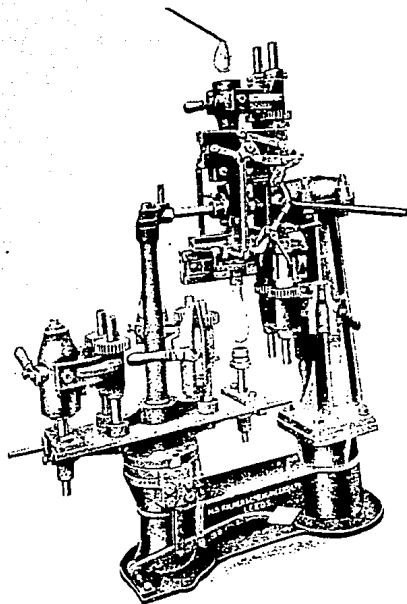
(Figura 5)

8. Máquina con transferencia automática

Otra forma de mejora en la máquina de botellas de múltiple moldeo, fue un dispositivo provisional para la transferencia del molde vacio al molde de soplado, además un aparato removedor del molde de soplado de la botella terminada. En estos principios, se basaron las máquinas Lynch y O'Neill para la fabricación de botellas.

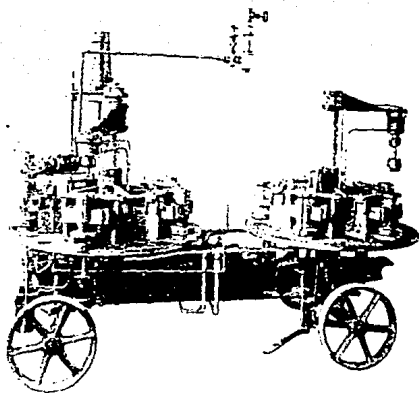
9. Máquina O'Neill No. 25

Esta máquina comprende 2 mesas circulares, en donde cada una



Máquina Kilner

(Figura 4)



Máquina W.J. Miller Modelo V-2

(Figura 5)

de ellas lleva 6 moldes y cada uno gira alrededor de una columna central. En esta máquina se innova una operación de tiempos por válvulas de aire para que coincidan los tiempos de soplado y moldeo en el eje central. (Figura 6)

10. Máquina Lynch

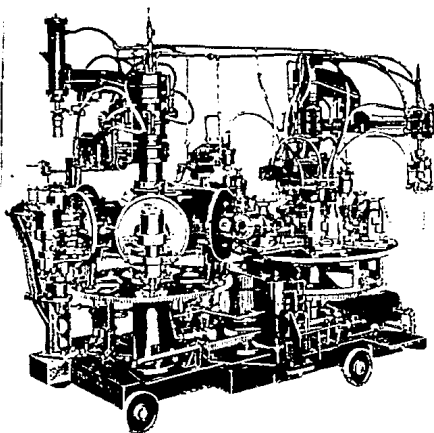
Es una versión modificada de la máquina O'Neill, en la cual la vela y el molde de soplado están en mesas separadas.

(Figura 7)

En estas 2 últimas máquinas se producen botellas con capacidades de 4 a 64 onzas y de 10 a 23 botellas por minuto.

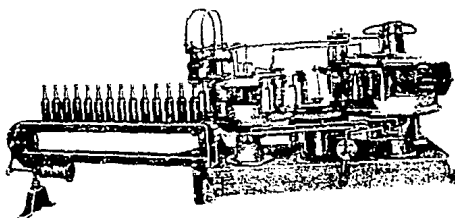
Con estos antecedentes surge una nueva versión de gran importancia para la fabricación de botellas de vidrio: la Máquina Owens. (Figura 8)

La Máquina Owens automática de botellas es una máquina continua rotatoria manejada eléctricamente y que consta de un número de brazos comúnmente conocidos como cabezas. Donde cada cabeza es una unidad completa llevando un molde de acabado, un molde de vela, un molde de cuello y un émbolo para formar el cuello, el mecanismo de movimiento es llevado por un tambor de tiempos para cada cabeza.



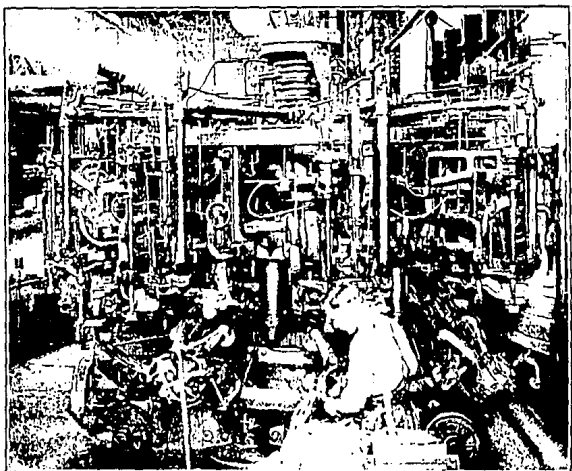
Máquina O'Neill No. 25

(Figura 6)



Máquina Lynch

(Figura 7)



Máquina Owens

(Figura 8)

Con ésto se da paso a las máquinas de sección individual o comunmente llamadas I.S (Individual Section). Que son las que en la actualidad dominan el mercado. (Figura 9)

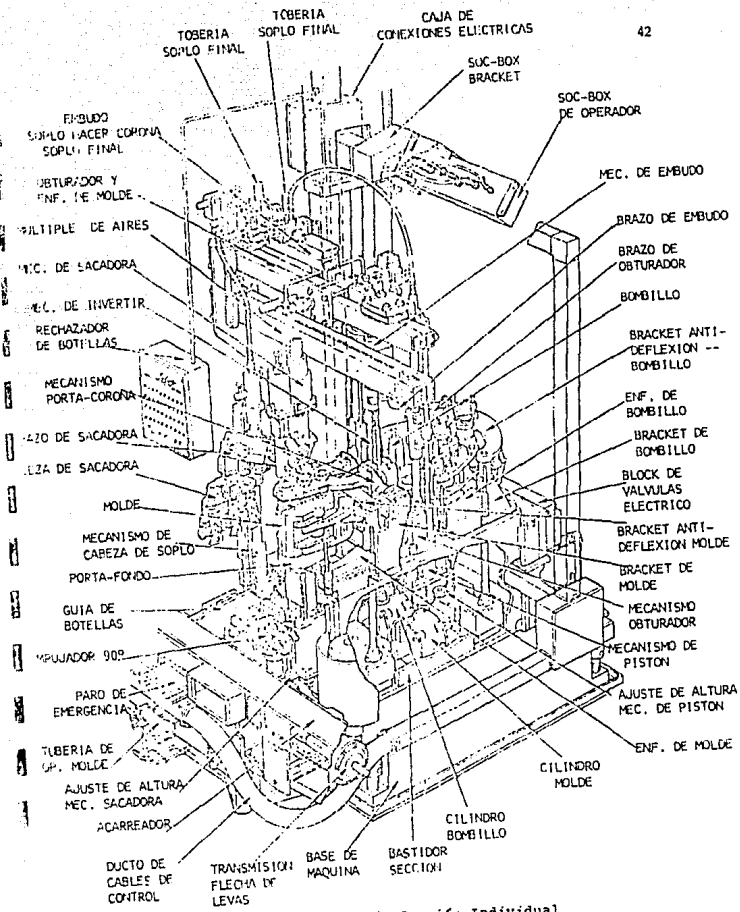
Las características principales que hacen a la máquina de sección individual muy aceptada en el mercado son: su simplicidad de operación, la posibilidad de secciones individuales, la versatilidad en sistemas de operación y la amplia gama de posibles artículos a fabricar.

La máquina de sección individual se ha desarrollado a partir de las máquinas originales de una y dos secciones de simple cavidad hasta las actuales de ocho a diez secciones de simple a cuádruple cavidad.

Una sección está formada por el molde de la vela y el molde del soplado final. Dependiendo de la capacidad de la máquina y sus usos se pueden incrementar más cavidades en cada sección.

Los procesos básicos de fabricación son el proceso soplado-soplo en envases boca-angosta y el proceso prensa-soplo en envases boca-ancha.

En términos generales cuenta con mecanismos de operación



Máquina de Sección Individual

(Figura 9)

neumática y el mando de los mismos es por medio de un tambor de tiempos, este último a sufrido cambios y a sido substituido por un sistema de control eléctrico y/o electrónico.

Otro de los avances importantes aunque esté fuera de la máquina de sección individual es la incorporación del distribuidor de la vela para alimentar el vidrio.

Existe dos tipos básicos de máquinas de sección individual el tipo E y el F, ambos pudiendo operar los dos procesos. La única diferencia importante es que la máquina tipo F es más robusta al operar molduras de mayor peso en donde es posible trabajar envases de mayor tamaño y volumen.

Capítulo 4. Diseño y Especificación de Envases de Vidrio.

4.1. Generalidades

En el diseño de los envases, para que la fabricación sea factible se deben considerar los siguientes factores.

1. Factores comerciales

- a. Mercado actual y futuro
- b. Productos competitivos
- c. Publicidad
- d. Distribución

2. Conceptos estéticos

- a. Tamaño
- b. Línea
- c. Etiquetas
- d. Componentes
- e. Formas
- f. Tapas.
- g. Cajas

3. Secciones Transversales

- a. Circular
- b. Rectangular
- c. Poligonal
- d. Cuadrada

- e. Hexagonal
- f. Ovalada
- g. Irregular

4. Dimensión

- a. Peso
- b. Capacidad
- c. Altura
- d. Diámetro

5. Tipo de envase y color

- a. Botella
- b. Tarro
- c. Cristalino
- d. Verde
- e. Otros

6. Tipo y tamaño de corona

- a. Corcho
- b. Rosca
- c. Plástico
- d. Corcholata
- e. Gotero

7. Producto por envasar

- a. Líquidos
- b. Granulados
- c. Cremas
- d. Pastillas
- e. Polvos
- f. Grasas
- g. Con presión interna
- h. Sin presión interna

8. Línea de embotellado

- a. Velocidad de llenado
- b. Por volumen o nivel
- c. Diámetro tubo llenador
- d. Tipos de empaques
- e. Pasteurización

9. Origen del diseño

- a. Innovación propia
- b. Muestra extranjera

10. Ciclo y tamaño del pedido

- a. Mensual
- b. Trimestral
- c. Semestral
- d. Anual

e. Estacionales

Con toda esta información se estará en la mejor posición para que el diseño y especificación del envase sea el más apropiado para el equipo de moldeo.

El proceso, sistema y tamaño de máquina será seleccionado para fabricar envase de vidrio con la calidad y productividad requeridas.

4.2 Consideraciones del diseño del envase para bebidas carbonatadas no alcohólicas.

Las partes, consideraciones y especificaciones generales del envase, mencionadas en capítulos anteriores servirán de base para poder hacer consideraciones específicas en el diseño: (Figura 10)

1. Volumen.

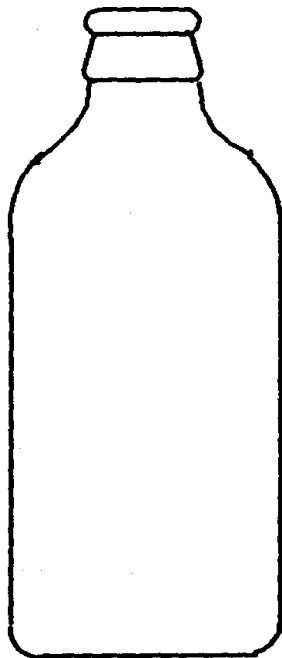
Es la capacidad en mililitros que el cliente requiere y que para fines de cálculo se considera a la base de la corona. Además debe tomarse en cuenta el volumen que el vidrio ocupará, es decir el espesor de las paredes y del fondo.

Considerando estos aspectos se puede hacer el cálculo para dimensiones del envase, en su altura, diámetros, dimensiones del cuello, hombro, cuerpo y fondo, sin olvidar sus tolerancias respectivas dependiendo del uso y tamaño del envase.

2. Peso.

Queda comprendido en 3 grupos:

ENVASE
GENERICO
NO RETORNABLE



CAPACIDAD
BASE CORONA
+6.5ml
369 ml
-6.5ml

CAPACIDAD
LINEA LLENAD
+6.5ml
355 ml
-6.5ml

PESO
+8.9g
192 g
-8.9g

(Figura 10)

a. Peso mayor que capacidad: son aquellos envases en los que la pared es gruesa.

b. Peso igual a capacidad: son aquellos envases en donde la pared es regular.

c. Peso menor que capacidad: son aquellos envases en los que la pared es delgada.

3. Capacidad.

Este es uno de los aspectos más importantes a considerar, ya que se debe poner en claro el punto al que se va a medir.

a. Al derrame.

Es medido al mismo nivel de la superficie de sellado de la corona del envase

b. A la base de la corona.

Es medido donde termina la corona del envase, siendo necesario tener cuidado con el menisco que forma el líquido.

c. A la línea de llenado.

Se mide desde la superficie de sellado de la corona hacia abajo ó bien desde la superficie del fondo del envase hacia

arriba al punto de contenido del envase.

Este concepto es importante para las industrias soderas, cerveceras, vinateras, etc., por la presión interna que contienen. Es indispensable que dispongan de una cámara de aire, cuyo valor oscila entre el 3% al 5% de la capacidad de la línea de llenado que el envase va a contener, para un diseño adecuado.

Capítulo 4.3 Aplicación práctica para el cálculo de diseño

En el cálculo del diseño del envase de vidrio se elaboran dibujos mecánicos para cada una de las partes del equipo de tal forma que puedan ser usados adecuadamente en el proceso de fabricación.

El volumen de las cavidades del molde y el fondo son calculadas mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{P - p}{U} + C \quad 1 + Fds$$

donde:

V = volumen en mililitros.

P = peso total del envase en gramos.

p = peso total de la corona en gramos.

U = peso específico del vidrio en gramos por mililitros.

C = capacidad del envase a la base de la corona en mililitros

Fds = Factor de deformación superficial expresado en porcentaje

Se tomará como ejemplo el envase de vidrio de la botella genérica no-retornable quedando de la siguiente forma:

Peso del envase 192 gramos.

Peso de la corona 9 gramos.

Peso específico del vidrio 2.5 gramos/mililitros.

Capacidad a la base de la corona 369 mililitros.

Factor de deformación superficial 1.3%

Substituyendo los datos en la ecuación se obtiene:

$$V = \frac{192 - 9}{2.5} + 369 (1 + 0.013)$$

$$V = 447.94 \text{ mililitros}$$

El volumen anterior es el que la cavidad del molde y fondo deberá proporcionar al envase.

Es importante hacer notar que el uso de esta ecuación nos dá

un buen parámetro de referencia para el cálculo del diseño del molde y fondo, pero la experiencia del personal es altamente calificada, ya que ellos dan los ajustes necesarios para el buen funcionamiento operacional y de diseño, por lo cual no se puede obtener información precisa, ya que es una tecnología especializada y propia de cada compañía que se dedica a la elaboración del diseño de los moldes y fondos.

Ahora bien con respecto al cálculo del diseño del envase de vidrio se utiliza la siguiente ecuación:

$$V_T = (V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5) - V_6$$

en donde:

V_T = Volumen total de molde con fondo.

V_1 = Volumen de la parte recta del cuello.

V_2 = Volumen del cuello y hombros.

V_3 = Volumen de la parte recta del cuerpo.

V_4 = Volumen de la parte curva del cuerpo.

V_5 = Volumen de la cavidad del fondo.

V_6 = Volumen de la parte cóncava del fondo.

En el cálculo del volumen de cada una de las partes del envase es necesario recurrir al plano del diseño de la botella. (Figura 11 y 12)

En este caso se toma el plano del envase de la botella genérica no-retornable en donde:

Volumen de la parte recta del cuello 0.80

Volumen del cuello y hombros 74.33

Volumen de la parte recta del cuerpo 243.00

Volumen de la parte curva del cuerpo 29.10

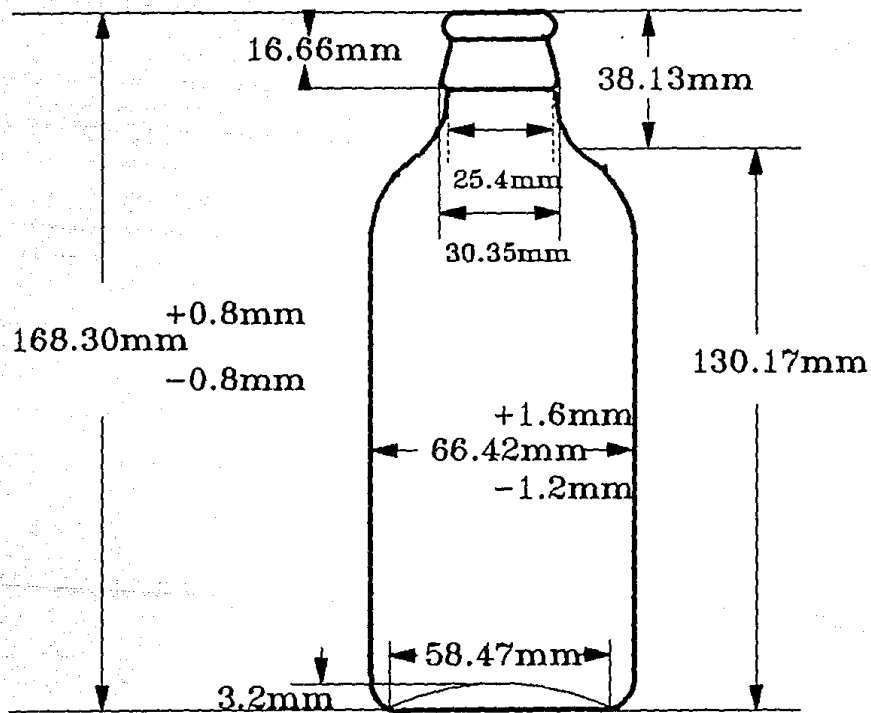
Volumen de la cavidad del fondo 8.56

Volumen de la parte cóncava del fondo 3.49

Substituyendo los datos en la ecuación anterior:

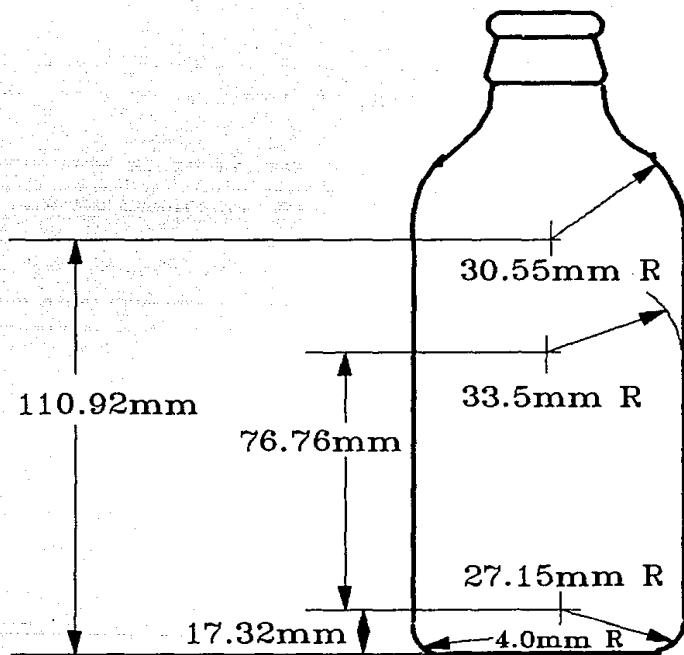
$$V = 0.80 + 74.33 + 243.00 + 29.10 + 8.56 - 3.49$$

$$V = 352.30 \text{ mililitros}$$



Dimensiones

(Figura 11)



Dimensiones
(Figura 12)

Capítulo 5. Procesos de Fabricación.

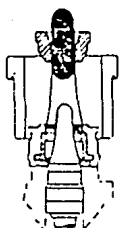
5.1 Tipos de procesos.

Como se hace mención en el capítulo 2.4, los dos tipos de procesos más usados en la actualidad son: el proceso soplo-soplo y el procesos prensa-soplo.

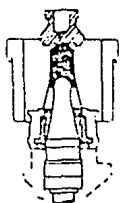
En cada uno de los dos diferentes procesos existen diferencias en cuanto a sus usos, fabricación y diseño, y el proceso adecuado, se elige de acuerdo a las necesidades específicas que requiere el diseño del envase a fabricar.

A continuación se muestran los esquemas de ambos procesos.

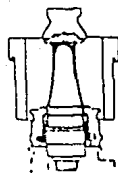
(Figuras 13 y 14)



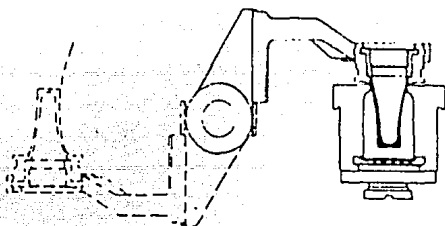
1. ENTREGA DE VIDRIO O CARGA.



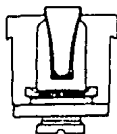
2. INICIO DE PRENSADO DEL PISTÓN.



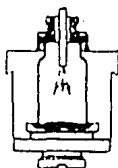
3. PRENSADO COMPLETO.



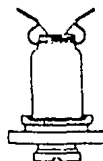
4. TRANSFERENCIA DE BOMBILLO A MOLDE.



5. RECALENTAMIENTO



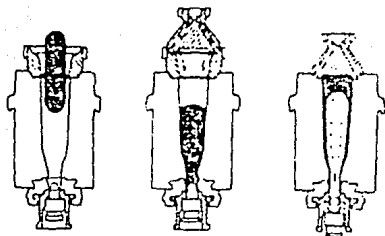
6. SOPLO FINAL CON ENFRÍAMIENTO INTERNO



7. SACADO DEL ENVASE

Proceso Prensa-Soplo

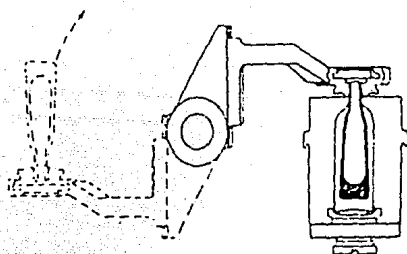
(Figura 13)



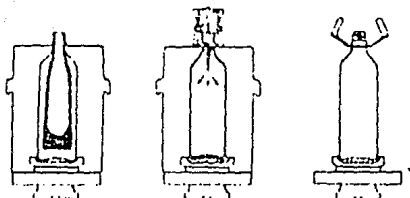
1. ENTREGA DE
VIDRIO CAR-
GA.

2. SOPLO DE
HACER CO-
RONA.

3. CONTRA SOPLO
(SOPLO DE VELA)



4. TRANSFERENCIA DE BOMBILLO A MOLDE



5. RECALENTAMIENTO

6 SOPLO FINAL
CON ENFRIA-
MIENTO INTER-
NO.

7. SACADO DEL
ENVASE

Proceso Soplo-Soplo

(Figura 14)

5.2 Variables del Proceso

En el proceso de fabricación del vidrio se deben considerar las variables a controlar en el proceso de fabricación de un envase.

1. Materias Primas.

Se analiza principalmente la composición de óxidos y granulometría que tienen las arenas sílicas.

2. Alimentador.

Es un canal refractario por el cual se conduce el flujo del vidrio del refinador a la máquina de sección individual, en donde la variable importante a controlar es la temperatura, ya que ésta dependerá del peso del envase a fabricar.

El vidrio, al salir del horno, es demasiado fluido para ser trabajado por lo que hay que variar su temperatura para que sea homogénea.

En la fabricación de envases de bajo peso es necesario calentar la masa de vidrio, ya que el flujo hacia la máquina de sección individual es muy lento, a través del alimentador

y en forma contraria, para la fabricación de envases de mayor peso es necesario enfriar la masa de vidrio, ya que el flujo del alimentador es mas rápido hacia la máquina de sección individual

3. Nivel de Vidrio.

Aparato electrónico-mecánico que permite conservar el nivel dentro del fundidor, refinador y en alimentadores para asegurar una buena temperatura y homogeneidad del vidrio fundido.

4. Equipo de Moldeo.

Las variables a controlar del equipo de moldeo se consideran desde el punto de vista lineal, de superficie y volumen.

Las variables de superficie que hay que controlar están en función de amarres, ajustes y salidas de aire. Con respecto al volumen debe ser directamente proporcional al tamaño del envase, esto es importante ya que las tolerancias en la fabricación de envases de mayor capacidad se relacionan con la forma y sección transversal de éstos, involucrando al aspecto lineal en cuanto al diseño.

Todo el equipo de moldeo es fabricado en hierros vaciados con aleaciones especiales, para resistir las temperaturas de trabajo que oscilan entre 400 y 900 grados centígrados, por lo que se utiliza níquel, cromo y molibdeno, para mejorar las características térmicas y de expansión. En cada parte del equipo de moldeo, es recomendable controlar la aplicación de soldaduras especiales a base de níquel, para conseguir durezas de 40 a 45 Rockwell C, que se utiliza principalmente en conexiones para mejorar la calidad del envase y alargar la vida útil del equipo de moldeo.

5.3 Descripción del Proceso.

A continuación se describe en forma general el flujo del proceso del envase de vidrio. (Figura 15)

1. Recepción.

Las materias primas recibidas son sometidas a pruebas de laboratorio para verificar que cumplan con las especificaciones físicas y químicas requeridas. Algunas de ellas se pueden utilizar directamente ó almacenarse en silos, tolvas o bodegas.

2. Preparación.

Son aquellas materias que son sometidas a un proceso previo a su uso. Algunos de estos procesos son la molienda, el lavado, la separación magnética, etcétera.

Posteriormente se someten a las pruebas del laboratorio para determinar si cumplen con las especificaciones físicas y químicas requeridas.

3. Pesaje, Dosificación y Mezclado.

En esta siguiente etapa del proceso se lleva a cabo la elaboración correcta de la mezcla de los materiales que forman el vidrio.

Se procede a pesar cada uno de los materiales usados, dosificandolos correctamente, para que en el mezclador se tenga una carga adecuada y homogénea de las materias primas utilizadas, de acuerdo a la formulación del vidrio deseada.

4. Fundición.

La mezcla de los materiales, es conducida para alimentar al horno, en donde se somete a una temperatura de 1500 a 1600 grados centígrados.

5. Acondicionamiento.

Al salir el vidrio del horno de fundición se debe unificar en temperatura y viscosidad, para que pueda fluir a través del alimentador.

6. Formación del Envase.

Después de acondicionar el vidrio pasa a través de un orificio llamado noria que tienen como función, por medios

mecánicos y por gravedad, formar la carga o vela adecuada con la forma y el peso indicados para el envase a fabricar.

La carga o vela cae a través del equipo de entrega a un bombillo ó premolde de la máquina de sección individual, en donde es parcialmente moldeado el cuerpo del envase en una preforma, produciéndose así el perfil exterior de la corona ya terminada.

La preforma es transferida a un molde en donde se lleva a cabo el soplado final.

Finalmente el artículo ya formado es removido por un par de dedos y colocado sobre una placa de enfriamiento en donde permanece por algún tiempo y en seguida es empujado a una banda acarreadora y transportado al horno de recocido.

En la máquina de sección individual se pueden fabricar envases de dos tipos:

a. Envases boca-angosta.

Normalmente este tipo de envases se fabrica con el proceso soplo-soplo, en el cual la preforma es moldeada por efecto

de aire comprimido.

b. Envases boca-ancha.

Normalmente este tipo de envases se fabrica con el proceso prensa-soplo, en el cual la preforma es moldeada por el efecto del prensado del pistón.

7. Recocido.

En el horno de recocido los envases son tratados térmicamente, con el fin de eliminar los esfuerzos residuales generados durante la formación del envase, por el proceso de fabricación.

8. Revisión y Empaque.

Los envases, al salir del horno de recocido pasan a través de líneas de revisión, en donde por medio de máquinas inspectoras, son descartados los que presentan algún defecto.

Finalmente los envases pasan a las máquinas empacadoras o paletizadoras.

9. Decorado.

Después de revisados y empacados, los envases que así lo requieran, son conducidos al departamento de decorado, el cual puede ser aplicado de las siguientes formas:

a. Etiqueta cerámica.

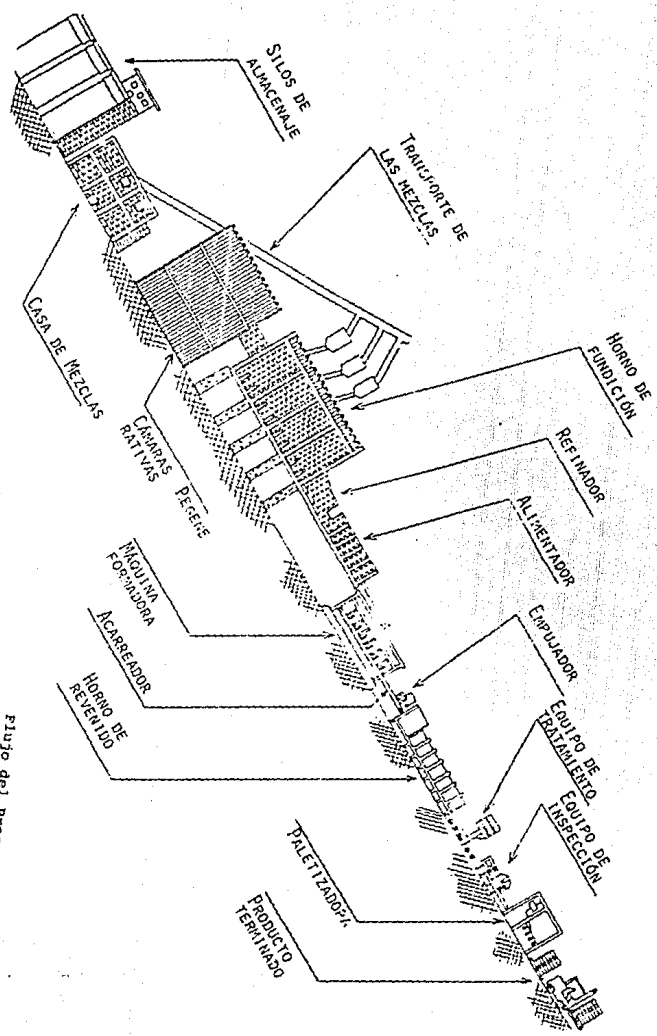
b. Proceso de aspersion.

- Manual.

- Automática.

c. Etiqueta de papel.

d. Mateado.



Flujo del proceso
(Figura 15)

5.4 Equipo Moldeo para el Proceso Soplo-Soplo.

Se llama equipo de moldeo a las distintas piezas de la moldura que nos permiten fabricar un envase en particular. Dichas piezas deben diseñarse de acuerdo a las especificaciones del envase y exteriormente con el sistema, proceso y equipo variable que se utiliza.

La moldura de la Máquina de sección individual esta formada por:

1. Molde.

Donde el vidrio adquiere la configuración final de cuello, hombros y cuerpo.

2. Fondo.

Es la parte inferior del envase, donde se localiza la superficie de arrastre.

3. Bombillo ó Premolde.

El vidrio adquiere la configuración preliminar de hombros, cuerpo y fondo.

4. Obturador.

Es el fondo del vidrio preformado al cual se le llama vela o parison.

5. Embudo.

La parte que guía al vidrio para entrar a la cavidad del bombillo.

6. Corona.

El vidrio adquiere la forma exterior e interior de la boca.

7. Gufa.

Se forma la superficie de sellado del envase.

8. Pistón.

Pieza que permite formar la parte interior de la botella, por donde se efectúa el sopleo de vela.

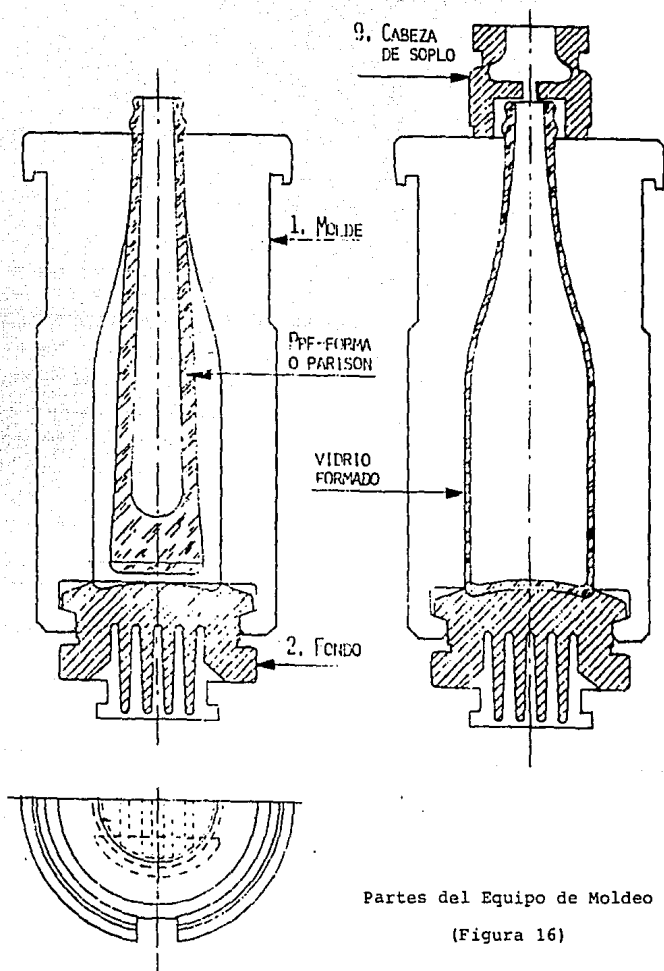
9. Cabeza de sopleo.

Parte por donde pasa el aire para el soplo final.

10. Par de Dedos.

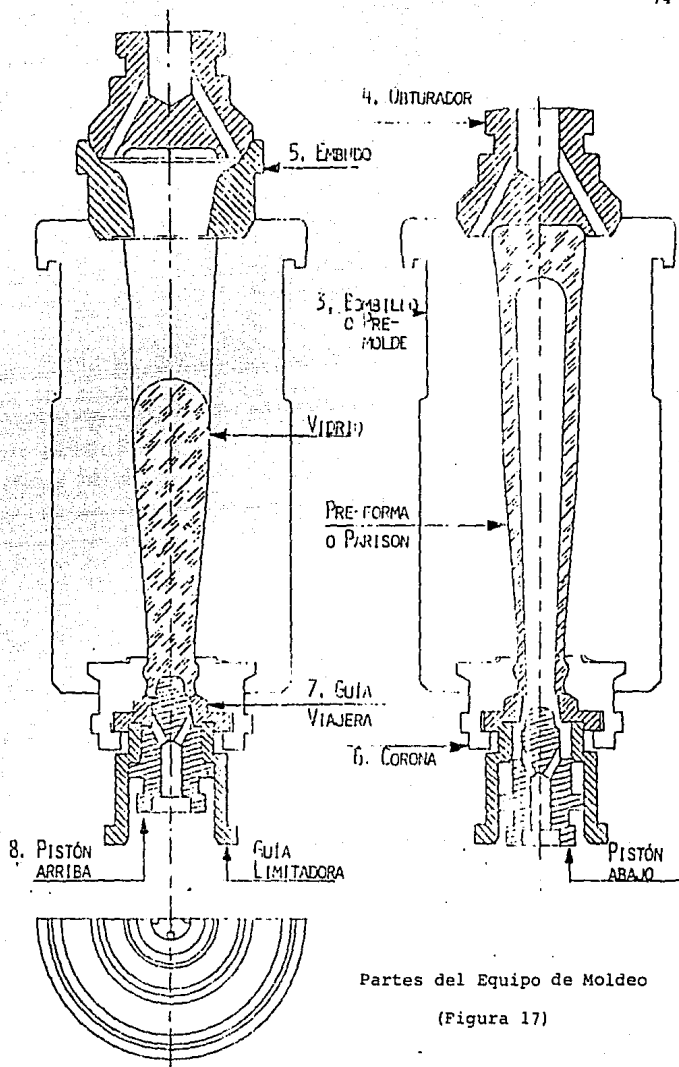
Son piezas que toman el envase del cuello, para sacar la botella de la máquina a una placa de enfriamiento.

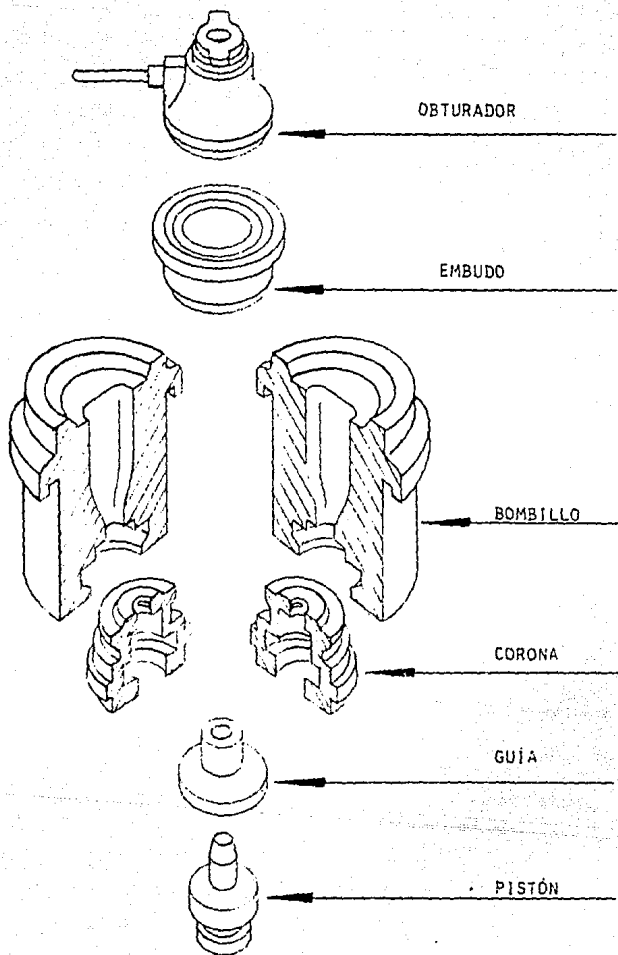
En las siguientes Figuras se podrán ver las partes del equipo de moldeo, así como su interacción con las distintas piezas. (Figuras 16, 17, 18 y 19)



Partes del Equipo de Moldeo

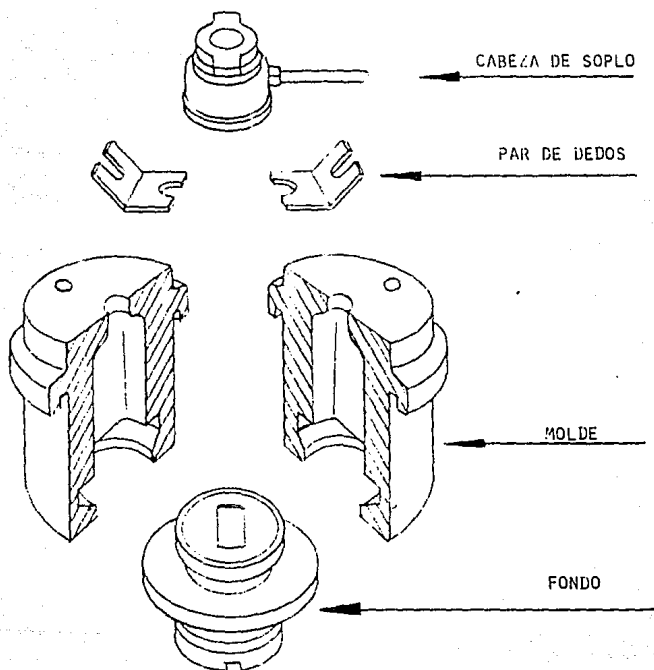
(Figura 16)





Partes del Equipo de Formación del Parison

(Figura 18)



Partes del Equipo de Formación del Envase

(Figura 19)

Capítulo 6. Conclusiones

En la recopilación y presentación de ésta información del moldeo de envases de vidrio para bebidas carbonatadas no alcohólicas, es importante tener en cuenta los antecedentes históricos para su fabricación y conocer los tipos de envases que existían y existen hoy en día.

Con lo anterior se dará un mejor uso a las materias primas para la elaboración y el tipo de proceso adecuado para su fabricación, ya que en la actualidad los procesos de soplo-soplo y prensa-soplo están altamente tecnificados, por lo cual el acceso a la información del moldeo de los envases de vidrio es confidencial. El fabricante de los envases de vidrio tiene su propia tecnología para la elaboración de los moldes así como el embotellador que tiene sus diseños propios.

Hablar de la contaminación es importante en la actualidad ya que los envases de vidrio no son contaminantes por ser reciclables a diferencia de los plásticos, y esto es un factor importante en el aspecto económico, que reduce los costos de fabricación de los envases.

En la recopilación de la información, las normas juegan un

papel importante, permitiendo conocer y manejar los términos y expresiones relacionados con los envases de vidrio, así como la unificación con el fabricante y embotellador.

Todo esto dentro de un contexto de control de calidad, que hoy en día se busca y se exige para un mejor bien y servicio al consumidor. Las normas oficiales mexicanas son adecuadas a los tipos de envases que existen en la actualidad.

Se recomienda siempre estar en continua comunicación con el fabricante de los envases de vidrio para demandar el mejor diseño posible de acuerdo al diseño original, y actualizar los diseños para asegurar un mejor control de calidad y una mayor funcionalidad del envase en las líneas del fabricante y del embotellador.

Capítulo 7. Bibliografía.

1. Morey George W., The Properties of Glass
Reinhold Publishing
New York 1938
2. Rawson Harold., Properties and Applications of Glass
Harold Rawson
Amsterdam 1980
3. Robertson Andrew and John Blackford., Laboratory Glass
Working for Scientists
Butterworths Scientific Publishing
4. Bamford, C.R., Colour Generation and Control in Glass
Elsevier Scientific
Amsterdam 1977
5. Stanek Jaroslar., Electric Melting of Glass
Elsevier Scientific
Amsterdam 1977
6. Hodkin Frederick William., A Textbook of Glass Technology
F.W. Hodking and A. Cousen
London 1925

7. Kingery Bowen Uhlmann., Introduction to Ceramics
A. Wiley - Interscience Publication
New York 1976

8. Jasper guy Woodroof., Beverages Carbonated and
Noncarbonated
The avi Publishing Company Inc.
Westropt, Connecticut 1974

9. Phillips Charles John., Glass Its Industrial Applications
Reinhold Publishing
New York 1960

10. Pulker Hans K., Coatings on Glass
Elsevier Scientific
London 1984

11. Hammersfahr James., Creative Glass Blowing
A. Foreword
New Francisco 1968

12. Hermann Salmang., Fundamentos Físico-Químicos de la
Fabricación del Vidrio
Aguilar, S.A. de Ediciones
Madrid 1962

13. Morris B. Jacobs., Manufacture and Analysis of
Carbonated Beverages
Chemical Publishing Co.
New York 1959

14. Norma Oficial Mexicana. NOM-EE-25

15. Norma Oficial Mexicana. NOM-EE-32

16. Norma Oficial Mexicana. NOM-EE-80

17. Norma Oficial Mexicana. NOM-EE-81

18. Norma Oficial Mexicana. NOM-EE-114

19. Norma Oficial Mexicana. NOM-EE-124

20. Norma Oficial Mexicana. NOM-EE-130

21. Norma Oficial Mexicana. NOM-EE-146

22. Norma Oficial Mexicana. NOM-EE-155

23. Norma Oficial Mexicana. NOM-EE-162

24. Norma Oficial Mexicana. NOM-EE-187

25. Norma Oficial Mexicana. NOM-EE-188

26. Norma Oficial Mexicana. NOM-EE-199

27. Norma Oficial Mexicana. NOM-EE-210

28. Norma Oficial Mexicana. NOM-P-35