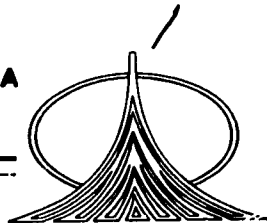




**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**"DESARROLLO DE UNA BOTELLA DE PET  
PARA BEBIDAS CARBONATADAS"**

**TRABAJO DE SEMINARIO  
DE TITULACION  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A :  
AGUILAR GARCIA MARIA GUADALUPE**

ASESOR: I.O. ALEJANDRO CHIO ARJONA

MEXICO, D.F.

ABRIL 2002

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

# PAGINACION DISCONTINUA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**“DESARROLLO DE UNA BOTELLA DE PET  
PARA BEBIDAS CARBONATADAS”**

**TRABAJO DE SEMINARIO DE TITULACION QUE PARA OBTENER  
EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO PRESENTA:**

**AGUILAR GARCÍA MARÍA GUADALUPE**

**ASESOR: I.Q. ALEJANDRO CHÍO ARJONA**

**MÉXICO D.F., ABRIL DEL 2002**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



**FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA**

**OFICIO: FESZ/JCIQ/027/02**

**ASUNTO:** Asignación de Jurado

**ALUMNO: AGUILAR GARCIA MARIA GUADALUPE**  
**P r e s e n t e .**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>Presidente:</b>	<b>M. en C. Alejandro Rogel Ramírez</b>
<b>Vocal:</b>	<b>I.Q. Alejandro Chío Arjona</b>
<b>Secretario:</b>	<b>I.Q. Ismael Bautista López</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Genaro Sánchez Ramos</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Esteban Minor Pérez</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A t e n t a m e n t e**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**  
México, D. F., 19 de febrero del 2002.

**EL JEFE DE LA CARRERA**

**I.Q. ARTURO E. MENDEZ GUTIERREZ**

AEMG/isa\*

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## DEDICATORIA

A mi madre: La luz de mi vida, la guía de mi carrera y la motivación de mi futuro, eres y serás siempre tu.

Gracias a ti existo, alcance mi meta, con tú apoyo, comprensión y amor; no decaí a la mitad de mi camino. En los momentos que pense dejar todo y olvidarme, tu me contagiaste tu fortaleza y decisión para volver a seguir y lograr la meta que me había trazado. Nunca me abandonaste, siempre estas a mi lado, en el momento que te necesito, justo para darme tu apoyo y todo tu amor.

Eres mi incondicional y gran amiga, siempre me ayudas y apoyas si pedir ni esperar nada a cambio, me entregas todo sin importar mis defectos o virtudes; Para ti, para tus ojos yo seré siempre la hija perfecta, la persona que puede lograr todo y que siempre estará a tu lado. Por ser como eres y porque te quiero nunca te fallare, siempre ocuparas el primer lugar en mi vida como hasta este momento.

Por ser como eres y por que te quiero y te adoro este trabajo es para ti, es tuyo por que sin ti no lo hubiera logrado. Gracias mami, gracias por todo lo que me haz dado sin pedir nada a cambio. Te quiero mucho pollito.

A mi padre y hermanos: Gracias por su apoyo económico, desvelo al acompañarme en el camino de mi carrera, por su comprensión y apoyo, por ser mi familia y quererme como yo a ustedes. Gracias: Papá, hermanos: Miguel y Fernando, y a mis cachorros; Copito de nieve, Jaffette y Esmeralda.

A mi asesor y sinodales por su apoyo en la realización de mi trabajo.

A los maestros que durante mi carrera me acompañaron, compartiendo sus conocimientos y experiencias.

A la UNAM por abrirme sus puertas y un agradecimiento especial a la FES Zaragoza por acogerme en sus aulas.

Gracias a todos.

# I N D I C E

## PAG.

4	<b>Introducción</b>
7	<b>I Justificación del tema</b>
11	<b>II Planteamiento del problema</b>
14	<b>III Fabricación de preformas y botellas</b>
16	III.1 Fabricación de preformas
16	III.1.1 Secado (preparación del PET)
18	III.1.2 Plastificación
19	III.1.3 Inyección
19	III.1.4 Enfriamiento
20	III.1.5 Color en preformas
20	III.1.6 Moldes (Sistema de colada en caliente)
21	III.2 Fabricación de botellas
22	III.2.1 Calentamiento de preforma
22	III.2.2 Soplado - Estirado
23	III.2.2.1 Estirado
23	III.2.2.2 Presoplado
24	III.2.2.3 Soplado
24	III.2.3 Stress Cracking en las botellas
27	<b>IV Factores que afectan la vida de anaquel de una bebida carbonatada</b>
28	IV.1 Expansión volumétrica (Creep)
28	IV.2 Pérdida de agua
28	IV.3 Absorción
28	IV.4 Fuga por tapa
28	IV.5 Permeabilidad
28	IV.6 Partes de la preforma y de la botella
29	<b>V Relación y/o aportaciones a la disciplina, facultad o carrera</b>
31	<b>VI Resumen</b>
36	<b>Conclusiones</b>
38	<b>Glosario</b>
41	<b>Bibliografía</b>

**INTRODUCCION**

El material usado en la fabricación de una botella para refresco, Polietilen Tereftalato, es un termoplástico de gran resistencia y gran capacidad de estiramiento. Esta resina termoplástica es conocida como P.E.T. o PET. Fue inventada en 1941 por J.R. Whinfield y J.T. Dickson y comercializada por primera vez en 1953, inicialmente fue comercializado en los mercados textiles y fibras. En los 70's y 80's se aplico en botellas y a partir de los 90's en laminación de películas para empaques y en la actualidad se fabrican hilos para la elaboración de prendas de vestir, una asociación que se encarga de fomentar la compra de dichas prendas es APREPET.

La primera patente sobre el PET la obtuvo Du Pont, en 1972 esta compañía junto con Pepsi-Cola (Pepsico) realizaron una prueba de mercado del uso de botellas de PET en bebidas carbonatadas, en 1977 Pepsi-Cola (Pepsico) U.S.A. hace el primer lanzamiento comercial de una botella de PET con bebida carbonatada, la botella era de 2 litros, con un volumen aproximado de ventas de dos mil millones de envases en un año.

El PET es un polimero con una única combinación de propiedades que lo hacen ser muy apropiado para empaque y en especial para bebidas carbonatadas, excelente brillo y claridad, dureza y resistencia al impacto, resistencia química, baja permeabilidad a los gases, adecuada procesabilidad y buena estabilidad dimensional.

El PET puede ser orientado biaxialmente (estirado en dos direcciones al mismo tiempo) con una mayor fuerza y mejora en la barrera. Esto origina la pared de una botella dando lugar a un sistema de capa sobre capa de PET, cada capa tienen una orientación en dirección diferente. Presenta ventajas como que es una botella con pared lo suficientemente fuerte para almacenar bebidas carbonatadas y otra que las propiedades de barrera son mucho mejores, esta estructura de capas permite solo diminutos orificios por los cuales solo una pequeña cantidad de CO<sub>2</sub> puede escapar.

En la actualidad el PET se utiliza en la fabricación de envases para bebidas carbonatadas y no carbonatadas, así como en alimentos en general. Se utilizan las siguientes opciones: PET amorfo o cristalino, de varios grados de viscosidad intrínseca, de homopolímeros o copolímeros, etc. .

Hoy en día en la industria de bebidas carbonatadas es muy cotizada, debido a la gran demanda en el mercado y el empuje principal para la compra es la botella; el diseño y presentación de la misma es lo que impulsa al público a adquirirla. Se cuenta con un mercado muy amplio el cual no esta enfocado a cierta edad, condición económica o física, ya que en la actualidad existen productos que no contienen azúcar y que se encuentran en la línea "light".



Debido a la gran competencia y a las exigencias de los consumidores es necesario desarrollar e innovar las botellas para dichas bebidas.

## **POLIETILEN – TEREFTALATO (PET)**

El origen del PET es el petróleo crudo, pertenece a la familia de los poliésteres; es un polímero termoplástico de ingeniería. En términos químicos la manera más fácil de fabricar PET es la reacción química (esterificación) del ácido tereftálico (TPA) y el etilenglicol (EG) comúnmente utilizado este último como anticongelante. Dibujos1

El PET es de origen sintético, de naturaleza química es decir el carbono es el componente principal en su estructura. Su estructura molecular es lineal, sin ramificaciones a los lados de la columna molecular.

### **\* OBTENCIÓN DEL PET**

#### *Materia prima del PET*

##### Acido Tereftálico.

El ácido tereftálico se elabora totalmente en México, a partir del para-xileno, materia prima que produce PEMEX.

##### Etilen Glicol.

En términos químicos, el camino más simple para la obtención del PET es la reacción directa (esterificación) del ácido tereftálico y el etilenglicol, formando un monómero bis-bihidroxietil-tereftalato el cual se somete a una policondensación para obtener un polímero de cadena larga, que contiene cerca de 100 unidades repetidas.

### **\* Degradación del PET**

#### Técnica

Calor de fusión

**PET**       $\longrightarrow$       **PET**      +      **Acetaldehido (AA)**

#### **Consecuencias**

Sabor agregado al contenido de la botella

#### **Prevención**

Minimizar el tiempo y temperatura en la máquina de inyección y minimizar el uso de reciclado, cuando se utilice

Hidrolítica

**PET con IV Alto + H<sub>2</sub>O** → **PET con IV Bajo**

**Consecuencias**

Menores propiedades  
PET, de  
procesamiento y claridad

**Prevención**

Minimizar la humedad mecánicas del  
antes de procesarlo

Oxidativa

Oxígeno y calor

**PET** → **Oxidación del PET (Amarillento)**

**Consecuencias**

Decoloración del  
material

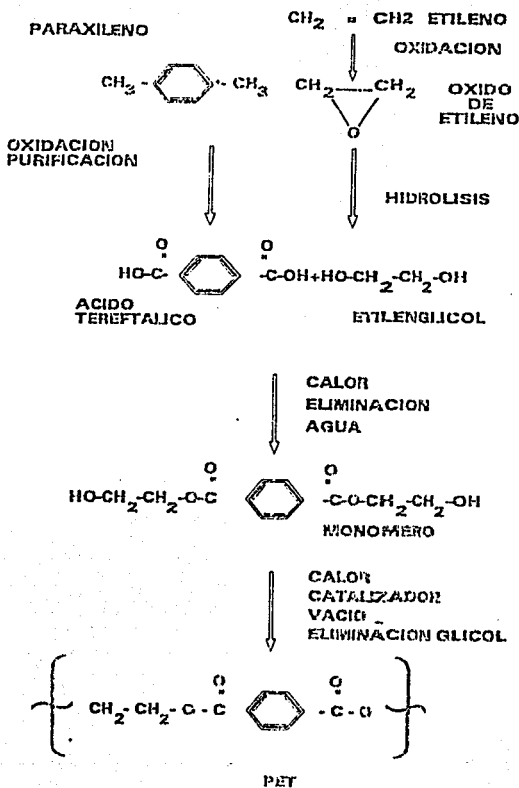
**Prevención**

Minimizar el tiempo y la  
temperatura en el secado  
Sin perjudicar el secado

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

DIBUJO 1

REACCIÓN QUÍMICA DEL PET



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

# ***I***

## ***Justificación del tema***

Las bebidas aromatizadas y edulcoradas consisten de jarabes de azúcar acidificado o aromatizados edulcorados con esencias que son soluciones de sustancias naturales o sintéticas o de ambas, que contienen bióxido de carbono a presión para dar las características de bebida espumosa. Este grupo de productos es sin duda el más variado de los carbonatados e incluye productos tales como la limonada y las gingerales.

Las bebidas pobres en calorías cada día son más populares, aún cuando originalmente se comercializaron para personas diabéticas, en la actualidad son consumidos por personas que desean controlar su ingesta calórica. La legislación del Reino Unido exige que las bebidas pobres en calorías no contengan más de 5.3 Kcal o 22 KJ por 100 ml si se destinan a consumo sin dilución.

Sin embargo, no existe límite sobre la cantidad del edulcorante artificial que pueda usarse en estos productos. Desde que las bebidas pobres en calorías son preparadas con Aspartame o Acesulfame-K, saben mucho mejor y carecen del sabor amargo propio de los productos edulcorados con sacarina. Los productos preparados con aquellos edulcorantes tienen sabor similar a los endulzados con azúcar.

Los productos de cola se preparan con un jarabe edulcorado con azúcar o un edulcorante sintético, generalmente acidificado con ácido fosfórico y coloreado con caramelo, que se aromatiza con extractos de especias, aceites cítricos y nuez de cola. Las bebidas de cola deben contener entre 50 y 200 mg de cafeína por litro. Si la cantidad de cafeína procediese solamente de la nuez de cola el sabor del producto impediría beberlo, por consiguiente, para alcanzar la concentración necesaria se le añade cafeína.

La propiedad más importante de las bebidas refrescantes carbonatadas es el grado de efervescencia. La cantidad de bióxido de carbono disuelto confiere a la bebida su espuma característica que complementa el sabor de la bebida. El nivel de carbonatación variará de producto a producto y para cada uno de ellos existe un grado óptimo.

La carbonatación se efectúa haciendo pasar el líquido a carbonatar a través de un recipiente que contiene bióxido de carbono a presión. El volumen de bióxido de carbono que se disuelve en el líquido esta gobernado por los siguientes factores:

- La superficie de contacto entre el gas y el líquido: cuanto mayor sea la superficie mayor cantidad de gas entrará en el líquido
- El tiempo de contacto; cuanto mayor sea el tiempo mayor será la cantidad de gas que entrará en el líquido
- La presión absoluta de la mezcla gas - líquido; cuanto más alta sea la presión más gas entrará en el líquido

- La temperatura del líquido; la solubilidad de un gas en un líquido aumenta a medida que la temperatura del líquido desciende
- La receptividad del líquido al bióxido de carbono; algunos líquidos son más fácilmente carbonatados que otros, por ejemplo el agua es más receptiva al bióxido de carbono que las soluciones de azúcar o de sal.
- La pureza del bióxido de carbono; la presencia de cualquier otro gas hace que parte del mismo se disuelva en detrimento de la cantidad de bióxido de carbono que eventualmente entra en solución. Esto es particularmente cierto en el caso del aire, puesto que un volumen de aire excluirá 50 volúmenes de bióxido de carbono de la solución. Por consiguiente el equipo de carbonatación dispone de sistemas de eliminación del aire.

La mayoría de los productos carbonatados disuelven en el líquido una cantidad de bióxido de carbono inferior a la máxima concentración de bióxido de carbono especificada a una presión dada, cualquier cambio de presión rompe las condiciones de equilibrio y el bióxido de carbono puede desprenderse de la solución (Ranken 1993).

Debido a que el mercado de las bebidas carbonatadas tiene una gran demanda, hoy en día existen muchas embotelladoras de este tipo de bebidas por lo que es necesario innovar y desarrollar variadas formas de botellas con el fin de atraer y conquistar a los consumidores.

Se cuenta con un mercado muy amplio, el cual no está enfocado a cierta edad, condición económica o física, ya que en la actualidad se tiene producto "Light".

Se desarrolla una botella a partir de PET que sea resistente, segura, fácil de llevar (no pesa debido a que su volumen es de 350 ml), con la seguridad de que es una botella nueva (ya que esta es desechable) y que llame la atención del consumidor. Estas son características que el consumidor requiere hoy en día, además de que no desea guardar botellas que le ocupen espacio en su vivienda (las que en la actualidad son muy pequeñas).

Entre otras ventajas que se tienen al trabajar con PET (polietileno tereftalato), es que es un material que se recicla (lo que significa No Contaminación); reciclándose en la fabricación de botellas para lubricantes, aceites, etc.; en generar hilos para la obtención de prendas y en algunas partes, como en Cementos Apasco, se utiliza como combustible.

Se fabrica una botella con un bajo gramaje (18 gr), para una capacidad de 300 ml, aprovechando al máximo todo el material, así como disminuir el costo del material que se reflejará en la venta de la preforma para fabricar la botella a las embotelladoras.

Otro punto que se tiene en cuenta es el bajo poder adquisitivo de la población, que a pesar de ello somos el país que se encuentra en tercer lugar a nivel mundial como consumidores de refresco. Es por ello que se desarrolla una botella de menor volumen, menor material para su fabricación pero resistente y que el costo de la botella así como la venta del producto terminado al consumidor sea accesible, pudiéndolo adquirir desde un niño con su "domingo" como un anciano con su pensión.

La problemática a solucionar es que el PET es un material muy cotizado, donde su costo poco a poco se eleva, debido a su demanda. Este costo se refleja en el precio del producto terminado (refresco), otro es que las preformas con el gramaje de la actualidad no permiten la buena distribución del material en la botella, lo que genera espesores inconsistentes.

Se obtendrá una botella, que contendrá un producto con las mismas especificaciones, carbonización y presión; y aún cuando el gramaje sea menor tendrá una distribución uniforme de material y no permitirá la fuga del CO<sub>2</sub>.

La reducción en los costos se verá claramente, ya que el producto tendrá prácticamente el costo de la bebida (el costo de la botella será tan pequeño que no repercutirá fuertemente en el precio). En la actualidad una botella de PET si es cara, la preforma no tanto, pero ya inflada si representa un alto costo; las presiones y las temperaturas son mayores si la preforma es de mayor gramaje, lo que ocasiona mayor número de lámparas y más generación de energía, mayor potencia. Lo que es sumado al costo de la bebida.

Los consumidores presentan cierta preferencia por las botellas de menor capacidad, por la facilidad de llevarlos, se guardan en lugares pequeños (mochilas, bolsas e inclusive en la bolsa de la chamarra), es muy práctica para el lonche de los niños.

Un nuevo diseño es atrayente para los consumidores debido a la curiosidad de cómo se ve la botella, es nueva, cuesta poco, el producto tiene el mismo sabor que en una de 2 litros. Los consumidores aceptan todas las presentaciones, pero con el apoyo de campañas publicitarias se logrará que los consumidores busquen esta nueva presentación, por ejemplo, una bella chica o un guapo muchacho anunciando la nueva presentación del producto con mensajes con este enfoque: "¡Si tomas este producto te pareces o te verás como la persona que lo anuncia!, "¡Si tomas este producto, eres fresal!", etc.

# ***II***

## ***Planteamiento del problema***



## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Se requiere de una nueva presentación de botella, con un bajo costo a embotellador y consumidor, innovadora, fácil de llevar, del gusto de todo tipo de consumidor, que se aproveche al máximo el material con la que esta compuesta, que cumpla con especificaciones tanto la botella como el producto y que en la vida de anaquel (tiempo que se encuentra en el mercado para que pueda ser consumida) no afecte ningún factor, que el producto tenga el mismo sabor al de otra presentación.

Para obtener esta botella es necesario conocer como se genera la preforma (desarrollo de la misma), que características debe tener, como se debe manejar y las condiciones a las que se debe soportar para la obtención de la botella.

Como se obtiene una preforma, que factores le afectan, como se obtiene la botella, a que condiciones, que factores le afectan. El costo de la preforma con un bajo gramaje (18 gr) será un 48% menor a las que actualmente se están comprando (para una botella de 355 ml se ocupa una preforma de 23 gramos cuando se podrían ocupar una de 20 gr). El costo objetivo para el consumidor es de \$2.0

De acuerdo a la preforma actual para obtener la botella de 355 ml de capacidad, su peso es de 23 gr. Con un preforma de este peso para la capacidad mencionada no se obtiene una buena distribución del material, lo que implica que en las partes de la botella donde se requiere de más material no se logra obtener, ocasionando desperdicios.

Se debe cuidar la imagen del producto con el fin de no desprestigiar a la marca. Para lograr obtener esta botella resistente y práctica con un bajo gramaje, fue definida como la óptima después de llevar a cabo pruebas en la sidel.

Se produjeron dos tipos de preforma, una de 20 y otra de 18 gramos. Debido al desperdicio de material que se tenía en la de 23 gr, era necesario probar en una de menor gramaje, para obtener una mejor distribución de material y que se vería en la resistencia de las paredes de la botella, evitando explosiones y por supuesto con un costo menor.

La preforma debe ser de la misma calidad que la de 23 gr donde el único cambio será el peso. Se establecieron los gaylords con las preformas (40,000 piezas de cada una), y se realizaron las pruebas en la sidel.

Al cambiar la preforma de 23 por una de 18 gr beneficia al consumidor ya que este pagará menos por el producto terminado, el costo original del producto en una preforma de 23 gr es de \$3.0, y si cambiamos por una de 18 gr el costo será de \$2.0, el consumidor pagará menos y será más ligera (se cuidará el aspecto de que la botella pueda explotar por baja resistencia), y tendrá una buena imagen el producto. Aún cuando nuestra botella será de una capacidad de 300 ml el costo objetivo es adecuado para el consumidor, ya que una preforma de 23 gr para una botella de 300 ml se pagaría \$2.93.

En el siguiente capítulo se presenta la recopilación de la información para la obtención de la preforma y de la botella.

# **III**

## **FABRICACIÓN DE PREFORMAS Y BOTELLAS**

El proceso de fabricación de una botella de PET implica la producción de una preforma que tiene un tamaño reducido, pero contiene la cantidad necesaria de material que la botella finalmente tendrá.

Después de obtener la preforma cualquiera de ellas se convierte en botella terminada, al calentarlas a una temperatura mayor de la temperatura de transición vítrea (T<sub>g</sub>) y realizar el soplado en molde final.

Se tienen dos sistemas para la obtención de la preforma y botella, y son los siguientes:

#### ➤ **Sistema integrado o de una etapa**

En este sistema, el molde de la preforma y el soplado de la misma, se realizan en una sola máquina; los procesos de inyección y de soplado están integrados en una misma unidad por lo que no es necesario sacar las preformas de la máquina para que puedan ser sopladas y llevarse a su forma y tamaño definitivo. En este proceso se requiere de un secado previo al moldeo por inyección.

Las ventajas de este sistema son las siguientes:

1. Menor inversión inicial
2. Permite un aumento escalonado de la producción e inversión
3. Adecuado para varios tipos de productos o para capacidades de producción bajas

#### ➤ **Sistema de dos etapas**

En este sistema, la primera etapa consiste en fabricar la preforma en un equipo de inyección el cual deberá de tener ciertas características especiales para que se pueda procesar la resina y obtener un rendimiento óptimo en cuanto a sus propiedades físicas y de transparencia.

Los moldes deben de ser de colada caliente cuando se trate de niveles elevados de producción y deberán de tener un sistema de refrigeración muy eficiente. Hay moldes desde 16 hasta 96 cavidades, una vez que las preformas están lo suficientemente frías para que no se deformen o se peguen entre sí, se expulsan del molde para ser almacenadas y posteriormente enviadas a donde se localiza el equipo de soplado, el cual se puede encontrar en la misma planta o en otro lugar, como en el caso de algunas embotelladoras.

La segunda etapa del proceso consiste en calentar las preformas hasta una temperatura tal que puedan llegar a transformarse en botellas por medio del estirado-soplado, en equipos de alta productividad que normalmente se encuentran en las embotelladoras.

Las ventajas de este sistema son las siguientes:

1. Adecuado para grandes producciones
2. Permite centralizar la producción de preformas para suministrarlas posteriormente a la planta de soplado
3. Las máquinas para el soplado de botellas, pueden adquirirse por separado, lo que permite:
  - Adquisición de preformas, evitando así las dificultades técnicas de la fase de producción de las mismas
  - Ideal para la producción múltiple en plantas

Dibujo III.1

### **III.1 Fabricación de preformas (inyección)**

#### **III.1.1 Secado (preparación de PET)**

El control del secado del material es esencial para el procesamiento de la resina PET, ya que este en su forma sólida absorbe humedad del medio ambiente (semejante a un desecante); por consiguiente durante su almacenamiento la resina absorberá humedad hasta alcanzar el equilibrio. El valor puede ser tan alto como 0.6% en peso dependiendo de las condiciones del lugar donde se almacena; por consiguiente para producir un buen producto se requiere reducir la humedad a menos de 0.004% y de ser posible hasta de 30 ppm antes de inyectar el material.

Al entrar a la tolva de secado

1. El agua esta dentro del pellet
2. El calor del aire forza al agua a salir a la superficie del pellet, influyen: Temperatura del aire y tiempo de residencia
3. El flujo de aire lleva el agua fuera de la superficie del pellet y de la tolva, influyen: punto de rocío y volumen de aire

Existe sin embargo, un limite de temperatura máxima de secado sin causar una caída de viscosidad intrínseca, las mejores condiciones de secado se alcanzan entre los 145 y 150°C en un tiempo de 4 horas mínimo.

El PET debe de secarse ya que:

- El agua es un subproducto natural generado en la manufactura del PET
  - El PET es un material muy higroscópico, absorbe humedad muy fácilmente
  - Si el agua esta presente cuando el PET se esta fundiendo, dentro de la maquina de inyección, la reacción que se genere es inversa a la deseada y el PET se degrada. Se disminuye la viscosidad intrínseca
  - Al disminuir la viscosidad intrínseca, se disminuyen las características físico-mecánicas del envase
1. El volumen de aire, temperatura del aire y tiempo de residencia están interrelacionados y tienen que considerarse en conjunto para optimizar el secado.
  2. Los mejores resultados se obtienen a la menor temperatura y tiempo de residencia posible.
  3. El aumento de la humedad de la resina reduce la ventana operativa del proceso de secado.
  4. El punto de rocío debe mantenerse bajo, - 40°C (- 40°F)

Si la viscosidad intrínseca disminuye:

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>EFEECTO</b>
<b>Cristalización acelerada</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Preformas aperladas</li> <li>➤ Botellas aperladas</li> <li>➤ Punto de inyección cristalizado</li> <li>➤ Grietas por cristalización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Posible fractura en punto de inyección</li> <li>➤ Distribución de material inadecuado, fugas</li> </ul>
<b>Razón de estiramiento mayor</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Paredes delgadas</li> <li>➤ Bases con exceso de material</li> <li>➤ Bases con falta de material</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Expansión, fracturas, vida de anaquel, carga vertical, resistencia mecánica</li> <li>➤ Stress Cracks</li> <li>➤ Pétalos blancuzcos</li> </ul>
<b>Envejecimiento acelerado</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Quebradizo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Stress cracks, acabado quebradizo, etc.</li> </ul>

### Parámetros de secado

<b>PARAMETRO</b>	<b>COMPONENTE</b>
Tiempo de secado	1. <i>Tamaño de la tolva (Kg)</i> 2. <i>Consumo de resina (Kg/hr)</i> a) Tamaño de la inyección (52 gr/96 cav) b) Tiempo de ciclo (23 seg.)
Temperatura de secado	
Flujo de aire (ft3 por Kg/ hr)	1. Capacidad de la bomba 2. Consumo de resina
Punto de rocío (calidad del aire seco)	1. Efectividad del secador

### Partes de un deshumidificador

<b>COMPONENTES PRINCIPALES</b>	<b>COMENTARIOS</b>
Cama de regeneración (deseccante)	Malla molecular desecante Absorbe la humedad del aire del proceso
Sopladores de proceso Sopladores de regeneración	Proporciona aire para secado Proporcionan aire para regeneración
Calefactores de proceso Calefactores de regeneración	Proporciona calor al aire para evaporar el agua del PET Proporciona calor al aire para evaporar el agua del desecante
Filtros	Remueve los finos y el polvo del aire evitando que el desecante se ensucie
Enfriador	Enfría/seca el aire de retorno de proceso para la óptima absorción del desecante
Tolva	El contenedor del secado Base cónica para uniformizar el flujo del aire y pellets

### Dibujo III.2

#### III.1.2 Plastificación

La fusión del polímero se lleva a cabo en un husillo convencional de longitud 20:D y una relación de compresión de 3:1. En las máquinas de inyección Husky la fusión del polímero se alcanza manteniendo temperaturas de 285 a 295°C.

- La temperatura de plastificación del PET es aproximadamente 250°C, los cristales de las moléculas del PET son eliminados.
- Las temperaturas de las resistencias del cañón son de 285 a 295°C
- La temperatura de fusión y el tiempo de residencia siempre debe ser minimizada.
- La temperatura de fusión y el tiempo de residencia bajos repercuten en:

1. Baja generación de acetaldehído
2. Reducción de la caída de IV

- Mientras más baja sea la temperatura de fusión más claras son las preformas que se pueden inyectar.

### III.1.3 Inyección

La inyección del material se hace dentro de las cavidades del molde que normalmente es de colada caliente, aunque los de colada convencional también pueden encontrar aplicación. Los ciclos de inyección con que trabajan van desde 21 hasta 25 segundos.

- Para el llenado del molde se recomienda la mínima presión de inyección
- Normalmente el 90% del tiro se realiza bajo la presión de inyección (primaria), mientras que el 10% restante se realiza bajo la presión de sostenimiento (secundaria o menor)
- Si la presión de sostenimiento es muy alta provoca aperlamiento en el área cercana al punto de inyección
- Una presión de inyección muy alta puede generar una deflexión en los corazones del molde, lo que provoca excentricidad y diferencia en los espesores de las paredes de la preforma.

### III.1.4 Enfriamiento

El enfriamiento del material se hace en dos fases, inicialmente se tiene un enfriamiento rápido dentro del molde, y después las preformas son transferidas a un brazo mecánico (robot) donde se terminan de enfriar. El proceso de enfriamiento debe ser rápido para obtener piezas amorfas (transparentes). El motivo por el cual se integra un brazo mecánico es para disminuir el tiempo de inyección e incrementar la eficiencia del proceso.

Por naturaleza el PET se cristaliza (más rápidamente entre 150 y 190°C), para prevenir la cristalización de las preformas, el PET debe ser enfriado rápidamente. Los fabricantes de preformas deben “congelar” el material estando en estado amorfo. En el enfriamiento puede afectar:



- Temperatura del agua de enfriamiento
- Flujo de agua de enfriamiento a través de cada elemento del molde
- Humedad del área de moldeo
- Corrosión en los canales de enfriamiento del molde
- Espesor de pared de preforma
- Temperatura de fusión
- Tiempo de ciclo de inyección
- Tiempo de cierre de molde
- Robot de enfriamiento

### III. 1.5 Color en preformas

En ocasiones la preforma se requiere con color, por lo general es en bebidas carbonatas, agua o cerveza; los colores más usuales son ámbar, verde y azul. Hay dos tipos de pigmentación por medio de masterbatch (pigmento en pellet) y bomba dosificadora (pigmento líquido).

La mezcla es transferida del premezclador a husillo de la máquina e inyección, la consistencia de la mezcla es un punto crítico y debe ser verificado constantemente. En el caso de masterbatch el pigmento se suministra por medio de una tolva gravimétrica.

Los moldes para preformas se construyen de 4 a 96 cavidades. El concepto de sistemas permite que nuestros moldes produzcan más de 20000 piezas por hora. El diámetro máximo de la rosca en los moldes de preformas es de 110 mm (4.3 pulgadas). El maquinado de precisión y tratamiento térmico en la planta contribuyen al alto grado de calidad y consistencia de una pieza a la otra. Esto cumple con los requerimientos actuales de las máquinas de soplado a alta velocidad y los equipos de llenado de las botellas.

La colada caliente con cierre de válvula para las preformas PET se ha diseñado como un sistema completamente balanceado, eliminando problemas durante puesta en marcha y produciendo piezas de mejor calidad, Debido al desarrollo reciente en coladas calientes, se han reducido los niveles de acetaldehído, ampliando su uso en los mercados de agua potable y otras bebidas.

### III. 1.6 Moldes (sistema de Colada en Caliente)

Los moldes de las preformas son una combinación de sistemas complejos y son los siguientes:

- Sistemas de canales balanceado de bajo corte de flujo del polímero
- Sistema de alto flujo balanceado de agua de enfriamiento
- Circuitos de calentamiento de polímero fundido

- Sistemas de válvulas de actuadores neumáticos para el punto de inyección
- Sistema de venteo en cavidades
- Componentes de eyección de partes
- Componentes de resistencia en la presión de la prensa
- Sistema de aislamiento de calor

Y teniendo como entradas y salidas:

- Polímero fundido
- Agua de enfriamiento (múltiples entradas y salidas)
- Aire comprimido
- Energía eléctrica
- Termocouples
- Aire atrapado (venteado de las cavidades)
- Fuerza comprimida Dibujo III.3

### III.2 Fabricación de botellas (soplado)

Las botellas tienen una orientación biaxial, lo que incrementa las propiedades físicas, claridad y propiedades de barrera esto es muy importante para las botellas de productos carbonatados.

Hay dos razones para el estiramiento del PET, la primera de ellas es por economía ya que con el estiramiento del mismo permiten espesores muy delgados, paredes más uniformes y a su vez contenedores más baratos. La segunda con el estiramiento se obtiene la orientación y una mejora en las propiedades físicas y de barrera, la orientación es una alineación física de las cadenas del polímero en una configuración regular. Dichas mejoras en las propiedades se muestran en la siguiente tabla:

<b>PROPIEDAD</b>	<b>PET No. ORIENTADO</b>	<b>PET ORIENTADO</b>
Rango de transmisión de vapor de agua g/cm <sup>2</sup> *24h	62(4.0)	31(2.0)
Permeabilidad del oxígeno cm <sup>3</sup> *mm/m <sup>2</sup> *24h*atm	51(13)	2.2(5.5)
Permeabilidad del bióxido de carbono cm <sup>3</sup> *mm/m <sup>2</sup> *24h*atm	28(70)	14(35)
Modulo de elasticidad MPa (psi)	2207(320000)	4966(720000)
Tensión de cedencia MPa (psi)	56.6(8200)	172.4(25000)

Hay tres características de estiramiento y son:

1. Elástico (toma nuevamente su forma original después de aplicarle una fuerza)
2. Viscoso (al aplicarle una fuerza es permanentemente deformada) y
3. Plástico (si se aplica una pequeña fuerza al estirado y se retira la fuerza, puede volver a tomar su forma original, pero si se continúa aplicando una fuerza de estirado, el material se adelgaza y causa una deformación permanente).

El PET se considera material plástico, al continuar con la región de estiramiento donde la fuerza aplicada es constante y pasa a su Razón Natural de Estirado (NSR) y se requiere un aumento importante en la fuerza aplicada para continuar estirando el material; así las propiedades físicas del PET son maximizadas por consiguiente se considera crítico que el NRS se sobrepase ligeramente durante el proceso de estirado. Dibujo III.5

### III.2.1 Calentamiento de la preforma

El perfil térmico de las temperaturas de las lamparas depende del diseño de la preforma y de la botella como de las condiciones climáticas de la zona; el tiempo de calentamiento es de 30 a 45 segundos con un tiempo de estabilización de 30 segundos. El calentamiento es el funcionamiento de los ventiladores en el área de lamparas para lograr la distribución de calor.

Si la temperatura es excedida o es escasa se presenta aperlamiento en las botellas, por lo que los puntos más importantes para obtener una botella de calidad son:

- Las preformas se colocan en el acabado hacia abajo
- El horno tiene lamparas de luz infrarroja en varias zonas
- El calor suministrado se ajusta por porcentaje de voltaje
- El perfil de calor se establece para cada zona
- El acabado (finish) se protege con enfriamiento
- Se tienen un sistema de ventilación al exterior de las preformas
- Temperatura de calentamiento 95 – 115 °C
- Tiempo de equilibrio 10 – 20 segundos

### III.2.2 Proceso de Soplado – estirado

El proceso de moldeo soplado – estirado se utiliza cuando una preforma de PET amorfo se transforma en botella con una estructura orientada biaxialmente, para obtener dicha botella se tienen cuatro variables: presión, tiempo, temperatura y estirado. Este ultimo proceso de soplado - estirado cuenta con tres fases y son:

### III.2.2.1 Estirado

Cuando las preformas han sido calentadas a la temperatura indicada se colocan dentro del molde de soplado y se cierra el mismo, dicho molde tiene la forma en la que se obtendrá la botella. El PET es forzado a llegar casi a la longitud que tendrá la botella, y en este punto es donde los factores de la temperatura, IV y la humedad afectan en el estirado de la preforma (estos factores ya fueron mencionados anteriormente y se explica como es que afectan).

Es de gran importancia el ajuste de la carrera de la varilla de estirado, así como la velocidad con que estira el material; por lo que el estirado de la preforma se debe realizar en combinación con el presoplado y ambos con referencia al tiempo. Los puntos más importantes que se deben considerar para el estirado son los siguientes:

- Modificar la distribución axial en la botella, principalmente en la base de la misma
- Centrar el punto de inyección (punto que se encuentra en la parte inferior de la preforma/botella)
- Justo después de que el molde se ha cerrado inicia el proceso de estiramiento
- La velocidad lineal deberá ser mayor a 1 m / seg.
- Los movimientos se controlan por medio de varillas o brazos mecánicos
- El estiramiento será máximo de 0.5 segundos
- La varilla de estirado deberá ser de acero inoxidable (con el fin de evitar alguna contaminación)

### III.2.2.2 Presoplado

Por lo general el presoplado se realiza al mismo tiempo que el estirado, si la sincronización de estos dos pasos se observara en la distribución de los materiales así como en las características físico - mecánicas de la botella. Con el presoplado se presenta la primer expansión de las paredes de la preforma, las cuales a su vez están siendo estiradas por la varilla.

Se presenta una deformación desde el centro de la botella y esta finaliza hasta obtener la longitud de la prebotella, la presión que se presenta en esta fase es casi la quinta parte de la presión generada en el soplado final (la obtención de la botella). Los puntos importantes a seguir en el soplado son:

- El coplec de sello de soplado deberá ajustar al acabado de la preforma
- La presión de aire se aplica en este paso
- Duración del presoplado es menor a 1 segundo

- La preforma se infla y se estira a una figura ligeramente menor a la del molde, lo que ayuda a la distribución del material y los espesores de las paredes

### *III.2.2.3 Soplado*

Ya que esta estirada la preforma hasta unos milímetros del fondo de la botella, y la presión de presoplado (baja presión) se ha retirado. Se aplica la presión de soplado (alta presión), así las paredes de la botella son llevadas hasta la superficie del molde y así se obtiene la botella (figura del molde). La presión de soplado se presenta inmediatamente después de la presión de presoplado.

Por la composición del PET (mencionada anteriormente) las moléculas bioorientadas forman capas en la estructura de las paredes de la botella, dichas capas presentan pequeñas separaciones entre ellas pero no por ello afectan la eficiencia de la botella (no se presentara fuga de CO<sub>2</sub>). Para obtener un buen soplado es necesario considerar los siguientes puntos:

- La presión de soplado se aplica inmediatamente después que la presión de presoplado, dicha presión forza al material de la preforma a tomar la forma del molde, logrando así formas complejas en las botellas.
- Duración de 1 a 2 segundos
- Los moldes son enfriados con agua
- El tiempo de enfriamiento es de 1 a 2 segundos
- Se retira la presión del molde
- El espesor de las paredes de las botellas deberá ser lo mas uniforme posible con el fin de evitar la pérdida del CO<sub>2</sub>.

Dibujo III.4

### *III.2.3. Stress Cracking en las botellas*

El Stress Cracking en botellas PET se convierte en un problema cuando las botellas se filtran, pueden estallar o fallar después de llenas (en los almacenes, en las plantas de llenado, en los puntos de distribución, en los camiones o en los anaqueles), más de una botella cercana puede estropearse por el jarabe pegajoso que escape de otra botella y que fluya por la estantería, la limpieza es laboriosa y las pérdidas pueden ser cuantiosas o afecten la imagen del producto (y del fabricante). Por lo general las causas de las fallas son difíciles de determinar, lo que sí se considera excesivo es tener de 10 a 20 fallas mencionadas en un millón de botellas.

Los factores principales involucrados son:

<b>PET AMORFO</b>	<b>ESFUERZO</b>	<b>AGENTE PROMOTOR DE STRESS CRACKING</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ IV</li> <li>➤ Copolímero vs homopolímero</li> <li>➤ Envejecimiento y condiciones de almacenaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diseño de la botella</li> <li>➤ Procesamiento               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Distribución del material</li> <li>2. Esfuerzos internos</li> <li>3. Superficie del molde</li> <li>4. Contaminación</li> </ol> </li> <li>➤ Presión interna               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Llenado</li> <li>2. Manejo, almacenaje y distribución</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Lubricantes en bandas de transporte de botellas</li> <li>➤ Soluciones atemperadas</li> <li>➤ Limpiadores de la línea de llenado</li> <li>➤ Bebida</li> <li>➤ Otros limpiadores</li> <li>➤ Lubricantes de moldes y agentes desmoldantes</li> <li>➤ Químicos de las cajas de cartón</li> </ul>

Análisis para detectar el Stress Cracking por comparación de botellas:

- Conteo de botellas agrietadas y conteo de fallas
- Resistencia a la explosión
- Iniciación de grietas internas en la botella
- Resistencia a ciclos de lavado y llenado (retornables)
- Pruebas de campo

Para evitar problemas de Stress Cracking:

1. Diseñar las botellas con baja acumulación de esfuerzos en las zonas amorfas
2. Utilizar copolímeros en las aplicaciones críticas
3. Mantener una buena IV en la preforma
4. Alcanzar una buena distribución de materiales en la botella
5. Evitar largos periodos de almacenaje de preformas y botellas vacías
6. Utilizar lubricantes compatibles y a las concentraciones adecuadas
7. Evitar la sobrecarbonatación
8. No almacenar botellas llenas a temperaturas elevadas
9. Prevenga la exposición innecesaria de la botella a químicos

Para evitarlo en la planta de producción

- Cuidar el secado del PET
- Cuidar la temperatura del proceso

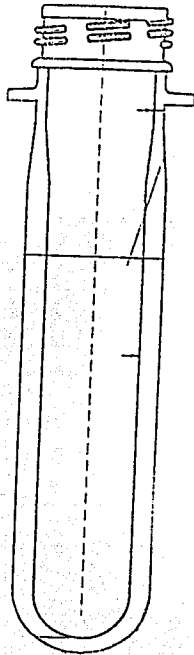
- No almacenar productos terminados en lugares muy calientes ni húmedos
- Siempre practicar la rotación PEPS
- Identificar todos los lotes

**Para evitarlo en la planta de llenado**

- No almacenar el producto en proceso ni terminado en lugares muy calientes ni húmedos
- Utilizar los lubricantes apropiados
- Utilizar las soluciones de limpieza adecuadas
- Siempre practicar la rotación PEPS
- Identificar todos los lotes
- Al distribuir procurar un buen manejo

DIBUJO III.1

LA PREFORMA

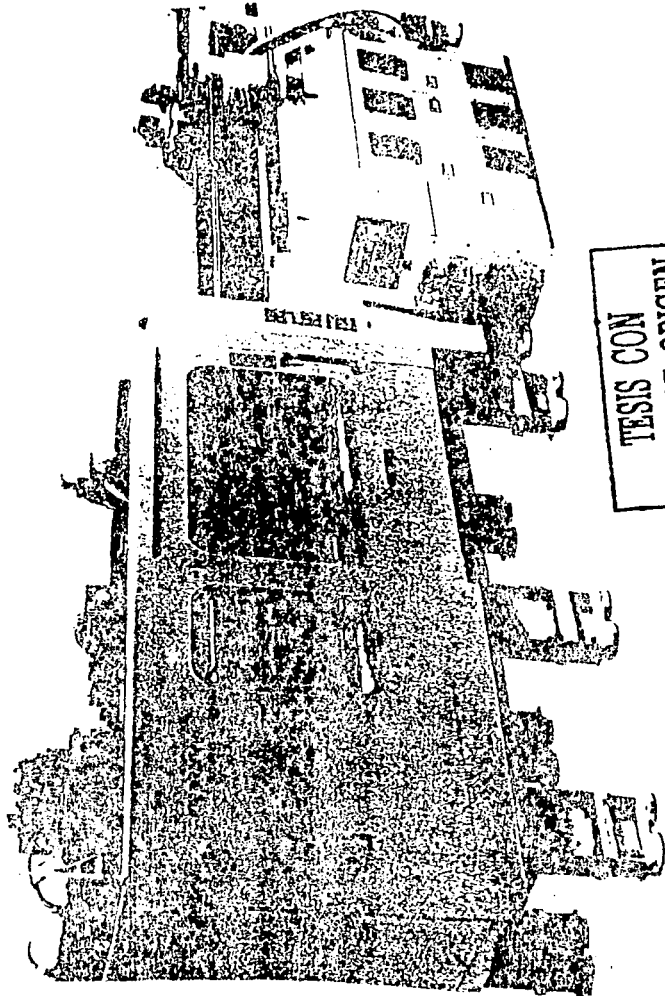


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



DIBUJO III.2

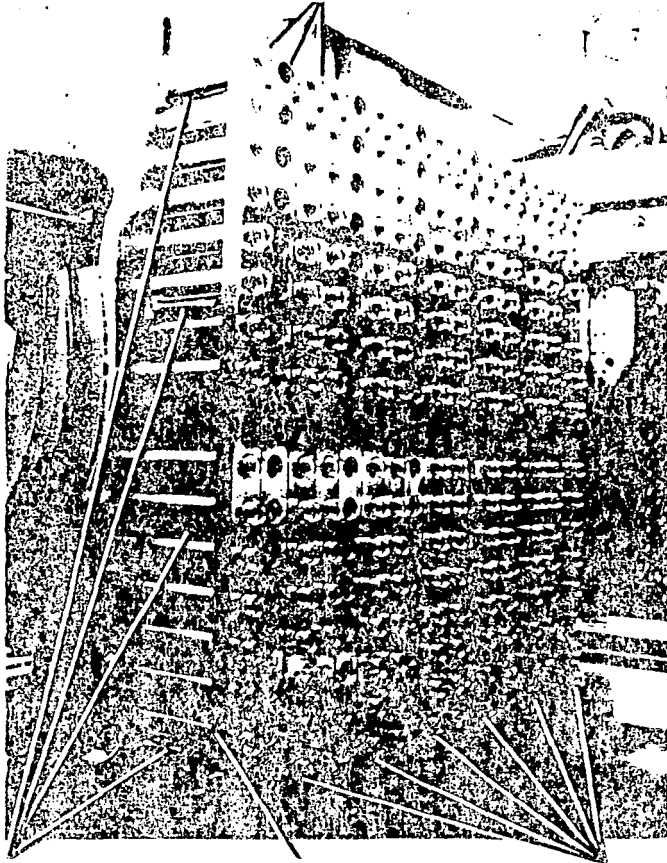
DESHUMIDIFICADOR



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DIBUJO III.3

MOLDE PARA PREFORMA  
PLACA DE DESCARGA CON TRES JUEGOS DE TUBOS DE REFRIGERACION



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

CUATRO CILINDROS DE  
AIRE DE EXPULSION  
POSITIVA POR BARRA

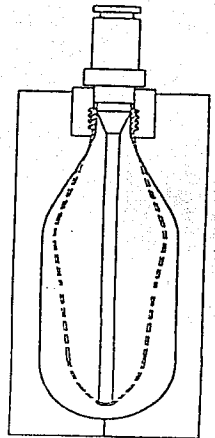
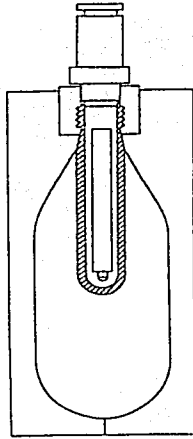
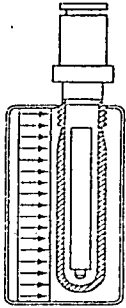
BARRA DE  
EXPULSION  
POSITIVA

SEIS BARRAS DE EXPULSION  
POSITIVA POR JUEGO DE  
PREFORMAS MOLDEADAS

TUBOS DE REFRIGERACION DE LA PLACA DE DESCARGA CON EXPULSION POSITIVA

DIBUJO III.4

ESTIRADO, PRESOPLADO Y SOPLADO



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# **IV**

## **Factores que afectan vida de anaquel**

La pérdida de CO<sub>2</sub> en las bebidas carbonatas se ve afectada por diversos mecanismos, los que se describen a continuación:

#### *IV.1 Expansión volumétrica (Creep)*

Es una expansión lenta de la botella, y es resultado de la presión interna, dicha expansión genera un espacio saturado de gas adicional (headspace) y dicho espacio será llenado con CO<sub>2</sub> que escapara de la botella. Después de la presurización el tiempo de duración de la botella que permanece bajo presión, antes de hacer las mediciones el cual es llamado tiempo de acondicionamiento genera un efecto mayor en la magnitud de la pérdida de carbonatación y de la expansión de la botella.

#### *IV.2 Pérdida de agua*

Esta pérdida de agua presenta el mismo efecto que la expansión Creep, la pérdida del agua es por permeación creando un headspace el cual también es saturado con CO<sub>2</sub> de la bebida y provoca la pérdida del mismo.

#### *IV.3 Absorción*

El CO<sub>2</sub> que se disuelve en las paredes de la botella es lo que llamamos absorción, así como la expansión volumétrica generan la pérdida más importante del CO<sub>2</sub> después de ser presurizada la botella, por lo que el tiempo de acondicionamiento afecta la pérdida por absorción. A mayor tiempo de acondicionamiento; menor pérdida por absorción.

#### *IV.4 Fuga por tapa*

La fuga por la tapa es crítica, esto depende del tipo de la tapa, la calidad del área del sellado y del acabado de la botella.

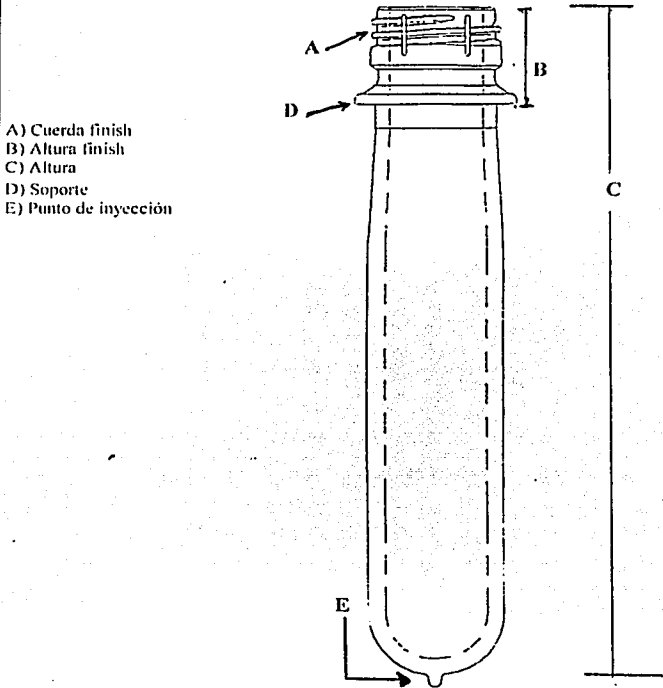
#### *IV.5 Permeabilidad*

Este es el mecanismo de pérdida más importante, ya que es casi el 80% de la pérdida total de CO<sub>2</sub>, por consiguiente para maximizar la vida de anaquel depende de la minimización de la pérdida por permeación.

A continuación se muestran las partes que conforman la preforma y la botella en los dibujos IV.1 y IV.2

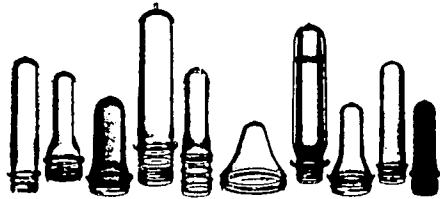
## DIBUJO IV.1

### PARTES Y TIPOS DE PREFORMA



- A) Cuerda finish
- B) Altura finish
- C) Altura
- D) Soporte
- E) Punto de inyección

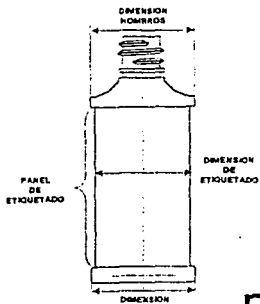
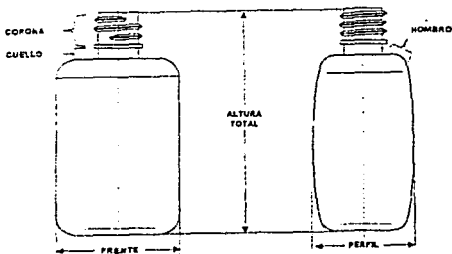
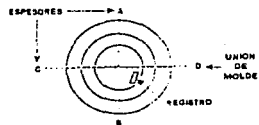
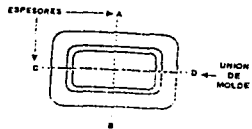
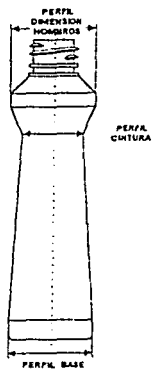
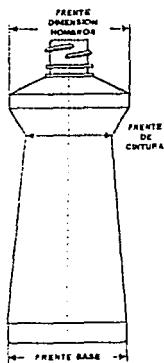
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



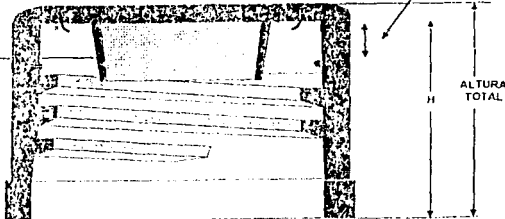
Nuevos tipos de presentación en las botellas de PET, tales como boca ancha, agua embotellada o aplicaciones de llenado en caliente, ofrecen oportunidades de crecimiento para nuestros clientes

# DIBUJO IV.2

## PARTES DE LA BOTELLA



LINER LESS (LABIO)  
LINER LESS (INTERNO)



**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

# V

## ***Relación y/o aportaciones a la disciplina, facultad o carrera***



En la actualidad el PET es un material muy utilizado varias industrias, así como en la vida diaria de cada uno de ellos; gran cantidad de envases, botellas, frascos, ropa, y diversos artículos están fabricados con este material.

El PET es un material muy cotizado, se recicla y evita contaminar el medio ambiente ocupándolo en o para transformar nuevos materiales como en botellas para aceites o lubricantes, en hilos para prendas de vestir o en el último de los casos como combustible.

La tecnología botella de PET para bebidas carbonatadas aporta beneficios a los estudiantes, se les introduce a las industrias de bebidas carbonatadas, fabricación de preformas y de botellas; más aún, al diseño de una preforma, la botella y a utilizar menor material en su fabricación. Con calidad y viendo por la economía del consumidor, de la población, administrando o cuidando el presupuesto de las industrias pero ante todo la imagen del producto, de la marca que entrega calidad al consumidor al menor costo posible.

El estudiante conocerá las condiciones y factores que predominan en el desarrollo de la preforma y la botella, las ventajas y desventajas de ciertos factores, las características con las que debe cumplir el material, la preforma y la botella. Tendrá la capacidad de beneficiar al productor de preformas, a los embotelladores y a los consumidores, mejorar el costo de producción y costo de venta; se trabaja con poco material, una preforma de bajo gramaje pero sin reducir la calidad del producto, solo el costo del mismo, economizar costos de los productores, buscando y presentando ante todo la calidad de los productos, con el fin de obtener un producto bajo en costo como de alta calidad.

# **VI**

## **Resumen**

Se requiere de una botella que sea fácil de llevar, que sea atractiva para el consumidor, que sea de calidad pero que tenga un costo accesible, tanto para el productor como para el consumidor. Se desarrollara una botella con capacidad de 300 ml, esta botella será transparente por lo que no se requerirá pigmento.

El grado de estiramiento depende de las dimensiones originales de la preforma por lo que el diseño de la preforma es la base para la fabricación de la botella (esto permite que al momento del estiramiento, la preforma alcance la altura de la botella).

Se produjo dos tipos de preformas, una de 20 y otra de 18 gramos. Debido al desperdicio de material que se tenía en la de 23 gr, era necesario probar en una de menor gramaje, para obtener una mejor distribución de material y que se vería en la resistencia de las paredes de la botella, evitando explosiones y por supuesto el costo sería menor.

La preforma debía ser de la misma calidad que la de 23 gr y que lo único que variaría sería el peso, se asistió a la prueba de preforma, la máquina se encontraba a las condiciones para fabricar la preforma de 23 gr. La preforma de 20 gr no presentó problema alguno, pero la de 18 gr; al momento de la inyección del material del molde este presentó una plastia en el punto de inyección de la preforma, esto se debió a que como la altura de la preforma es menor la presión de inyección fue demasiada, no la cantidad de material. Fue necesario bajar dicha presión, se acciono nuevamente la inyección del material y se obtuvo una preforma cristalina, bien formada y con el tamaño y gramaje deseado.

Se entregaron los gaylords con las preformas (40,000 pza de cada una). Y se realizaron las pruebas en la sidel.

Al inicio de la prueba se presento una botella con el punto de inyección floreado, se paro la sidel y se observo que el material estaba en la parte superior de la botella por lo al soplar explotaba la parte inferior de la misma por tener tan poco material.

Para que el material bajara se ajusto la leva del presoplado (brazo mecánico), para que la varilla bajara el material al punto de inyección y el tiempo de estabilización fuera más largo, se activo la sidel, y en el momento del presoplado se programo la máquina para que no se accionara el soplado y poder ver si la preforma presoplada había alcanzado la altura de la botella; Se checaron las botellas las que salieron en forma de un foco picudo y se observo que aún la preforma no alcanzo el tamaño deseado.

Se ajusto nuevamente la leva para que el tiempo de estiramiento fuese un poco más, permitiendo la altura deseada. Se acciona nuevamente la sidel y

se obtiene la botella con la altura deseada, pero el material no esta bien distribuido sigue estando arriba de la botella y presenta aperlamiento en la parte inferior de la misma.

Con el aperlamiento se llevo a la conclusión que es debido a la temperatura del horno, se encontraban 3 zonas del horno activadas, por lo que se decide activar 4, y se ajusta nuevamente la leva para la distribución del material, se pone en marcha la sidel y se obtienen botellas sin aperlamiento con la distribución del material uniforme.

La primera presentó problemas de distribución de material, ya que el material se quedaba en la parte superior y en el cuerpo, así como en la base (punto de inyección) se presentaba muy poco material lo que genero baja resistencia. Presento características muy similares a la botella de 23 gr lo que no era conveniente, se seguía desperdiciando cierta cantidad de material.

Después de las pruebas se obtiene una preforma con las siguientes especificaciones y condiciones de operación del equipo:

<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRESENTACIÓN PREFORMA</b>
Peso	gr	18
Altura total	mm	80
Espesor de pared cuerpo	mm	2.5
Espesor de pared base	mm	2.0
ACABADO		
Altura de cuerda finish	mm	15.0
Altura finish	mm	20.0
Altura hasta el soporte	mm	60.0
PUNTO DE INYECCIÓN		
Altura	mm	2.0 máx

### Fusión

$T_1 = 285 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_2 = 285 \text{ }^\circ\text{C}$

### Inyección

$P_1 = 1200 \text{ lb/in}^2$

$P_2 = 120 \text{ lb/in}^2$

### Enfriamiento

$$T_E = 5\text{ }^\circ\text{C}$$

De acuerdo a estas especificaciones, en el dibujo VI.1 se muestra la preforma que obtendremos.

Las especificaciones de la botella y condiciones de operación son las siguientes:

<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRESENTACIÓN</b>
Capacidad	ml	300
Altura total	mm	175.44
Espesor de pared cuerpo	in	0.28
Espesor de pared base	in	0.29
Espesor hombros	in	0.29
Altura panel de etiquetado	mm	51.68
Dimensión de etiquetado	mm	59.57
Dimensión hombros	mm	61.57
Dimensión fondo	mm	62.12
Peso de fondo	gr.	6.61
Altura volumen	mm	40

Para obtener la botella los equipos operarán a las siguientes condiciones:

La calefacción en el horno con lámparas de luz infrarroja de alto voltaje de calentamiento de la preforma es de 2000 wats, repartidas en varias zonas que calientan a la preforma por irradiación de calor.

### Calentamiento

$$T_c = 31\text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_c = 40\text{ seg.}$$

$$t_E = 20\text{ seg.}$$

Funcionamiento de ventilador al 35 %

### Estirado

$$V_L = 16000\text{ botellas/hora}$$

$$t_{E2} = 4.5\text{ seg.}$$

### Presoplado

$P_A = 5.5 \text{ Bar}$

$t_P = 45 \text{ seg.}$

### Soplado

$P_S = 38 \text{ Psi}$

$t_S = 3.0 \text{ seg.}$

$T_{H_2O} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_c = 1.0 \text{ seg.}$

La temperatura del horno se encuentra a  $118 \text{ }^\circ\text{C}$  y la posición de la leva del presoplado a  $19^\circ$

De acuerdo a las condiciones ya mencionadas se muestra en el dibujo VI.2 como quedara la botella diseñada.

Es necesario evitar los siguientes puntos en la fabricación de la preforma y de la botella, con el fin de tener productos con calidad:

### *Preforma*

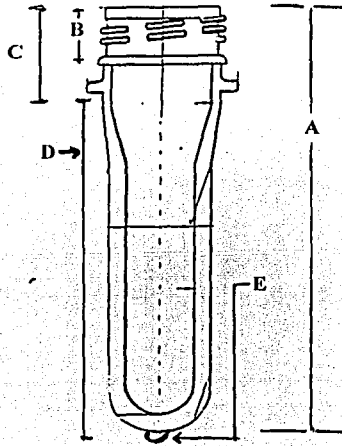
- ✓ Aperlamiento general
- ✓ Aperlamiento en rayas
- ✓ Color
- ✓ Contaminación
- ✓ Punto de inyección cristalizado
- ✓ Punto de inyección perforado
- ✓ Punto de inyección con hilos
- ✓ Burbujas
- ✓ Puntos blancos
- ✓ Marcas de condensación del molde
- ✓ Marcas superficiales
- ✓ Superficies manchadas
- ✓ Ralladuras

### *Botella*

- ✓ Dimensiones según dibujo autorizado
- ✓ Distribución de espesores
- ✓ Color y claridad
- ✓ Retención de carbonatación
- ✓ Resistencia al impacto
- ✓ Resistencia de Stress Cracking
- ✓ Cambio de gusto o sabor

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

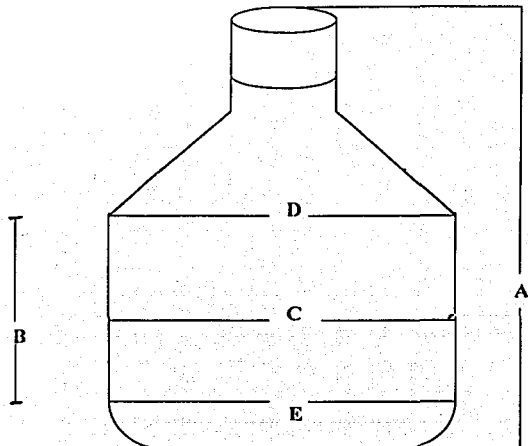
**DIBUJO VI.1**  
**DISEÑO DE LA PREFORMA**



- A) Altura total
- B) Altura cuerda finish
- C) Altura finish
- D) Altura hasta el soporte
- E) Punto de inyección

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**DIBUJO VI.2**  
**DISEÑO DE LA BOTELLA**



- A) Altura total
- B) Altura panel de etiquetado
- C) Dimensión etiquetado
- D) Dimensión hombros
- E) Dimensión fondo

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## CONCLUSIONES

Un aspecto que es considerado en el mercado de envases es el diseño y depende totalmente de la imagen que el fabricante quiera proyectar al consumidor. En la actualidad las botellas para bebidas carbonatadas y no carbonatadas, así como para infinidad de alimentos o productos son muy conocidas en la industria. Lo que se presenta en este trabajo es el diseño de una botella que brinde economía y calidad al producto y productores, así como al consumidor; sin descuidar ninguna parte del desarrollo.

El diseño de esta botella permite ahorrar material, bajando costo en la fabricación de la preforma y el precio final al consumidor, se muestra el proceso para la obtención de una preforma; cómo bajar gramajes sin alterar la calidad del material, cómo economizar en cuestión de costos generales. Y lo más importante como atraer clientes, ya que ellos son los que mantienen este mercado.

Se muestra la importancia de los insumos de una bebida carbonatada, no es solo el líquido bebible y su proceso de preparación, también la calidad del envase influye en la imagen. La presentación y todos los pasos que se encuentran detrás de un refresco que adquirimos y podemos llevarlo a nuestra mesa con toda confianza.

Los ingenieros involucrados y formados para la industria, para laborar y cooperar en la misma, lo más importante es el consumidor, el cliente final a quien se le debe entregar un producto con calidad; y permitir que las empresas sean rentables en sus procesos y productos.

Para la obtención de una botella con calidad es necesario tener en cuenta que la base para esa botella es la preforma y que si desde un inicio nuestra preforma no se encuentra bien diseñada la botella será un fracaso y esto daña la imagen de la marca.

Es muy importante estar actualizados con los materiales de la actualidad y lo que el mercado quiere o pide, para poder definir que es lo que se usa hoy en día para la fabricación, es rentable, que tipo de diseños o presentaciones atraen, que pasos debo seguir, cuales son las reglas que debo respetar y a que esta enfocado mi interés de servir.

Tal vez el gramaje de una botella de 2 litros sea demasiado alto, se podría bajarlo y en consecuencia su costo disminuiría, lo que ayudaría a ciertas embotelladoras que trabajan con alta fructuosa en lugar de azúcar.

Tal vez podría cambiar la forma de la preforma, una que ya no necesitara en paso del estiramiento, mover la leva, las lámparas, solo el soplado y listo.

El diseño de la botella podría ser en forma de algún super-heroe, o armarla en dos partes con un punto de sujeción resistente.

Se podría hacer la prueba con un material más económico, no contaminante (reciclable).

## G L O S A R I O

### **MONOMERO:**

Mono proviene de uno y mero de parte, es una partícula compuesta de una sola parte

### **POLIMERO:**

Es la repetición secuencial de una estructura química básica denominada monomero, son macromoléculas, con cadenas largas que son características por su peso molecular el cual esta basado en la longitud de la cadena y del tamaño de las unidades repetidas. Son producidos por la unión de cientos o miles de moléculas que forman enormes cadenas de las formas más diversas.

Un peso molecular es tan grande como 10,000 g/mol y entre mas alto sea dicho número las propiedades del polimero son mejores.

### **AMORFOS:**

Es un polímero que no puede formar una estructura cristalina es considerado amorfo, sus moléculas tienen un estado de energía bajo, ya que tienen un acomodo aleatorio.

### **SEMICRISTALINOS:**

Estos polímeros pueden ser capaces de tener un grado de organización, las moléculas se arreglan compactamente creando cristales, y tienen buenas propiedades térmicas, mecánicas y de barrera cuando se compara con su contraparte amorfo, en su mayoría es material opaco.

### **VISCOSIDAD INTRINSECA (IV):**

Es la medición del tamaño del polímero, directamente proporcional al peso molecular y es medida disolviendo el PET en un solvente fenólico y se considera como el parámetro más importante en la caracterización de poliésteres.

### **GAYLORDS:**

Caja de cartón de gran magnitud donde se envía la preforma dentro de una bolsa (estas cajas son fabricadas en USA y si se llega a romper una es cobrada al embotellador)

**SIDEL:**

Máquina sopladora de botella, es llamada así ya que se compone de una tolva que se encarga de despachar en el transportador aéreo la preforma para ser llevada a la leva que sujeta la misma para que entre a los moldes para llevar acabo el presoplado-soplado para obtener la botella. En pocas palabras es una sopladora.

**T 1 :**

Temperatura del cañón

**T 2 :**

Temperatura del PET

**P 1 :**

Presión de inyección

**P 2 :**

Presión de sostenimiento

**T E :**

Temperatura de enfriamiento

**T c :**

Temperatura de calentamiento

**t c :**

Tiempo de calentamiento

**t e :**

Tiempo de estabilización

**V L :**

Velocidad lineal

**t e2 :**

Tiempo de estiramiento

**P A :**

Presión de aire de presoplado

**t P :**

Tiempo de presoplado

**P s :**

Presión de soplado

ESTA TESIS NO SALI  
DE LA BIBLIOTECA

**t s :**

Tiempo de soplado

**T H<sub>2</sub>O :**

Temperatura de agua de enfriamiento de los moldes

**t e :**

Tiempo de enfriamiento del molde

# Bibliografía

- 1) "PET Operations Manual"  
Ed. Propia Issue Date Supersedes Date  
U.S.A. 2001
- 2) "Manual de Control Total de Calidad"  
Instituto Politécnico Nacional  
Ed. UPIICSA, México 1999
- 3) "Manual de Control de Calidad"  
EMSA Iztacalco. México 2000
- 4) Vaughn R, "Control de Calidad"  
Ed. Limusa, México 1989
- 5) Besterfield H. D., "Control de Calidad"  
Ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A,  
México 1994
- 6) Ranken M.D., "Manual de Industrias de los Alimentos"  
Ed. Acribia, S.A. España 1993
- 7) "Determinación de la calidad en la producción de bebidas embotelladas"  
Universidad Tecnológica del Valle de Mezquital  
Ixmiquilpan Hgo. 2000
- 8) "Manual de la preforma"  
Procesos Plásticos, México 2000
- 9) "Manual de la obtención del PET, preforma y botella"  
Plásticos Urbina, México 2001
- 10) "Manual de preforma y botella"  
Producciones GESCO, Edo. México 2001
- 11) "Manual de herramientas para el aseguramiento de calidad"  
Regioplast, México 1999