



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**

**INSTALACION Y ARRANQUE DE UNA PLANTA DE  
SOPLADO PET**

**M E M O R I A**

U. N. A. M.

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN

DE DESEMPEÑO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**I N G E N I E R O Q U I M I C O**

P R E S E N T A

**ABRAHAM ALFONSO FLORES SOTELO**

Departamento de  
Exámenes Profesionales

**ASESOR: DR. ADOLFO OBAYA VALDIVIA**

Cuautitlán, Izcallí, Estado de México, 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.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos:

La Memoria de Desempeño Profesional: "Instalación y Arranque de una  
Planta de Soplado PET".

que presenta el pasante: Abraham Alfonso Flores Sotelo  
con número de cuenta: 7583081-0 para obtener el título de :  
Ingeniero Químico

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de Febrero del 2002

PRESIDENTE

Dr. Adolfo Obaya Valdivia

VOCAL

I.Q.M. Rafael Sampere Morales

SECRETARIO

I.Q. Margarita Castillo Agreda

PRIMER SUPLENTE

I.Q. Ariel Bautista Salgado

SEGUNDO SUPLENTE

Q. Celestino Silva Escalona

## **AGRADECIMIENTOS**

*A la gloriosa **UNAM**, por fortalecerme el espíritu de constante superación.*

*A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por abrigarme durante el estudio de mi carrera y sentirme orgulloso de ser universitario.*

*A los Profesores de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por darme una formación con elevado nivel académico.*

*Al Dr. Adolfo Obaya Valdivia, por su claridad de ideas y valiosa ayuda en la elaboración de éste trabajo.*

*A los Miembros del Jurado, por sus aportaciones en la revisión del presente resumen.*

*A Lilibiana Rodríguez y Marcela Flores, por su paciencia, empeño y valiosa ayuda, en la mecanografía del presente trabajo.*

## **DEDICATORIAS**

### **A mi padre**

*Por su constante apoyo y ejemplo para ser hombre de bién.*

### **A mi madre**

*Por sus cuidados, consejos y amor infinito.*

### **A mi esposa**

*Por su cariño y apoyo.*

### **A mis hijos**

*Abraham Alfonso  
Moisés Enrique*

### **A mis hijas**

*Marcela  
Brenda Ivón (qepd)*

## **PORQUE LOS AMO Y SON MI ORGULLO**

*A mis tíos, tías, hermanos, hermanas, amigos y todas las personas que me han estimado en mi vida.*

**HONORABLES MIEMBROS DEL JURADO**

**PRESIDENTE**

**DR. ADOLFO OBAYA VALDIVIA**

**VOCAL**

**I.Q.M. RAFAEL SAMPERE MORALES**

**SECRETARIO**

**I.Q. MARGARITA CASTILLO AGREDA**

**PRIMER SUPLENTE**

**I.Q. ARIEL BAUTISTA SALGADO**

**SEGUNDO SUPLENTE**

**Q. CELESTINO SILVA ESCALONA**

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo describe los conocimientos mínimos necesarios para instalar y operar una planta de soplado, destinada a la fabricación de envases plásticos de PET (polietilén tereftalato). En los últimos veinte años el polímero PET ha desplazado al vidrio en prácticamente todas las aplicaciones, por ejemplo, el mercado refresquero y agua sin gas, donde más del 90% de los envases son de PET. El crecimiento anual es del 10-15% y esto significa la necesidad de instalar más plantas de soplado o bien aumentar la capacidad de las existentes.

Uno de los propósitos del presente trabajo es compartir con los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química, más de veinte años de experiencia dedicados a la producción de polímero PET, para distintas aplicaciones.

En el capítulo I se mencionan la historia, reacciones químicas, así como las propiedades más importantes del PET; que lo hacen superior a muchos otros plásticos. En el capítulo II se describe de modo genérico los procesos de inyección y soplado, orientado a que el personal involucrado comprenda los conocimientos básicos y le permita resolver problemas que se presentan en el día con día de la operación.

El capítulo III señala en esencia las estrategias que deben seguirse para la instalación de una planta de soplado. Cualquier planta productiva debe diseñarse con una logística adecuada que permita ofrecer un excelente servicio al cliente; esto crea la necesidad de conocer profundamente el mercado en el cual se va a competir y ofrecer ventajas como calidad, precio, flexibilidad, bajos tiempos de entrega, etc., que permitirán penetrar y permanecer en el mercado. El capítulo IV describe de manera resumida los resultados obtenidos. Finalmente, el capítulo V menciona el programa de capacitación mínimo requerido para mejorar la cultura de operación de una planta de soplado.

## INDICE

<b><u>CAPÍTULO I GENERALIDADES DEL PET ( POLIETILEN TEREFALATO ).....</u></b>	<b><u>2</u></b>
1.1 Definición de Poliester.....	3
1.2 Historia .....	6
1.3 Mercado Internacional.....	7
1.4 Obtención del Pet, Reacciones Químicas.....	9
1.5 Características Generales .....	11
1.6 Propiedades del Pet.....	12
1.7 Morfología del Pet .....	14
1.8 Comparación de propiedades de acuerdo al estado estructural del Pet .....	15
1.9 Modificación del PET sustituyendo el TPA y EG .....	18
<b><u>CAPÍTULO II PROCESO DE INYECCIÓN – SOPLADO .....</u></b>	<b><u>20</u></b>
2.1 Generalidades .....	21
2.2 Proceso de inyección .....	24
2.3 Proceso de Soplado .....	45
<b><u>CAPÍTULO III MONTAJE Y ARRANQUE DE MÁQUINAS SOPLADORAS .....</u></b>	<b><u>67</u></b>
3.1 Análisis de demanda de envases Pet en México.....	69
3.2 Análisis de máquinas sopladoras de preforma Pet .....	70
3.3 Determinación de los equipos para los servicios requeridos .....	91
3.4 Determinación del área de soplado necesaria .....	93
3.5 Programa ejecución del Proyecto.....	97
3.6 Selección y Contratación de Personal .....	102
3.7 Revisiones previas al Arranque .....	115
3.8 Arranque de la Planta.....	117
<b><u>CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</u></b>	<b><u>119</u></b>
4.1 Resultados .....	120
4.2 Conclusiones .....	142
<b><u>CAPÍTULO V PROGRAMA DE CAPACITACIÓN .....</u></b>	<b><u>144</u></b>
5.1 Capacitación en máquinas Sidel.....	145
5.2 Buenos Hábitos de Manufactura.....	146
5.3 Sistema de Prevención de Pérdidas Accidentales.....	157
5.4 Formación de equipos de Trabajo .....	159
5.5 Sistema de Calidad ISO 9002 .....	164
<b><u>BIBLIOGRAFÍA.....</u></b>	<b><u>169</u></b>

# **CAPÍTULO**

## **I**

### **GENERALIDADES**

#### **DEL PET**

**(POLIETILEN TEREFTALATO)**

## 1.1 DEFINICIÓN DE POLIESTER

El PET (Polietilén Tereftalato) es un poliéster de alto peso molecular. La palabra POLIESTER tiene dos componentes "POLI" y "ESTER", POLI es definido como muchos o más que uno; por consiguiente "POLIESTER" significa muchos esteres unidos en una configuración en cadena. Un ESTER es definido como un compuesto formado por la reacción de un ácido orgánico y un alcohol. En el caso del PET, el alcohol es llamado "GLICOL" y el ácido es un "ACIDO DIBÁSICO" y que a nivel mundial a partir de 1960 se usa el ÁCIDO TEREFTÁLICO.

El glicol usado para producir PET, se obtiene a partir del gas natural (nafta parafínica) como ETANO y PROPANO, donde una planta de cracking los convierte en ETILENO, el cual puede reaccionar con oxígeno y agua produciendo el ETILEN GLICOL (EG), que es un compuesto líquido transparente con sabor dulce.

El componente ácido del PET, también se obtiene a partir del petróleo crudo, la corriente ligera de Naftas aromáticas pasa a través de un reformador, el cual produce gasolinas y una fracción aromática es referida como BTX. A partir de la corriente BTX, se extrae el PARAXILENO, el cual es usado en presencia de oxígeno como materia prima para producir el ÁCIDO TEREFTÁLICO, su estado físico es un polvo fino blanco con tamaño de partícula promedio de 35 micrones.

El Ácido Tereftálico y el Etilen Glicol reaccionan aplicando presión de 3 – 4 kg/cm<sup>2</sup> y temperatura de 280 °C; la reacción es una esterificación directa, eliminando agua como subproducto. Posteriormente, el monómero formado se transfiere a otro reactor donde se agrega catalizador, se incrementa la temperatura 300 – 310 °C y aplicando vacío, se logra la producción del PET, cuya presentación es en forma de chips o pelets ( ver figura No.1.1 )

# Proceso de Manufactura Pet

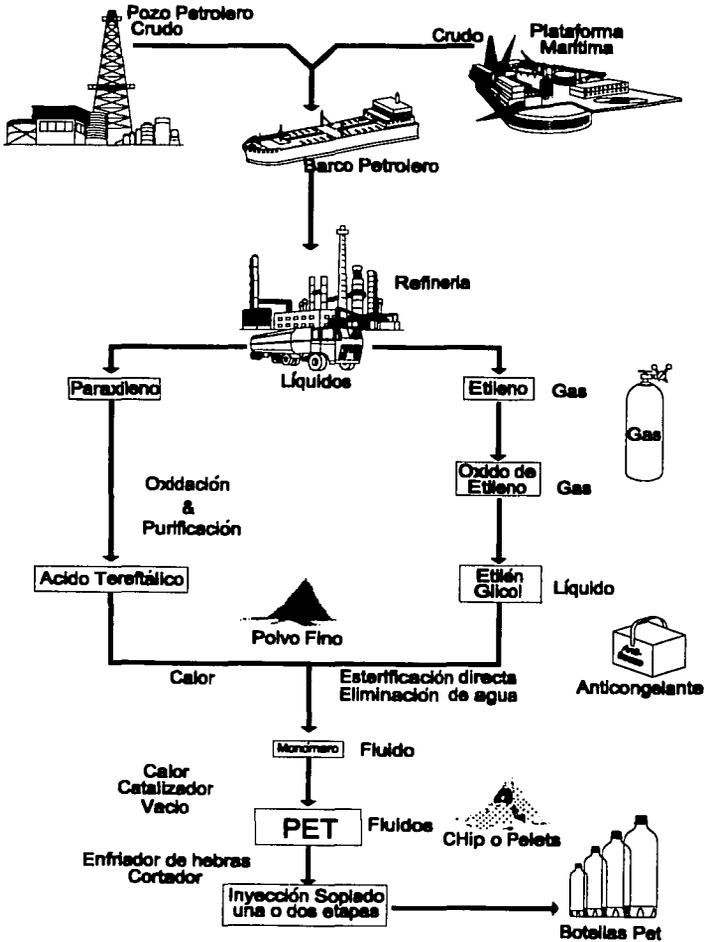


Figura n° 1.1

Los políesteres pueden ser *termoplásticos* o *termofijos*, dependiendo de su composición química.

**Termofijos:** Son aquellos polímeros que una vez solidificados o que tienen una forma final, no se origina un ablandamiento cuando son calentados; es decir, no pueden fundirse para producir nuevas formas, o sea, no son reciclables.

**Termoplásticos:** Son aquellos polímeros que pueden ser enfriados, calentados, llevados a su punto de fusión, y nuevamente repetir los pasos anteriores, sin que se modifiquen de manera sustancial sus propiedades. Esto les permite ser reciclables.

En la actualidad, el más común de los políesteres termoplásticos es el PET (Polietileno Tereftalato) debido a su gran variedad de aplicaciones: Fibras Textiles, Botellas, Envases de boca ancha, Película, Lámina, Piezas de ingeniería, Geotextiles, etc.

El PET es un plástico que se caracteriza por sus propiedades de resistencia mecánica, transparencia y barrera de gases, estas propiedades permiten que sea utilizado en la fabricación de envases para diversos productos como son: bebidas gaseosas (refrescos), aceites comestibles, aguas, conservas, licores, isotónicos, jugos, pastas, mieles, mayonesas, productos en polvo, sólidos y líquidos en general.

Presenta considerablemente mejor barrera al oxígeno y al  $\text{CO}_2$  que la mayoría de otros plásticos, la barrera al  $\text{CO}_2$  se mejora cuando el PET es biaxialmente orientado, abriendo el mercado para bebidas carbonatadas, sustituyendo con muchas ventajas al vidrio, la orientación biaxial o biorientación se trata con mayor detalle en la sección 2.3 del capítulo II.

## 1.2 HISTORIA

El PET (Polietilen Tereftalato) es un poliéster aromático de mayor importancia industrial. Fue preparado por primera vez en 1941 por J.R. Whinfield y J.T. Dickson de la Calico Printer Association en Inglaterra. Su trabajo siguió las directrices establecidas previamente por el Dr. Wallace Hume Carothers y J.W. Hill de Dupont de Nemours, quienes en 1932 sintetizaron un poliéster alifático con bajo punto de fusión.

Ellos fueron los primeros en desarrollar los poliésteres saturados a partir de ácidos aromáticos; sin embargo, fue en 1946 que basados en los trabajos de Whinfield y Dickson ICI lanzó al mercado las primeras fibras textiles, base poliéster Pet.

Durante los 50's se presentó un fuerte crecimiento industrial del PET Grado Fibra, consolidándose grandes compañías como: ICI, Dupont, Hoechst, Celanese, Eastman, Shell, Akzo, etc. Durante estos años, el PET reemplazó al algodón y al lino, era muy novedoso las prendas wash and wear 100% poliéster que no necesitaban plancharse; sin embargo, las prendas 100% poliéster no resultaron muy confortables y en la actualidad el PET Grado Fibra sigue siendo muy usado en mezclas con algodón, acrílico, seda, licra, etc.

Alrededor de 1973, la industria del plástico buscaba desarrollar un material irrompible, ligero y transparente con la idea de producir envases para refrescos, después de muchos análisis fue el PET el que resultó ser más adecuado; sin embargo, hacer botellas no fue una tarea fácil, fue hasta 1976 cuando el Dr. Nathaniel Wyeth de Dupont desarrolló un nuevo método de moldeo denominado inyección – sopleo biorentado, produciendo en 1977 la primer botella de PET de 2 litros con base cup de Polietileno. Este método es el más usado en la actualidad por su elevada capacidad de producción, dado que una máquina puede generar hasta 55,000 botellas/hora.

En 1984, tiene fuerte auge las RESINAS PET para ingeniería y el desarrollo de envases de boca ancha como tarro y frascos para mercados de conservas alimenticias, mieles y muy diversas aplicaciones.

En 1988, comienzan los experimentos con PET modificando el grado de cristalización durante el soplado para satisfacer el mercado de llenado en caliente (temperatura mayor de 80 °C) y se producen las primeras botellas de PET retornables, usando PET modificado con CHDM (1, 4 ciclohexano dimetanol).

En 1990 la empresa AMOCO en USA comienzan las investigaciones sobre modificaciones del PET con IPA (Acido Isoftalico) para producir copolímeros de PET que mantengan buena transparencia con altos espesores de pared del envase.

En 1994, la empresa AMOCO desarrolló una nueva materia prima llamada Naftalen Dicarboxilato (NDC) con la que fue posible producir un nuevo polímero llamado PEN (Polietilen Naftalato), que mezclándolo con el PET mejora sustancialmente su capacidad para llenado en caliente.

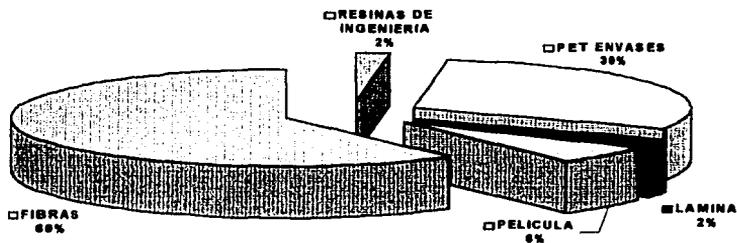
### 1.3 MERCADO INTERNACIONAL

#### 1.3.1 Consumo Total

El PET es el polímero que ha tenido mayor crecimiento a nivel mundial, la segmentación de consumo, de acuerdo al uso indican que son las fibras y los envases los que representan el 90% del consumo del PET en el mundo.

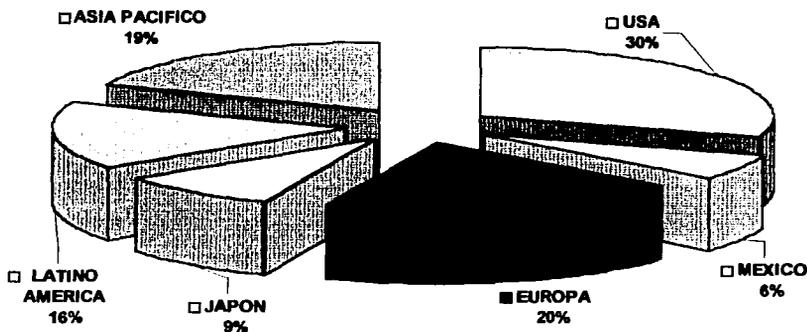
Un mercado que ha venido creciendo es el de película y lámina de PET, representando el 8% del consumo mundial, siendo Alemania y USA los que más aplicaciones han desarrollado.

APLICACION DEL PET EN EL MUNDO



### 1.3.2 Envases de PET: Consumo mundial

El consumo mundial de PET para envases es del orden de 8,000 millones de toneladas por año, teniendo por región los siguientes porcentajes:



La capacidad instalada en el año 2001 es del orden de 8,000 millones de toneladas y se espera que en el 2002 la demanda supere a la capacidad instalada.

### 1.3.3 Tendencias del consumo de PET

El crecimiento nacional y mundial de la demanda de PET superó la capacidad instalada en 1995 provocando un aumento considerable de los precios de la resina, favoreciendo los negocios de reciclaje de los envases para la producción de fibra corta textil.

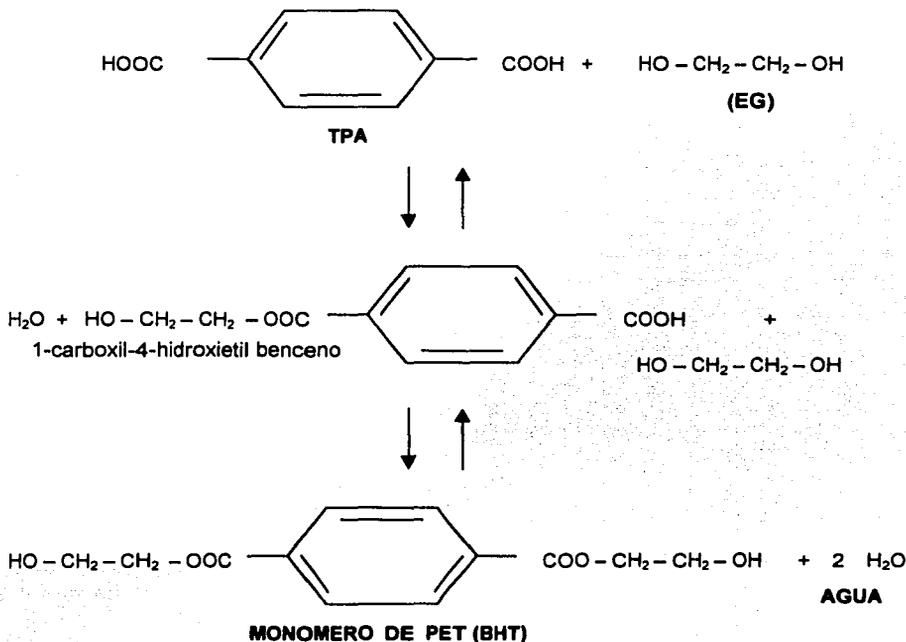
El crecimiento estimado anual es del 15%, lo cual alcanzaría una demanda global de 14 millones de toneladas en los próximos 5 años, teniéndose que aumentar la capacidad productiva actual en 6 millones que equivalen a 50 nuevas plantas de 120,000 toneladas anuales cada una; es decir 10 plantas/año.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El crecimiento anual por región se estima será para Estados Unidos y Canadá del 8.5%, Europa, Medio Oriente y Africa 10%, Asia Pacifico 18%, México y América Latina 20%. Estas proyecciones están basadas en la sustitución del PVC y vidrio en envases para agua purificada que actualmente siguen siendo utilizados en Europa, se espera también la incorporación del PET en envases para Cerveza, conservas, jugos naturales y alimentados en general; así como, también se tiene previsto nuevas instalaciones para refrescos principalmente Coca Cola y Pepsi Cola.

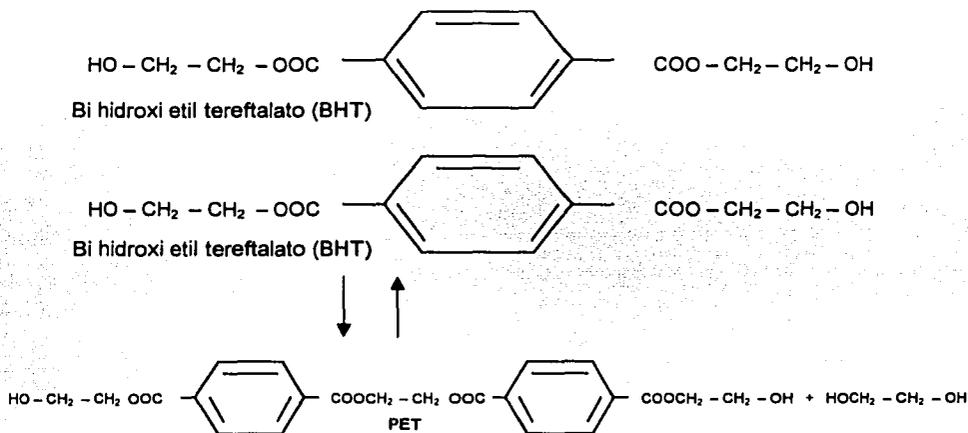
#### 1.4 OBTENCIÓN DEL PET, REACCIONES QUÍMICAS:

El PET es producido mediante la reacción de dos etapas entre el Acido Tereftálico (TPA) y el Monoetilen Glicol (EG). La primera etapa es una reacción de esterificación, expresada por el siguiente esquema:

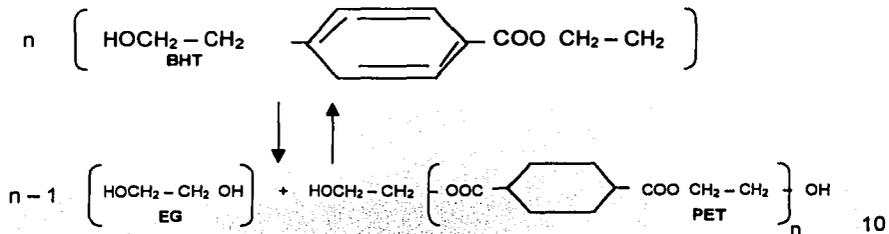


Esta reacción se lleva a cabo a presión de 3 – 4 kg/cm<sup>2</sup> y temperatura 265 – 275 °C, su característica principal es que desprende agua como subproducto y no requiere catalizador; sin embargo se agrega estabilizador térmico a base de fósforo, para evitar las degradaciones, los más comunes son ácido fosfórico grado reactivo analítico o bien trietilen difenil fosfito; el prepolímero en esta primera etapa de la reacción tiene 4 – 5 unidades repetitivas.

La segunda etapa de la reacción es llamada Policondensación y consiste en aplicar poderoso vacío y alta temperatura (300 °C) al prepolímero elaborado en la primer reacción, para formar el polímero PET AMORFO, generando además Monoetilen Glicol como subproducto. La reacción es como sigue:



Esta reacción requiere catalizador, estabilizador térmico y aditivos para enmascarar el tono amarillento del polímero. De modo general:



Las características de la reacción de policondensación o segunda etapa son las siguientes:

- ✓ Se necesita catalizador, los más usados son: Trióxido de Antimonio, Oxido de Germanio, Oxido de Litio, Oxido de Magnesio, Aluminato de Litio, Aluminato de Sodio, Triacetato de Antimonio, Acetato de Zinc y Trifenil fosfito.
- ✓ La cinética de la reacción es de segundo orden, con energía de activación de 34,980 cal/mol.
- ✓ Se necesita alta temperatura (300 °C) y poderoso vacío para lograr la unión de los monómeros, y en consecuencia, lograr la producción del PET con alto peso molecular.
- ✓ Se usa agitación para exponer el Glicol subproducto en la superficie del medio reaccionante y poderlo retirar con vacío, para desplazar favorablemente la reacción.

El peso molecular típico de un PET obtenido en estado líquido es de 20,000 con una viscosidad intrínseca de 0.600

De acuerdo a su aplicación, se emplea distinto nivel de peso molecular, su presentación comercial es en cuerpos sólidos plásticos de 3mm por lado comúnmente llamados chips o pellets, o simplemente recortes de PET.

## **1.5 CARACTERÍSTICAS GENERALES**

- El PET es un material termoplástico, capaz de repetir recalentamientos y nuevas formas de moldeo.
- El PET tiene muy buenas características de barrera con baja velocidad de permeabilidad de gas, comparado con la mayoría de materiales termoplásticos.
- Las propiedades se mejoran muchísimo con la biorientación durante el soplado.
- El PET es una resina higroscópica, la humedad fácilmente se contiene en el interior de los pellets; por esto, es necesario secar el PET antes de procesarse.

- El PET es un material con elevada resistencia a la tensión después de que ha sido orientado biaxialmente; tiene además, excelente claridad en su estado amorfo o en estructuras biorientadas. Únicamente el PET cristalizado, no orientado es opaco.
- El PET es Reciclable: El desperdicio de botellas postconsumo tiene numerosas aplicaciones, inicialmente se usó para producir fibra corta poliéster para alfombras, playeras con mezcla con algodón, etc. El PET es una resina NO TOXICA, la cual si es quemada, sus gases no producen daño alguno.
- El PET tiene elevada resistencia al impacto, alta resistencia a romperse, incluso cuando se llena con bebidas altamente carbonatadas.
- Bajo Costo: El precio del PET es menos de la mitad en relación a otros plásticos con similar resistencia a la tensión y propiedades de barrera.

## 1.6 PROPIEDADES DEL PET

Las propiedades varían en función de su peso molecular (muy relacionado con la viscosidad) y el grado de cristalización.

### 1.6.1 Propiedades físico-químicas

PROPIEDADES	VALOR	UNIDAD
Densidad:		
Amorfo	1.33	gr/cm <sup>3</sup>
Cristalizado	1.40	gr/cm <sup>3</sup>
Viscosidad Intrínseca:		
Baja	0.700 – 0.750	dl/gr
Media	0.751 – 0.790	dl/gr
Alta	0.791 – 0.840	dl/gr
Especial	0.900 – 1.000	dl/gr
Punto de Fusión:	240 – 255	°C
Temperatura de transición vítrea	75	°C
Temperatura Máxima Cristalización	165	°C
Temperatura de apelmazamiento	230 – 240	°C

PROPIEDADES	VALOR			UNIDAD	
Grupos Carboxilos	20 – 40			Meq/kg	
Resistencia a la Tensión:					
No orientado	7,000			Psi	
Orientado axial	11,000			Psi	
Orientado radial	24,000			Psi	
Permeabilidad:	Agua	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	cc/100 in <sup>2</sup> /24 hr/1 atm cc/100 in <sup>2</sup> /24 hr/1 atm	
	No orientado	4	10		40
	Orientado	2	5		30
Elongación a Ruptura	50 – 70			%	
Resistencia al Impacto	90			kg – cm	
Resistencia Dieléctrica	180			kv – mm	

### 1.6.2 Estabilidad a la acción de químicos y otros agentes

Agua a Ebullición:	Sin efecto
Acido Fosfórico:	Sin efecto
Acido Sulfúrico:	Se disuelve
Alkalis:	Moderada
Hidrosulfito de Sodio:	Moderada
Agentes Oxidantes:	Estable
Líquidos Orgánicos:	Estable
Fenoles:	Se disuelve
Fenoles Clorinados:	Se disuelve
Resistencia a la acción de polillas y microorganismos	Resistente
Resistencia a la luz solar (a través del vidrio)	Resistente
Resistencia a la luz ultravioleta	Moderada

## 1.7 MORFOLOGÍA DEL PET

El estado estructural del PET a nivel molecular, podría ser referido como la morfología del PET.

Una molécula de PET GRADO BOTELLA es básicamente una molécula lineal larga, conocida como polímero. La molécula del polímero es una cadena de moléculas más pequeñas repetitivas, conocidas como monómeros.

El monómero de PET es una unidad básica sencilla única del Polietilen Tereftalato (PET); los monómeros se enlazan juntos en cadenas alargadas, durante el proceso de manufactura. El polímero PET GRADO BOTELLA, consiste en cadenas que tienen aproximadamente de 200 a 250 unidades repetitivas o monómeros.

Para propósitos de ilustración, las cadenas poliméricas pueden ser imaginadas como hebras de espagueti. La morfología del PET es el arreglo de las hebras de polímero, en relación de una a otra. El estado amorfo es similar a una bola de espagueti cocinado, con un arreglo completamente al azar y demasiado espacio entre las hebras (moléculas).

El estado crystalino sería similar a grupos de hebras fuertemente compactadas con los grupos individuales (cristales), ordenados aleatoriamente en relación uno de otro.

El estado orientado es también una estructura fuertemente compactada, pero el polímero no está arreglado en grupos. El PET orientado tiene todas las moléculas ordenadas en paralelo unas a otras.

Esta estructura, permite a la luz pasar a través de las moléculas ordenadas regularmente, dando esto al PET orientado, su excelente claridad.

El PET tiene básicamente tres estados estructurales a nivel molecular: CRISTALINO, AMORFO y ORIENTADO.

Las resinas GRADO BOTELLA están a propósito en un estado altamente cristalino, en agrupamientos orientados aleatoriamente.

El PET cristalino, tiene alta resistencia a la tensión y buena estabilidad térmica, pero es opaco y quebradizo. La luz es difractada por cristales esferulíticos ordenados aleatoriamente; los cuales, le dan un color blanco al plástico más que un tono claro transparente. La elasticidad se reduce debido al alto nivel de enlaces intermoleculares, que evitan el movimiento de las cadenas en relación unas de otras. Por esta razón, el estado cristalino no es deseable en los envases de PET.

La estructura amorfa es indefinida, es un estado en el cual las moléculas individuales están arregladas aleatoriamente, sin enlaces químicos con otras moléculas. El PET es totalmente amorfo en su fase fundida líquida; esto es, a temperaturas por arriba de 240 °C. Como el PET se enfría por abajo de su punto de fusión, gradualmente forma cristales a una velocidad que va aumentando, hasta alcanzar la temperatura de máxima velocidad de cristalización alrededor de 165 °C, después la velocidad de cristalización disminuye hasta una temperatura de mínimo crecimiento de cristales, lo cual ocurre a 88 °C.

### 1.8 COMPARACIÓN DE PROPIEDADES DE ACUERDO AL ESTADO ESTRUCTURAL DEL PET

PROPIEDAD	AMORFO	ORIENTADO	CRISTALINO
Apariencia	Clara	Clara	Opaco blanco
Resistencia a la tensión	Moderada	Alta	Moderada
Fragilidad	Baja	Baja	Alta
Plasticidad	Alta	Baja	Baja
Estabilidad térmica	Moderada	Baja	Alta
Volumen libre intermolecular	Alto	Bajo	Bajo
Densidad gr/cm <sup>3</sup>	1.33	1.37	1.40

Durante el proceso de manufactura del PET BOTELLA, la resina es secada, fundida e inyectada en un molde para producir preformas ( ver sección 2.2.3 ). La preforma es entonces soplada para formar una botella con alta presión de aire (método de un paso); o bien, después de 48 horas de acondicionamiento es recalentada y soplada (método de dos pasos).

Dado que una preforma cristalizada no podría estirarse y si fuera posible produciría una botella opaca, es muy importante evitar que ocurra el crecimiento de cristales durante el ciclo de moldeo por inyección. El PET AMORFO por consiguiente debe ser inyectado, y después enfriado por abajo de 88 °C muy rápidamente, de manera que los cristales no tengan tiempo de crecer y la preforma sea estructuralmente amorfa.

La estructura de orientación biaxial es alcanzada durante el proceso de estirado – soplado. Las preformas son calentadas para soplarse a temperaturas del orden de 104 °C, para estirarse biaxialmente con una varilla y comenzar el movimiento molecular. Se sopla aire en el interior de la preforma durante el estirado y el plástico es soplado para dar la forma de acuerdo al molde. La presión del aire es entonces incrementada, para favorecer la transferencia de calor entre el plástico y los moldes de soplado. En la mayoría de los casos, la temperatura del plástico se reduce rápidamente a menos de 88 °C por el contacto con el molde, para evitar el crecimiento de los cristales y congelarse en lugar de una estructura molecular orientada biaxialmente.

Durante la orientación polimérica por el proceso de estirado – soplado, ocurren esfuerzos de tensión muy altos, esto permite producir un contenedor capaz de resistir elevadas presiones internas. La claridad es excelente por el paso de la luz entre las moléculas paralelas. Un atributo indeseable de un envase biorientado es su baja resistencia térmica, debido a los esfuerzos internos congelados.

Si una botella soplada de PET se le aproxima a una temperatura cercana a la temperatura de transición vítrea 75 °C, la estructura polimérica tendrá a relajarse y deformarse hacia una forma de menores esfuerzos; es decir, a una preforma.

La temperatura de transición vítrea del PET es la más baja temperatura, en la cual las moléculas plásticas pueden moverse o encogerse en relación unas de otras.

Muchas aplicaciones del PET, tal como, llenado en caliente y botellas retornables que implica la exposición a altas temperaturas, se han investigado y se han desarrollado tecnologías para satisfacer estas necesidades.

De modo general, las aplicaciones tienen una relación con la viscosidad debido a la tenacidad elongación y resistencia que se requiera:

<b>APLICACIÓN DEL PET</b>	<b>RANGO VISCOSIDAD INTRINSECA dUgr</b>
Filamento continuo	0.600 – 0.640
Fibra corta	0.550 – 0.600
Botellas agua sin gas	0.700 – 0.770
Botellas refresco con gas	0.780 – 0.820
Botellas agua mineral	0.820 – 0.840
Lamina y película	0.780 – 0.820
Garrafrones	0.900 – 0.950
Cuerda para lianta	0.880 – 0.920
Hilo de pesca	0.980 – 1.020

## 1.9 MODIFICACION DEL PET SUSTITUYENDO EL ACIDO TEREFTALICO Y EL MONOETILEN GLICOL

Con la finalidad de mejorar sus características y procesabilidad del PET; o bien, adecuarlo para aplicaciones especiales, existen compuestos que se agregan en forma adicional o como sustitución completa de una de las dos materias usadas para producir el PET (TPA y EG).

Como sustitución parcial del Monoetilen Glicol, se agregan los siguientes Glicoles:

Dietilen Glicol (DEG):  $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$

1,4 Butanodiol:  $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$

1,4 Ciclohexano Dimetanol (CHDM):



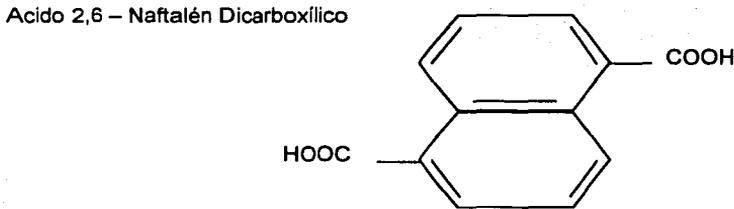
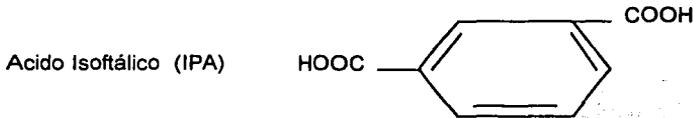
El DEG y Butanodiol tienen la particularidad de reducir el punto de fusión del PET, permitiendo inyectar con menos temperatura y en consecuencia, lograr menos degradación del Polímero. Con el Butanodiol debe tenerse cuidado porque adiciones mayores del 8% mol base glicol, es imposible granular el material. En sustitución al 100% de etilen glicol por butanodiol se forma el polibutilén tereftalato muy usado en sockets eléctricos, que requieren estabilidad térmica, y puede formar gránulos o pelets. El 1,4 Ciclohexano Dimetanol (CHDM) agregado en un 30% mol base glicol, produce con el TPA un Polímero muy usado comercialmente llamado PETG.

El PETG no cristaliza y de este modo ofrece una amplia ventana de proceso que no se logra con los poliésteres cristalizables convencionales.

Este material ofrece una excelente combinación de claridad, dureza y resistencia con el fundido que lo hace útil para una variedad de técnicas de procesamiento y aplicaciones finales.

Los métodos de procesamiento incluyen extrusión – soplado, moldeo por inyección, perfiles de extrusión, tubería, película y lámina. Puede fabricarse placas de 15 mm de espesor con una transparencia excepcional similar al vidrio.

Como sustitución parcial o total del Acido Tereftálico, se usan los siguientes compuestos:



El Acido Isoftálico se incorpora en valores de 2 a 8% mol, base moles de Acido Tereftálico, para reducir el punto de fusión del Polímero PET.

El Acido 2,6 Naftalén Dicarboxílico (NDA) sustituye al 100% el TPA y forma el Polímero llamado Polietilén Naftalato (PEN), material que tiene propiedades muy superiores al PET, dentro las que destacan la temperatura de transición vítrea de 120 °C, lo cual le permite aplicaciones para llenado en caliente y mayor barrera al oxígeno, permitiendo aplicaciones en la cerveza.

# **CAPÍTULO**

## **II**

### **PROCESO DE INYECCIÓN - SOPLADO**

## 2.1 GENERALIDADES

Los procesos de transformación para obtener diferentes artículos de poliéster PET son:

- ✓ Inyección – Soplado: Envases
- ✓ Extrusión: Fibras, Película, Lámina, Envases
- ✓ Termoformado: Recipientes

Cada uno de estos procesos debe cumplir con los siguientes objetivos principales:

- ✓ Retención de la viscosidad intrínseca
- ✓ Mínima generación de Acetaldehído
- ✓ Transparencia máxima

### 2.1.1 Viscosidad Intrínseca

Es una medida del promedio del peso molecular, se mide empleando una solución de la resina en ortofenol diclorobenceno. Un descenso superior a 0.025 dl/gr durante el proceso de transformación, significa una reducción en el peso molecular y como consecuencia, un detrimento en la transparencia; así como, la pérdida de propiedades en botellas, láminas o recipientes termoformados, particularmente en la resistencia al impacto.

La causa principal de la pérdida de viscosidad es la degradación hidrolítica. En estado de fusión el ataque del agua es cuantitativo, por ello es importante secar la resina hasta que el contenido de humedad sea menor de 50 ppm.

Otra causa de pérdida de viscosidad intrínseca, es la degradación térmica de la masa fundida durante el proceso de inyección ó extrusión; por esta razón, las temperaturas para fundir la resina no deben exceder 30 °C, el punto de fusión de la resina y las rpm del husillo deben ser moderadas para lograr bajas velocidades de corte, para obtener la máxima transparencia del producto y sin distorsiones.

### 2.1.2 Generación de Acetaldehído

El Acetaldehído ( $\text{CH}_3 - \text{CHO}$ ) se genera en pequeñas cantidades durante el proceso de fusión del PET, su formación ocurre por la siguiente reacción química:



El Acetaldehído es un líquido volátil e incoloro que se distingue por su olor a frutas, punto de ebullición  $21^\circ\text{C}$ .

El control de Acetaldehído en los procesos de inyección es muy importante, y no debe rebasar las 4 ppm en cualquier envase. Esta sustancia tiene la característica de difundirse desde la pared del recipiente hacia el contenido; razón por la cual, se controla durante el moldeo dado que puede alterar el sabor del agua y bebidas de cola que son muy sensibles a tomar el sabor.

La generación de Acetaldehído, tiene una relación directa con el historial térmico del polímero y con la pérdida de viscosidad intrínseca.

Los factores para reducir la formación de Acetaldehído son:

- ✓ Mínima temperatura de moldeo
- ✓ Mínima permanencia en estado fundido, ciclos bajos.
- ✓ Mínima velocidad de husillo y contrapresión.

### 2.1.3 Transparencia

La transparencia de los productos de PET, esta asociada directamente al grado de cristalinidad del polímero. El PET es transparente cuando es amorfo y opaco cuando está cristalizado.

Entre  $88$  y  $240^\circ\text{C}$ , el PET presenta un estado de transición vítreo a gomoso, termodinámicamente favorable para que las moléculas se organicen en forma cristalina.

La velocidad de cristalización es muy lenta en ambos extremos de la temperatura, mientras que es más rápida en el centro del rango; es decir, entre 140 y 180 °C. La máxima velocidad de cristalización esta alrededor de 165 °C, el PET alcanza un grado visible de cristalinidad en menos de un minuto. De forma práctica, esto significa que el polímero fundido debe ser enfriado para su moldeo entre este rango de temperatura, en el MINIMO tiempo posible.

El PET representa una conductividad térmica relativamente baja, ocasionando que el contenido de calor, en el centro de las paredes del producto moldeado genere cristalización.

La temperatura de fusión durante el moldeo por inyección, tiene un efecto significativo en la transparencia del producto que se obtiene.

El PET normalmente se suministra en estado cristalino para facilitar su secado; sin embargo, las zonas residuales de cristalinidad durante el fundido o un mal enfriamiento durante el moldeo, pueden actuar como áreas de Nucleación durante la transición de la masa fundida, hasta su forma sólida, produciendo zonas de nubes (opacidad).

Otros aspectos que afectan la transparencia son:

- ✓ Temperaturas muy bajas del PET a la entrada del molde también pueden ocasionar anieblamiento; por lo tanto, las condiciones de operación deben ser un equilibrio entre bajo Acetaldehído y alta transparencia.
- ✓ Alta presión de inyección: Las moléculas pueden alcanzar cristalización por efecto de la presión, apareciendo en forma de una tira blanca.
- ✓ Enfriamiento: Un requisito para reducir la niebla, es un eficiente enfriamiento del molde de inyección, de soplado, o de los rodillos en la extrusión de lámina. La temperatura óptima del agua helada es de 4 a 8 °C.

## 2.2 PROCESO DE INYECCIÓN

### 2.2.1 Secado del PET

La resina PET es higroscópica, la humedad afecta la viscosidad y con ello la calidad final de la botella ( ver figuras 2.1 ).

Durante el secado deben considerarse las siguientes variables:

- ✓ Tiempo de residencia del pellet
- ✓ Temperatura del aire seco
- ✓ Flujo de aire seco
- ✓ Punto de rocío del aire seco

En general, la resina PET se seca por espacio de 5 a 7 horas a temperatura de 150 a 180 °C. Dependiendo del gramaje de la preforma, implica un consumo en kg/hr de material, conocido el consumo se define el volumen que debe ocupar el material dentro de un silo que alimenta a la máquina inyectora. Se recomienda que el silo tenga una relación altura/diámetro de  $h = 2D$ .

La densidad aparente de los pellets de PET es de 800 a 850 kg/m<sup>3</sup> y se usa para definir el tiempo de residencia del material.

La forma convencional de secar el PET, es usando aire seco con un punto de rocío de -25 a -80 °C y una relación de flujos como sigue:

1 ft<sup>3</sup>/min de aire seco/1 libra/hr de PET a secar.

Desde luego esta relación establece la cantidad mínima de aire a usar, y debe comprobarse con la humedad residual contenida en los pellets, la cual debe ser menor de 0.005%. Un buen secado del PET, se controla usando dos indicadores: la humedad residual del pellet seco y la caída de viscosidad intrínseca, ocurrida durante el proceso

de inyección, el cual debe ser menor de 0.025 dl/gr. Es muy importante implementar un programa de chequeo de los puntos vitales del secado:

- ✓ Filtros de aire: Limpios
- ✓ Flujo de aire seco (mínimo): 1 ft<sup>3</sup>/min/1 lb/hr de PET
- ✓ Temperatura de regeneración: 220 – 225 °C
- ✓ Resina desecante: Color amarillo claro

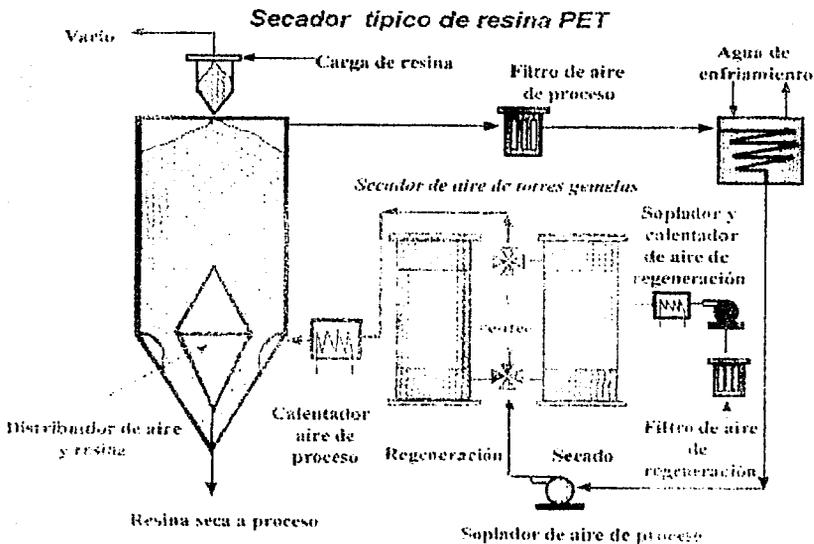


Figura 2.1

## 2.2.2 Inyección

El proceso de inyección ( ver Figura 2.2 ), se efectúa en los siguientes pasos:

El material seco se alimenta por gravedad a la boca de la inyectora.

El molde se cierra en varias etapas:

- ✓ A alta velocidad y baja presión, hasta antes de que se toquen las placas o platinas del molde.
- ✓ A baja velocidad y baja presión, hasta que las platinas hagan contacto total.
- ✓ A alta presión que genera la fuerza necesaria para evitar que el molde se abra durante la inyección.

El material es fundido por la acción de dos fuentes de calor:

- ✓ Calor generado por la acción del banco de resistencias eléctricas, colocado sobre el diámetro exterior del barril y cuya temperatura se fija 20 – 30 °C arriba del punto de fusión del PET.
- ✓ Calor debido a la fricción que genera la rotación del husillo (fricción entre las moléculas y de las moléculas, contra las paredes del husillo y el cilindro o barril).

En general los husillos tienen tres zonas:

- ✓ Zona de alimentación
- ✓ Zona de compresión o bombeo
- ✓ Zona de mezclado y homogenización

En la zona de compresión existe una disminución de área entre el tornillo y el barril, generándose alto calor de fricción.

El husillo sigue girando a 80 – 150 rpm hasta que acciona un microswitch, que determina la cantidad de material que ha de alimentarse a la punta del cilindro o pot de

inyección. Para evitar que el material plastificado que se encuentra en la punta del cilindro, empuje al husillo hacia atrás, se aplica al husillo una presión en sentido contrario (contrapresión).

Al finalizar la dosificación, el husillo retrocede ligeramente para evitar que el material fluya hacia fuera de la boquilla, antes de ser inyectado dentro del molde. A esto se le llama descompresión.

Por medio de un sistema hidráulico, se mueve al pistón del pot de inyección, que inyecta el material dentro de las cavidades del molde a determinada velocidad y presión de inyección. Terminada la inyección, se ejerce una presión sobre el material por medio del pistón (de sostenimiento), que generalmente es menor a la de inyección y sirve para contrarrestar las contracciones del material debidas al enfriamiento y solidificación.

El material se enfría rápidamente a temperaturas menores de 88 °C, para evitar la cristalización de las preformas; ya solidificadas, la presión de sostenimiento no tiene ningún efecto, por lo que se elimina.

El calor que desprenden las preformas se transmite al molde y este a su vez, es disipado por un refrigerante (agua helada a 4 – 7 °C) que corre a través de las venas de enfriamiento del molde. Una vez que ha transcurrido el tiempo de enfriamiento establecido, se abre el molde.

Mediante un mecanismo establecido de placas expulsoras y robot, se retiran las preformas del molde y la máquina puede iniciar el siguiente ciclo.

Resulta complementario conocer las siguientes definiciones básicas de la inyección:

**Presión de Inyección:** Es la presión que ejerce el husillo sobre la masa, durante la inyección.

**Tiempo de Inyección:** Es el tiempo que tarda el husillo en llenar las cavidades del molde, y durante el cual actúa la presión de inyección.

**Presión de sostenimiento:** Es la presión que se ejerce sobre el material después de la inyección, con objeto de compactar al polímero, compensando las contracciones de la pieza debidas al enfriamiento. Esta presión es generalmente menor a la de inyección.

**Tiempo de sostenimiento:** Es el tiempo durante el cual actua la presión de sostenimiento.

**Dosificación:** Es el transporte, plastificación y homogenización de la cantidad de material necesario, para un llenado de las cavidades del molde; esto es, llevarlo a la punta del cilindro listo para ser inyectado.

**Tiempo de enfriamiento:** Este tiempo puede ajustarse en la máquina, dependiendo de las características del material, comprende desde que desaparece la presión de sostenimiento, hasta que el molde abre para expulsar la pieza.

**Pausa:** Es el tiempo que transcurre entre el final de la apertura del molde y el inicio del movimiento de cierre del molde, para iniciar el siguiente ciclo.

**Ciclo:** Comprende todos los pasos necesarios para la obtención del producto; o sea, la inyección del material, compactación del mismo, enfriamiento de la pieza, expulsión de la misma y los movimientos necesario del molde.

**Tiempo de ciclo:** Es el tiempo que tarda un ciclo en completarse totalmente.

**Plastificación:** Es la fusión de un material hasta llevarlo a un estado líquido viscoso (plástico).

**Homogenización:** Es el mezclado del material para obtener características iguales en todo el volumen que ocupa (en el caso de la viscosidad, color y temperatura).

## PRENSA DE INYECCION :

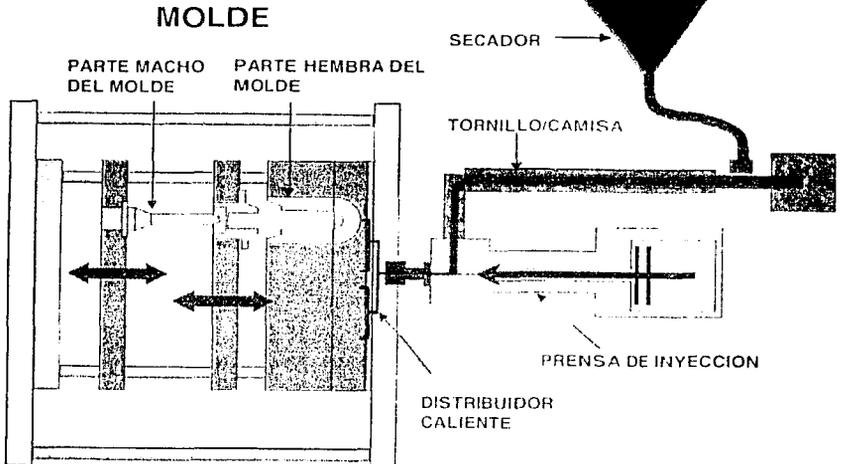
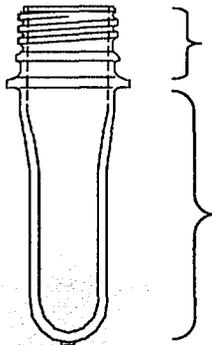


Figura 2.2

### 2.2.3 Diseño de la preforma

La preforma es una pieza inyectada que sirve de estado de transición para obtener una botella biorientada:



El cuello de la preforma es definido durante la fase de inyección, sus dimensiones no cambian durante el calentamiento de la preforma o la acción de estirado soplado.

La talla, el peso, el espesor del cuerpo, las dimensiones de la preforma, son parámetros muy importantes para soplar correctamente el envase.

Cada preforma debe diseñarse para una geometría de botella específica.

Las preformas son diseñadas para una botella determinada, de acuerdo a una relación geométrica que considera las relaciones de estiraje axial y radial (ver figura 2.3 ).

El factor de estirado axial ( $y$ ) es la relación entre la longitud de la porción soplada de la botella y la longitud de la porción soplada de la preforma; es decir, cuantas veces se estiro la preforma para alcanzar la longitud (altura) estirada de la botella.

Las relaciones promedio recomendadas varían de 2 a 3, dependiendo de la aplicación. El factor de estirado radial ( $x$ ) es la relación entre el diámetro de la botella y el diámetro de la preforma. Por lo general, se recomiendan en el rango de 3 a 4.

Se define como relación de biorientación (BO) al resultado de multiplicar las relaciones de estirado axial x radial; por consiguiente, los valores recomendados serían de 6 a 12.

Altas relaciones de biorientación son compatibles con resinas de baja viscosidad intrínseca, dado que se estiran más fácilmente. Por otro lado, las resinas con alta viscosidad tienen aceptable resistencia a la tensión, con bajas relaciones de soplado (esto es, con menor grado de orientación biaxial).

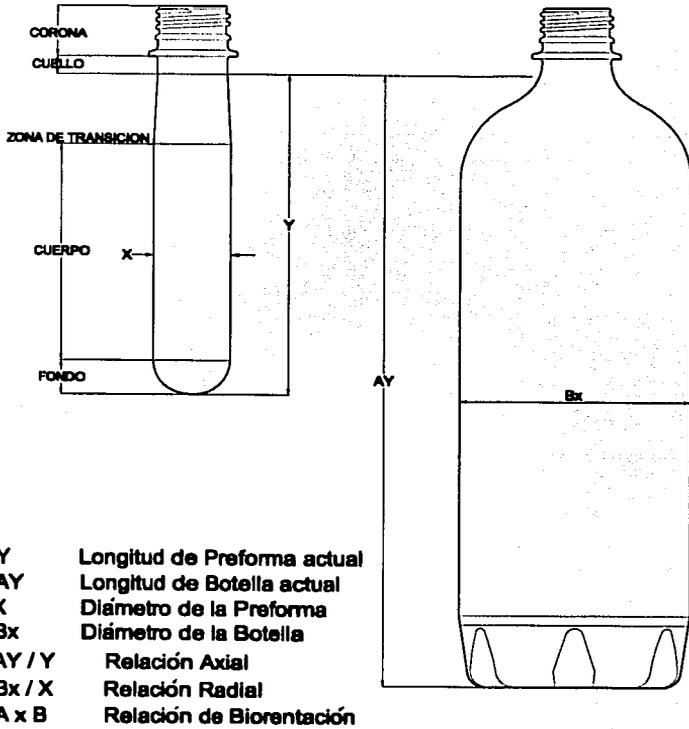
El espesor de la preforma se determina multiplicando la relación de biorientación, por el espesor de la pared de la botella soplada. Por ejemplo:

Envase Petaloide pared recta:

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| ✓ Relación óptima estiraje axial:  | 2.8  |
| ✓ Relación óptima estiraje radial: | 3.6  |
| ✓ Espesor de pared de la botella:  | 0.350 mm                                       |
| ✓ Espesor de la preforma:          | $2.8 \times 3.6 \times 0.35 = 3.53 \text{ mm}$ |

# Diseño de Preforma

## Elementos Basicos



**Figura 2.3**

En el mercado todos los embotelladores establecen sus especificaciones del envase; y es obligación del fabricante de envases, diseñar la preforma que cumpla con las relaciones óptimas de estiraje biaxial para producir la botella que apruebe todo el protocolo del embotellador.

En general, a partir de un volumen y de la aplicación final de una botella, las relaciones de biorientación óptimas se definen como sigue:

<b>CONCEPTO</b>	<b>BEBIDAS CON/SIN GAS</b>	<b>LLENADO EN CALIENTE</b>
Relación de estirado axial	2.8 a 3.1	2.6 a 2.9
Relación de estirado radial	3.5 a 4.2	3.3 a 3.6
Relación de biorientación	9.8 a 13.1	9.1 a 10.4

#### **2.2.4 Defectos en la preforma y su corrección**

Los defectos deben controlarse y en lo posible evitarse. Existe una clasificación internacional con sus niveles de aceptación:

##### **Defectos**

- ✓ Críticos: CERO
- ✓ Mayores: 1/Millar
- ✓ Menores: 3/Millar

##### **Críticos:**

- a) Acetaldehído fuera de especificación > 4 µg/litro
- b) Agujeros o fisuras que signifiquen fugas.
- c) Cuerpos extraños en la preforma.
- d) Dimensiones de la cuerda fuera de especificación.
- e) Manchas cafés en cuerpo de preforma.
- f) Superficie de sello con irregularidades.

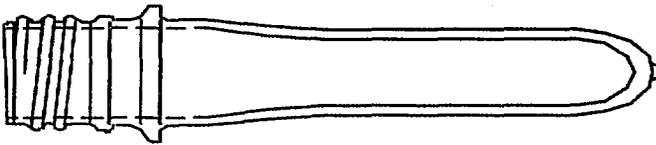
**Mayores:**

- a) Viscosidad baja
- b) Trazas de humedad que provoquen falla durante el soplado.
- c) Cristalización alrededor del punto de inyección.
- d) Espesor de pared menor de 1.5 mm.
- e) Preforma doblada, tipo banana.

**Menores:**

- a) Dimensiones del cuerpo fuera de especificación.
- b) Peso de preforma.
- c) Contaminación externa.
- d) Rebabas de polímero en el punto de inyección, sus dimensiones deben ser inferiores a 1.5 mm
- e) Burbujas

**Corrección de defectos en preformas:**



La información de corrección de defectos supone que el molde ha estado funcionando y que los problemas que se experimentan se deben a fallas del molde, máquina, condiciones de proceso o la resina PET.

Las reglas básicas para la corrección de defectos son:

- ✓ Defina el problema, lo que observa es solo un síntoma del problema que origina el defecto.
- ✓ Desarrolle un método para aislar el problema.
- ✓ Mueva un solo parámetro para verificar el resultado; por cada movimiento, analice su producto.
- ✓ Verifique la solución final para comprobar que el problema se ha resuelto. La repetición de síntomas iguales puede indicar otros problemas.
- ✓ Documente la solución para que una repetición del problema, pueda resolverse rápidamente.

En las tablas siguientes, algunas soluciones pueden parecer conflictivas; por ejemplo, cuando se sugiere que se aumente o se disminuya la presión de sostenimiento, como solución de un mismo problema. Esto se debe a que un molde puede responder favorablemente a un aumento; mientras que otro, puede favorecer una disminución, muchas veces el tipo de resina no es igual.

DEFECTOS	CAUSAS POSIBLES	SOLUCIONES SUGERIDAS
<b>CRITICOS</b>		
ACETALDEHIDO ALTO	1.- Temperaturas altas. 2.- RPM de husillo altas. 3.- Contrapresión alta. 4.- Mal secado: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedad alta</li> <li>• Exceso de temperatura o tiempo de residencia en el secado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cheque temperaturas reales.</li> <li>✓ Baje temperatura del molde movimientos de 3 °C.</li> <li>✓ Baje temperatura de husillo, movimientos de 3 °C.</li> <li>✓ Baje temperatura en los tips.</li> <li>✓ Baje velocidad de husillo, cuidando que cargue la dosis necesaria para el pot de inyección.</li> <li>✓ Baje la contrapresión de la carga del husillo. Vigile que no forme cristalinidad la preforma.</li> <li>✓ Cheque flujo de aire y punto de rocío en secador.</li> <li>✓ Cambie filtros de aire.</li> <li>✓ Baje temperatura de secado.</li> <li>✓ Reduzca 1 hora el tiempo de residencia en secado.</li> </ul>

<b>AGUJEROS O FISURAS EN PUNTO DE INYECCIÓN</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Alta temperatura de tips.</li> <li>2.- Mala operación válvula de compuerta.</li> <li>3.- Baja presión de aire a válvula de compuerta.</li> <li>4.- Tiempo de sostenimiento breve.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bajar temperatura de tips 1%, cuide la cristalinidad.</li> <li>✓ Cheque operación válvula de compuerta. Presión de aire 12 kg/cm<sup>2</sup> mínimo.</li> <li>✓ Aumente tiempo de sostenimiento.</li> </ul>
<b>CUERPOS EXTRAÑOS EN PREFORMA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Carbón en resina.</li> <li>2.- Hule, rebabas de metal que se desprenden en transporte de resina.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Purgar máquina inyectora hasta no detectar carbón en purgas.</li> <li>✓ Mantenimiento, limpieza al hot-runner del molde.</li> <li>✓ Cambiar filtros aire secado, garantizar buen sello.</li> <li>✓ Reducir polvo en resina menos de 0.01%</li> <li>✓ Purgar tubería transporte, checar empaques, etc.</li> </ul>
<b>DIMENSIONES DE LA CUERDA FUERA DE ESPECIFICACIÓN Y/O SUPERFICIE DE SELLO O LABIO CON IRREGULARIDADES.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Dosis de inyección y cojín pobres.</li> <li>2.- Baja presión de retención.</li> <li>3.- Bajo tiempo de retención, carga del husillo deficiente.</li> <li>4.- Baja temperatura de molde o Hot Runner.</li> <li>5.- Venteos tapados.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verifique dosis de inyección y cojín de inyección, valor tentativo <math>6 \pm 1</math> mm.</li> <li>✓ Ajuste posición de retención movimientos de 1 mm.</li> <li>✓ Incrementar presión y tiempo de retención.</li> <li>✓ Cheque carga del husillo, ajuste velocidad y contrapresión de husillo.</li> <li>✓ Incremente temperatura del molde, ajuste de 2 °C.</li> <li>✓ Cheque venteos libres.</li> </ul>
<b>MANCHAS CAFÉS EN CUERPO DE PREFORMA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Alta temperatura de fundido.</li> <li>2.- Excesiva temperatura en molde.</li> <li>3.- Altas RPM del husillo.</li> <li>4.- Alta contrapresión de husillo.</li> <li>5.- Excesiva temperatura de secado.</li> <li>6.- Mantenimiento a Hot Runner, limpieza.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Baje temperatura de inyección y RPM de husillo.</li> <li>✓ Baje temperatura del molde (hot runner, tips).</li> <li>✓ Baje contrapresión de husillo.</li> <li>✓ Cheque caída de viscosidad chip seco, si es mayor de 0.025 dl/gr baje temperatura.</li> <li>✓ Haga limpieza a hot runner.</li> <li>✓ Evite equipo parado con alta temperatura.</li> </ul>

DEFECTOS	CAUSAS POSIBLES	SOLUCIONES SUGERIDAS
<b>MAYORES</b>		
<b>CRISTALIZACIÓN ALREDEDOR DEL PUNTO DE INYECCIÓN</b>	1.- Baja temperatura de tips. 2.- Alta velocidad de inyección. 3.- Alta temperatura agua helada. 4.- Pobre flujo agua helada.	✓ Aumente temperatura de tips, movimientos 1%. ✓ Disminuya velocidad de inyección. ✓ Revise temperatura de agua helada (4 – 8 °C). ✓ Cheque flujo agua helada en molde, debe circular 14 – 17 litros/minuto.
<b>PREFORMA DOBLADA TIPO BANANA</b>	1.- Enfriamiento deficiente. 2.- Tiempo de enfriamiento insuficiente. 3.- Velocidad de inyección excesiva. 4.- Temperatura de producto alta. 5.- Tubos de enfriamiento de robot de mayor diámetro.	✓ Checar filtros agua helada, auditar flujo. ✓ Incremente tiempo de enfriamiento. ✓ Reducir velocidad de inyección. ✓ Bajar temperatura de inyección. ✓ Verificar buen contacto de tubos de enfriamiento, robot con cuerpo de preforma.
<b>TRAZAS DE HUMEDAD QUE PROVOQUEN FALLAS AL SOPLADO</b>	1.- Secado deficiente de la resina. 2.- Filtros sucios de aire seco. 3.- Tiempo de residencia bajo en secador. 4.- Punto de rocío alto en aire seco. 5.- Malla molecular saturada o agotada. 6.- Temperatura de secado inadecuada.	✓ Limpie o cambiar filtros de aire. ✓ Incremente 1 hora, tiempo de residencia. ✓ Checar punto de rocío, debe ser de – 40 a – 80 °C ✓ Cambiar malla molecular o regenerarla por 5 horas. ✓ Incremente temperatura de secado, movimientos de 3 °C.

DEFECTOS	CAUSAS POSIBLES	SOLUCIONES SUGERIDAS
<b>MENORES</b>		
<b>BURBUJAS EN EL PRODUCTO</b>	1.- Extrusor dañado. 2.- Válvula de sostenimiento dañada.	✓ Verifique y repare el tornillo. ✓ Verifique y repare la válvula de sostenimiento.
	1.- Estructura geométrica incorrecta para la resina usada.	✓ Reemplace el tornillo con el correcto para la resina.
	1.- Plástico fundido demasiado frío.	✓ Aumente la temperatura del plástico fundido. ✓ Aumente la retropresión del tornillo.

BURBUJAS EN EL PRODUCTO	1.- Aire o gases atrapados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumente la retropresión del tornillo.</li> <li>✓ Aumente las RPM del tornillo.</li> <li>✓ Aumenta o disminuya el tiempo o la temperatura de secado.</li> </ul>
	1.- Partida de resina inferior	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cambie de resina.</li> </ul>
CONTRACCIÓN (EL TAMAÑO DE PRODUCTO NO ES EL CORRECTO)	1.- Procesamiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presión de inyección.</li> <li>• Presión de sostenimiento.</li> <li>• Retropresión</li> <li>• RPM del tornillo</li> <li>• Tiempo de ciclo.</li> <li>• Volumen de tiro</li> <li>• Temperatura del plástico fundido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Consulte la guía de montaje.</li> <li>✓ Aumente la presión de inyección.</li> <li>✓ Aumente la presión de sostenimiento.</li> <li>✓ Aumento o disminuya la retropresión del tornillo.</li> <li>✓ Aumente o disminuya las RPM del tornillo.</li> <li>✓ Aumente o disminuya el tiempo de ciclo.</li> <li>✓ Aumente o disminuya el volumen del tiro.</li> <li>✓ Aumente o disminuya la temperatura del plástico fundido.</li> </ul>
	1.- Enfriamiento defectuoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumenta la corriente de enfriamiento.</li> <li>✓ Limpie los canales de enfriamiento.</li> <li>✓ Aumente el tiempo de enfriado.</li> </ul>
	1.- La nueva partida de resina tiene una relación de contracción diferente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ajuste las condiciones de procesamiento según proceda.</li> <li>✓ Use una resina más adecuada.</li> </ul>
ESPESOR DE PREFORMA VARIABLE	1.- Macho desviado: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El molde y la máquina están incorrectamente dimensionados.</li> <li>• Los apoyos del molde están muy ajustados o demasiado flojos.</li> <li>• Debajo de las barras de unión hay un apoyo insuficiente.</li> <li>• El estiramiento de las barras de unión no es parejo.</li> <li>• El molde no está nivelado o alineado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ponga el molde en una máquina adecuada.</li> <li>✓ Ajuste de acuerdo con los procedimientos del manual de moldes.</li> <li>✓ Apoye las barras de unión.</li> <li>✓ Ajuste el estiramiento de las barras de unión.</li> <li>✓ Nivele las mitades del molde.</li> <li>✓ Limpie la platina y/o las caras del molde.</li> <li>✓ Alinee las secciones centrales con los machos (molde apilado).</li> </ul>
	1.- Procesamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumente la temperatura del plástico fundido.</li> <li>✓ Aumente la temperatura del refrigerante del molde.</li> </ul>

EFECTOS O MARCAS SUPERFICIALES	1.- Superficies de moldeo dañadas.	✓ Verifique que no hay desgaste por erosión frente al punto de inyección y repare la superficie dañada hasta obtener el acabado correcto.
	1.- La secuencia o la fuerza del expulsor son incorrectas. 2.- El tiempo de enfriamiento antes de la expulsión es insuficiente	✓ Ajuste la secuencia de expulsión y la fuerza  ✓ Aumente el tiempo de enfriamiento.
	1.- Procesamiento: • El plástico fundido no está suficientemente caliente. • Los parámetros de procesamiento necesitan ajustarse.	✓ Aumente la temperatura del plástico fundido. ✓ Reduzca la retropresión de tornillo. ✓ Ajuste las RPM del tornillo. ✓ Disminuya el ciclo general. ✓ Reduzca la velocidad del llenado de inyección.
	1.- Resina: • El tamaño de los granos no es uniforme.	✓ Cambie la mezcla de gránulos por una de gránulos más uniforme.
	1.- La resina tiene humedad.	✓ Seque la resina de acuerdo con las especificaciones del proveedor de resina.
	1.- El producto tiene humedad.	✓ Verifique el molde para asegurarse que no haya pérdidas de agua y rajaduras. ✓ El molde está demasiado frío. Ajuste las temperaturas por encima del punto de rocío.
EL PLÁSTICO SE PEGA EN LA CAVIDAD	1.- Resina: • El plástico fundido está demasiado caliente. • La resina está contaminada.  • El tamaño de las partículas no es uniforme. • La resina no es la correcta. • La relación entre resina y color es incorrecta.	✓ Reduzca la temperatura del plástico fundido. ✓ Limpie la resina contaminada de la tolva, garganta de alimentación, secadores, etc. y purgue la máquina. ✓ Cambie la mezcla de gránulos a otra de tamaño más uniforme. ✓ Cambie la resina. ✓ Cambie la concentración de colorante.



<p><b>EL PLÁSTICO SE PEGA SOBRE EL MACHO</b></p>	<p>1.- Resina:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plásticos fundido demasiado caliente.</li> <li>• Resina contaminada.</li> <li>• Tamaño de partículas no uniforme.</li> <li>• Resina incorrecta.</li> <li>• Proporción de color es incorrecta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reduzca la temperatura del plástico fundido.</li> <li>✓ Limpie la resina contaminada de la tolva, la garganta de alimentación, los secadores, etc. y purgue el extrusor.</li> <li>✓ Cambie la mezcla de gránulos por otra de tamaño más uniforme.</li> <li>✓ Cambie la resina.</li> <li>✓ Cambie la concentración de color.</li> </ul>
<p><b>LÍNEAS O MARCAS DE FLUENCIA EN EL PRODUCTO</b></p>	<p>1.- Las superficies de las cavidades están contaminadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Limpie la superficie del molde.</li> <li>✓ Limpie el producto de despegue de la superficie del molde.</li> </ul>
	<p>1.- Molde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La punta de la boquilla no es la correcta.</li> <li>• Los venteos están tapados.</li> <li>• Los venteos están aplastados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reemplace con la punta correcta.</li> <li>✓ Limpie los venteos y verifique su tamaño.</li> <li>✓ Reacondicione los venteos de acuerdo con la especificación.</li> </ul>
	<p>1.- El plástico fundido está demasiado frío.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumente la temperatura del plástico fundido.</li> <li>✓ Aumente la presión de inyección.</li> <li>✓ Aumente la velocidad de llenado de inyección.</li> <li>✓ Aumente la retropresión del tornillo.</li> <li>✓ Reduzca las RPM del tornillo.</li> <li>✓ Aumente la duración del ciclo.</li> <li>✓ Aumente el tiempo o la temperatura de secado.</li> </ul>
	<p>1.- El plástico fundido está demasiado frío</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumente la temperatura de refrigerante de molde.</li> </ul>
<p><b>MANCHAS EN TORNO AL PUNTO DE INYECCIÓN, EMPAÑAMIENTO TURBIDEZ</b></p>	<p>1.- El molde esta demasiado frío.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumente la temperatura de enfriamiento del molde.</li> <li>✓ Disminuya el caudal de enfriamiento.</li> </ul>
	<p>1.- El punto de inyección está enfriado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Disminuya la temperatura del enfriamiento del molde.</li> </ul>

MANCHAS EN TORNO AL PUNTO DE INYECCIÓN, EMPAÑAMIENTO TURBIDEZ	1.- La velocidad de llenado de inyección es demasiado rápida.	✓ Reduzca la velocidad de llenado de inyección.
	1.- El plástico fundido está demasiado frío.	✓ Aumente la temperatura del plástico fundido. ✓ Aumente la temperatura de retroceso del tornillo.
	1.- La resina contiene humedad.	✓ Seque la resina de acuerdo con las especificaciones de su proveedor de resina. ✓ Verifique la eficiencia de funcionamiento del equipo de secado.
MARCAS DE QUEMADURA EN EL PUNTO DE INYECCIÓN O EN EL PRODUCTO	1.- El tiempo de remanencia es demasiado largo.	✓ Purgue el distribuidor.
	1.- El plástico fundido está demasiado caliente.	✓ Reduzca las temperaturas del plástico fundido. ✓ Reduzca las temperaturas de los conductos de inyección (distribuidor, bebedero y boquilla).
	1.- El plástico fundido está demasiado frío.	✓ Aumente la temperatura del plástico fundido. ✓ Aumente la temperatura de los conductos de inyección (distribuidor, bebedero y boquilla).
	1.- Excesivo calentamiento por corte.	✓ Cambie el tamaño del agujero de la boquilla de la máquina. ✓ Verifique que los puntos de inyección no tengan obstrucciones.
	1.- La resina cuelga: <ul style="list-style-type: none"> <li>• En el extrusor.</li> <li>• En la cubierta de la boquilla.</li> <li>• En la boquilla de la máquina.</li> <li>• Punto de inyección dañado.</li> </ul>	✓ Limpie el tornillo, la válvula de cierre o el anillo de sostenimiento. ✓ Limpie la cubierta de la boquilla. ✓ Ajuste y alinee la boquilla y el bebedero. ✓ Reemplace o remaquine el detallado del punto de inyección, de acuerdo con las especificaciones.
1.- Resina: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resina contaminada.</li> <li>• Tamaño de partículas no uniforme.</li> </ul>	✓ Retire el material contaminado. ✓ Limpie la tolva ✓ Purgue el extrusor. ✓ Cambie la mezcla del grano y use una mezcla más uniforme.	

REBABAS  
EN EL  
PRODUCTO

<p>1.- Molde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daños en la separación de las superficies de cierre o división.</li> <li>• La línea de separación no está limpia.</li> <li>• Los puntos de inyección están tapados en otras cavidades.</li> <li>• Los venteos están tapados en todas cavidades.</li> <li>• Los venteos están aplastados.</li> <li>• El molde está demasiado caliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Remecanice las caras de cierre o los bordes de separación.</li> <li>✓ Limpie la suciedad y limpie la línea de separación.</li> <li>✓ Limpie los puntos de inyección tapados de las otras cavidades.</li> <li>✓ Limpie los venteos y verifique su tamaño.</li> <li>✓ Reacondicione los venteos de acuerdo con las especificaciones.</li> <li>✓ Verifique los calefactores y los termopares.</li> <li>✓ Verifique los ajustes de los controladores.</li> </ul>
<p>1.- Máquina:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El estiramiento de las barras de unión es desigual.</li> <li>• La platina tiene deflexión excesiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ajuste hasta lograr un estiramiento parejo de las barras de unión.</li> <li>✓ Use una máquina diferente con una platina más rígida.</li> <li>✓ Use una máquina de mayor tamaño.</li> </ul>
<p>1.- Procesamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El plástico fundido está demasiado caliente.</li> <li>• Sobrecompresión del material.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel y alineación de las mitades del molde.</li> <li>• La presión de cierre de la unidad de cierre es demasiado baja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Consulte la guía de montaje.</li> <li>✓ Reduzca la temperatura del plástico fundido.</li> <li>✓ El ciclo total es demasiado largo.</li> <li>✓ Reduzca el volumen del tiro por vez.</li> <li>✓ Reduzca el colchón de reserva de alimentación</li> <li>✓ Reduzca la retropresión de tornillo</li> <li>✓ Ajuste las RPM/cupla del tornillo</li> <li>✓ Reduzca la presión de sostenimiento.</li> <li>✓ Reduzca el tiempo de sostenimiento</li> <li>✓ Reduzca la velocidad de llenado de inyección</li> <li>✓ Reduzca la presión de inyección</li> <li>✓ Asegúrese de que la máquina y el molde estén nivelados.</li> <li>✓ Aumente la presión de la unidad de cierre.</li> </ul>

<p><b>REBABAS EN EL PRODUCTO</b></p>	<p>1.- Resina:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La resina empleada tiene un índice de fusión incorrecto.</li> <li>• La resina está contaminada.</li> <li>• Se han usado aditivos incorrectos.</li> <li>• El tamaño de las partículas no es uniforme.</li> <li>• Demasiado material de reciclado.</li> <li>• La resina está secada incorrectamente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Use una resina con índice de fusión adecuado.</li> <li>✓ Limpie el extrusor, la tolva etc., de la máquina y reemplace la resina.</li> <li>✓ Reemplace los aditivos usados con resina (colorante, lubricante, etc.)</li> <li>✓ Cambie la mezcla de granos a otra de tamaño más uniforme.</li> <li>✓ Reduzca el porcentaje del material de recuperación.</li> <li>✓ Cambie el tiempo y la temperatura de secado de acuerdo con las especificaciones del proveedor</li> </ul>
<p><b>VACÍOS O HUECOS EN EL PRODUCTO</b></p>	<p>1.- Molde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Venteos bloqueados.</li> <li>• Venteos aplastados.</li> </ul> <p>2.- Canal caliente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Banda calefactora quemada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Limpie los venteos y verifique sus dimensiones.</li> <li>✓ Reacondicione los venteos de acuerdo con las especificaciones.</li> <li>✓ Aumente o disminuya la temperatura de refrigerante del molde.</li> <li>✓ Reemplace la banda calefactora quemada.</li> </ul>
	<p>1.- Procesamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustes del procesamiento.</li> </ul> <p>• Retroceso en el tornillo y en la válvula de sostenimiento.</p> <p>• Temperatura del plástico fundido incorrecta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Consulte la guía de montaje.</li> <li>✓ Aumente el volumen del tiro.</li> <li>✓ Aumente el colchón de reserva de alimentación.</li> <li>✓ Aumente la presión de sostenimiento</li> <li>✓ Aumente el tiempo de sostenimiento.</li> <li>✓ Aumente la presión de inyección.</li> <li>✓ Aumente o disminuya la velocidad de llenado de inyección.</li> <li>✓ Limpie la válvula de sostenimiento y el tornillo.</li> <li>✓ Reduzca la temperatura del plástico fundido.</li> <li>✓ Aumenta o disminuya la temperatura de la boquilla.</li> </ul>
	<p>1.- Resina:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de fusión incorrecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cambie la resina por otra con índice de fusión correcto.</li> </ul>

## **2.2.5 Manejo de la preforma**

### ***Empaque de la preforma***

Las preformas deben enfriarse previo a su almacenamiento.

El almacenamiento típico para preforma de PET son cajas tipo gaylord. Los gaylords pueden ser de cartón corrugado o de plástico. Las dimensiones típicas son:

#### *Cartón corrugado:*

- ✓ 1.2 mt. ancho x 1.2 mt. largo x 1.1 mt. alto
- ✓ Liner de polietileno en interior.
- ✓ Tarima de madera y fleje
- ✓ Estiba máxima dos cajas
- ✓ Pueden ser no retornables o reusables (20 vueltas máximo)

#### *Caja plástica:*

- ✓ 1.2 mt. ancho x 1.2 mt. largo x 1.2 mt alto
- ✓ Por lo general estable con tapas
- ✓ No requiere liner, tarima o fleje
- ✓ Estiba máxima, 4 cajas.

## **2.2.6 Identificación de Gaylord**

Cada gaylord debe tener mínimo la siguiente información, al tiempo de manufactura.

- ✓ Fabricante de polímero
- ✓ Diseño de la preforma y peso
- ✓ Datos de manufactura
- ✓ Máquina y número de molde
- ✓ Peso del gaylord y número de preformas.

- ✓ Número de lote

### 2.2.6.1 Transporte de la preforma:

- ✓ Evite choques excesivos o vibración.
- ✓ Minimice la exposición directa al polvo, suciedad o agua.
- ✓ No abra los gaylords
- ✓ Transportarla en contenedor cerrado.

### 2.2.6.2 Almacenamiento de la preforma:

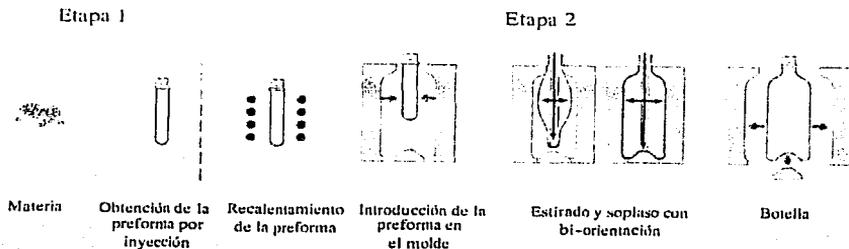
- ✓ El tiempo máximo no debe exceder seis meses.
- ✓ No abrir los gaylords hasta que realmente se van a usar.
- ✓ Almacene en un lugar limpio y seco.
- ✓ Respete primeras entradas y primeras salidas.
- ✓ Acondicione las preformas al menos 24 horas antes de ser sopladas.

## 2.3 PROCESO DE SOPLADO

### 2.3.1 La biorientación del PET

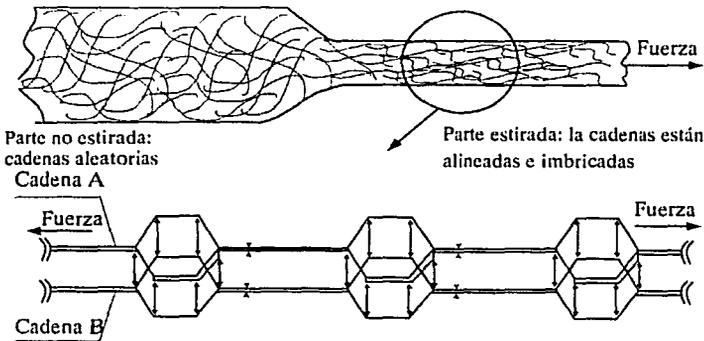
La orientación molecular está vinculada a un reacondicionamiento ordenado de las cadenas macromoleculares obtenidas, por regla general, por estirado del polímero a una temperatura apropiada. Debido a este reacondicionamiento macromolecular, las propiedades mecánicas del objeto transformado se mejoran.

En la fabricación de cuerpos huecos por estirado – soplado en ciclo frío, las preformas de dimensiones reducidas respecto al objeto final, se estiran axial y radialmente, lo que conduce a una biorientación de la materia (orientación bidimensional).



En estado natural, los polímeros semicristalinos, se componen de una fase amorfa en la que están dispersas aleatoriamente zonas cristalinas o esferulitas. El efecto de la orientación molecular es la consecuencia de un estirado realizado en condiciones tales que el polímero se encuentra en estado cercano al caucho (temperatura ligeramente superior a la transición vítrea). El estirado provoca en las dos fases del PET, fenómenos diferentes que se juxtaponen para conferir las propiedades finales del material.

**FASE AMORFA:** El estirado provoca la orientación parcial de las cadenas o de los segmentos de cadenas macromoleculares situados entre los puntos de enlace secundarios de las macromoléculas (fase cristalina). Con el estirado el conjunto se vuelve más ordenado.



Núcleos alineados = Fuerzas de atracción

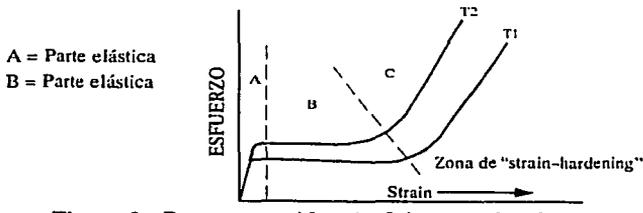
**FASE CRISTALINA:** El estirado acelera y favorece la formación de cristalitos ordenados en el sentido del estirado. Estos cristalitos tienen una estructura diferente de los esferulitos característica de una cristalización estática o térmica. Su formación es la consecuencia del acercamiento de las cadenas que en el caso del PET llevan los núcleos benzénicos muy cerca uno de los otros en cadenas separadas, creando así enlaces por atracción. Este tipo de cristalinidad se le conoce como "cristalinidad inducida".

La yuxtaposición de los efectos en la fase amorfa y de las diferentes fases cristalinas permite obtener una estructura final homogénea y ordenada, directamente proporcional a los cristalitas formado por la orientación molecular de un polímero semicristalino. Esto implica que la cristalinidad en el momento del estirado debe ser lo más débil posible para obtener la mejor orientación. En el caso de una preforma PET, el estado de la material debe fijarse en un estado totalmente amorfo después de la inyección.

### **La biorientación de una preforma PET**

#### **Cambio de estado macroscópico**

La biorientación de las cadenas marca un cambio radical del material. En efecto, después de la fase de calentamiento, la preforma inicial amorfa adquiere un aspecto cercano al caucho cuyo comportamiento es el de un liquido cauchótico. A continuación, durante la etapa de biestirado, la orientación de las cadenas macromoleculares induce la cristalización. Por lo tanto, un cambio de estado ya que al final de soplado, el comportamiento del material es mas bien de tipo sólido. Este cambio de estado se caracteriza por un valor critico de estirado denominado el parámetro de "strain hardening", a partir del cual el flujo se caracteriza por una fuerte orientación que se traduce por una elevación de las resistencias internas del PET.



La zona A corresponde a una extensión elástica. La zona B se denomina "plato de flujo". En esta región, nos encontramos frente a un movimiento viscoso-elástico simultáneamente con translaciones, rotaciones de cadenas macromoleculares. Estos

movimientos ocasionan un alineamiento de las moléculas en el sentido del estirado. La zona C, se alcanza el nivel del "strain – hardening", entonces el flujo se caracteriza por una fuerte orientación.

### **Realización industrial de la biorientación de una preforma PET**

Como hemos expuesto en los párrafos precedentes, la biorientación molecular es el resultado de un biestirado de la materia plástica en condiciones dadas:

- ✓ Geométricas (preformas con su tasa de BO)
- ✓ Temperaturas (perfil)

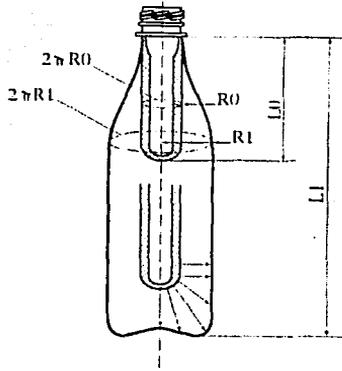
Para adquirir las propiedades del objeto final, hay que asociar a nivel industrial las nociones de velocidad de orientación, y de enfriamiento.

### **Características de la materia**

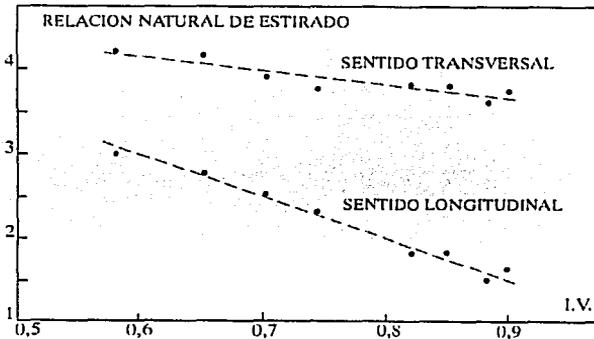
La materia en forma de preforma, necesariamente debe estar en una fase amorfa (tasa reducida de cristalinidad) para poder alcanzar fuertes orientaciones bajo la acción del biestirado. Además, la viscosidad intrínseca del material será preponderante para una mejor orientación. En efecto, los poliésteres de alta viscosidad presentan la anisotropía más fuerte (ortotropía – fuerte orientación) en el umbral crítico de estirado (antes de degradación) respecto a las bajas viscosidades en condiciones dadas. En los hechos, la elección de I.V. dependerá de la aplicación final. Para las bebidas carbonatadas se tomarán I.V. fuertes (de 0.8 a 0.85 dl/g) para adquirir buenas características mecánicas (fluaje). En el caso de líquidos sin gas (aguas minerales, etc.), serán suficientes I.V. más débiles (de 0.7 a 0.78 dl/g) para obtener la resistencia mecánica deseada.

### **Condiciones geométricas**

Por condiciones geométricas entendemos, la definición de la preforma que está administrada por la viscosidad intrínseca del PET, las dimensiones y la aplicación final de la botella. En los hechos, la definición de la preforma se caracteriza por la tasa de biorientación, tomando en cuenta el espesor final que se debe alcanzar.



Las tasas de estirado natural que siguen los dos ejes, necesariamente se alcanzan para obtener la orientación suficiente para el aumento de las propiedades mecánicas. Este dato característico del material es una función de la viscosidad intrínseca, entre otros.



Desde el punto de vista mecánico, la superación de estas tasas naturales ocasiona un aumento de los esfuerzos internos que tienen tendencia a oponerse a los efectos de

expansión. En el caso de los acondicionamientos "soft – drink", son necesarios para oponerse al inflado debido a la presión interna, entonces tratamos de aumentarlos. Por el contrario, en el caso de llenados en caliente de líquido sin gas, tratamos de disminuirlos para no acentuar la deformación bajo el efecto del vacío al enfriarse.

### **Condiciones térmicas**

Las condiciones térmicas de biorientación de un semicristalino se sitúan:

- ✓ Por encima de la  $T_g$  para alcanzar el estado cauchótico apto para la orientación.
- ✓ Por debajo de la temperatura de cristalización para evitar la siembra de esferulitos de la materia, que es nefasto para la orientación.

En el caso del PET, a partir de estas consideraciones, la gama de biorientación se sitúa entre 90 y 120 °C.

Paralelamente a la definición de la tasa de BO, la temperatura de biorientación estará guiada por el objeto y la aplicación final. En efecto, en el caso de "soft drinks", trataremos de aumentar los esfuerzos inducidos en la gama inferior (90 – 100 °C). En el caso del llenado en caliente, limitaremos los esfuerzos inducidos, al mismo tiempo que se alcanza la tasa de estirado natural, trabajando en la gama superior (de 110 a 120 °C).

### **Condiciones de velocidad de estirado**

Las velocidades de estirado deben ser suficientemente altas para evitar la desorientación del polímero durante su estirado (de 500 a 1,500 mm/s).

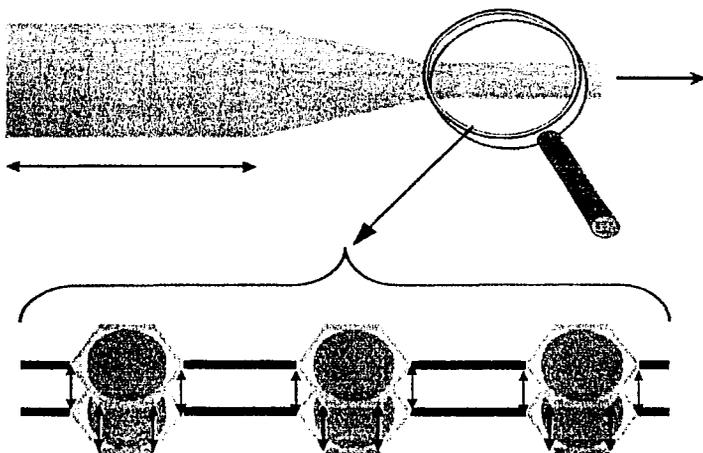
### **Condiciones de enfriamiento**

Cuando el estirado es seguido por un enfriamiento por debajo de la  $T_g$ , los esfuerzos inducidos vinculados a las modificaciones de la configuración molecular del PET, quedan fijados en la botella.

Es el efecto perseguido para la aplicación de los "soft drinks". Ahora bien, en el caso de aplicaciones de llenado en caliente, hay que asegurar un mantenimiento en temperatura superior a la  $T_g$ , al mismo tiempo que se conserva la configuración molecular establecida esto para relajar estos esfuerzos inducidos. Este proceso permite consolidar la estructura generando una cristalinidad estática suplementaria (25%  $\rightleftharpoons$  de 30 a 35%).

### 2.3.2 Cristalización Inducida

La cristalinidad inducida es obtenida por un estirado mecánico de las cadenas. Los núcleos de benceno de las diferentes cadenas se acercan mucho unos de otros, generando lagos por atracción electromagnética.



Bajo un estirado demasiado importante, las cadenas se rompen causando un aspecto brumoso en las botellas, se le llama estado perlecente (color aperlado). En la práctica debe desarrollarse habilidad para evitar los aspectos brumosos, que pueden ser debidos a la cristalinidad esferulítica o inducida.

### **2.3.3 Soplado PET**

También conocido como moldeo por soplado biaxial, es un proceso donde el envase es producido teniendo una apreciable orientación longitudinal o axial y una fuerte orientación transversal o radial.

El soplado biaxial mejora la resistencia a la tensión y al impacto, reduce los escurrimientos o deslizamientos de material, mejora la barrera a los gases y vapor de agua; así como también, permite reducir en muchos casos el peso del recipiente.

Se ha mencionado que el soplado biaxial puede efectuarse en una o dos etapas:

- ✓ Cuando ocurre en una etapa, las preformas se acondicionan y soplan en la misma máquina que fueron inyectadas, este proceso es sencillo, se ahorra energía, pero tiene la desventaja de que no tiene flexibilidad y no cubre elevadas demandas de producción.
- ✓ El soplado biaxial de dos etapas, es el tema del presente trabajo y ocurre como sigue:

#### **2.3.3.1 Alimentación de Preforma**

Las preformas almacenadas en Gaylords, se alimentan a la tolva de la máquina sopladora, una banda transportadora en plano inclinado, eleva las preformas a unos rodillos orientadores, los cuales posicionan en forma vertical la preforma, entregándolas a un riel de alimentación, donde una cadena de túnelas o chupones toman por el interior a las preformas y las transportan a lo largo del horno de calentamiento.

#### **2.3.3.2 Horno de Calentamiento de las Preformas**

En el horno las preformas son recalentadas una vez que la cadena de túnelas las transporta en movimiento de rotación y traslación, haciéndolas pasar frente a unos

bancos de lámparas de Cuarzo, situadas estratégicamente para calentar de manera controlada y uniforme todo el cuerpo de la preforma, excepto el cuello. En este proceso debe vigilarse que las preformas giren uniformemente sin cabeceos o patinamientos, dado que una zona más caliente se estira más fácil que otra más fría, ocasionando diferencias en el espesor del envase.

En general las preformas de PET se calientan en un rango de 98 – 110 °C, colocando las rampas de enfriamiento 4 – 6 mm, respecto al arillo de soporte para garantizar que no existan deformaciones en las cuerdas o coronas porque no sellaría la tapa del envase, provocando fugas de producto.

### 2.3.3.3 Equilibrio Térmico

Antes de soplar la preforma, los hornos tienen un sistema de regulación automático que verifica la temperatura en las paredes, interna y externa del cuerpo de la preforma a soplar. Normalmente, al final de horno la pared externa tiene más temperatura que la interna; por lo tanto, en el recorrido antes de llegar al molde, se otorga un TIEMPO DE EQUILIBRIO TERMICO para permitir que se igualen las temperaturas en las paredes de la preforma, a esta temperatura final se llama temperatura de consigna y para muchos envases se fija entre 104 – 105 °C.

### 2.3.3.4 Moldeo por estirado – soplado

Las preformas calentadas se expanden a la forma de la botella del molde, a través de un proceso de Estirado – Soplado, el cual es una combinación de las siguientes etapas:

- **Estiraje Axial**

Se utilizan varillas largas de acero inoxidable con un diámetro de 14 – 15 mm y una longitud de 130 – 150 cm. Esta varilla inicialmente penetra la preforma en posición vertical, tocando el fondo de la preforma pero sin estirarla, a esta posición se le llama punto cero. Esta varilla genera un alineamiento vertical del envase y permite que ocurran los estiramientos de las moléculas de manera uniforme, una vez que se ordena el estiraje.

- **Presoplado**

Se utiliza aire seco y filtrado de baja presión (5 – 12 bares). Después de que la varilla de estiraje comienza a estirar la preforma, se ordena el presoplado, el cual permite la distribución del material en el hombro, panel y fondo del envase.

- **Soplado**

También llamado soplado secundario, utiliza alta presión de aire (20 – 40 bares), comienza después de que la varilla de estiraje hizo llegar la preforma al fondo del molde (punto 10). Con este soplado, se logra la máxima orientación del PET, obligado a que el PET toque perfectamente todos los rincones del molde para que ocurra un enfriamiento rápido del envase, al entrar en contacto con las paredes heladas del molde (6 – 12 °C). En forma simultánea, ocurre una estabilización térmica al mantener presurizado el envase formado, para evitar encogimiento o deformación del mismo una vez que abre el molde.

Finalmente, ocurre el venteo del aire aplicado, el molde abre y se extrae el envase formado, mediante un transportador mecánico o neumático.

- **Control del medio ambiente**

La temperatura de una sala de soplado es esencial. La temperatura de las preformas a soplar deben estar entre 20 – 30 °C. Por abajo de los 15 °C las preformas están demasiado frías y corren el riesgo de explotar durante el soplado. Arriba de 35 °C, los cuellos o coronas pueden explotar o deformarse durante la acción del soplado. Es importante recordar, que el cuello de las preformas es sensible a una temperatura del orden de 45 °C, el material en esta zona permanece Amorfa; es decir, es frágil a cualquier estrés.

La extracción del aire caliente de los hornos, es importante para mantener una temperatura adecuada de la sala. Colocar chimeneas a los hornos.

- **Corrección de defectos en botellas**

## DEFECTOS BOTELLAS

DESCRIPCIÓN	CAUSAS	SOLUCIONES
<b>1.- EXPLOSIÓN DEL CUELLO:</b>		
<p>1.- Expansión del cuello, localizado en/alrededor del arillo.</p> <p>2.- Problemas en la colocación del tapón.</p> <p>3.- Detección visual o por un útil ≈ pasa no pasa ≈</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura ambiente de demasiado alta.</li> <li>• Mal vestido, el cuello está demasiado cerca del rayo IR de las lámparas.</li> <li>• Diámetro interior del cuello demasiado pequeño.</li> <li>• Problema de alineación de la tobera con el cuello de la preforma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumentar la ventilación en el cuello.</li> <li>✓ Verificar las operaciones de vestido y la seguridad de detección mal vestido.</li> <li>✓ Verificar las temperaturas de las rampas de enfriamiento, que debe ser del orden de 10 a 12 °C</li> </ul>
<b>2.- CUELLO DAÑADO:</b>		
<p>1.- Deterioro en el cuello debajo del collarín. Este problema sobreviene generalmente durante el verano, especialmente en los brazos de transferencia mal alineados</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala alineación de la preforma/molde/tobera.</li> <li>• Mala posición molde/tobera.</li> <li>• En verano una temperatura más alta en el horno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Volver a ajustar los brazos de transferencia con la herramienta, verificar la sincronización y también la altura.</li> <li>✓ Volver a ajustar la alineación molde/tobera.</li> <li>✓ Incremente la ventilación del horno y remueva el aire al exterior de la máquina.</li> </ul>
<b>3.- ESTRANGULAMIENTO BAJO CUELLO:</b>		
<p>1.- Un pliegue de materia bajo el cuello o en los hombros de la botella, o peor la materia ha tocado la varilla de elongación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobreestirado de la preforma por la varilla de elongación antes del principio del presoplado.</li> <li>• Presoplado demasiado tardío, demasiado débil o inexistente.</li> <li>• Bajo la influencia del estirado, solo el diámetro interno de la preforma se reduce rápidamente hasta tocar la varilla de elongación, la materia se enfría rápidamente y forma un anillo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Si el problema es visible en todas las estaciones:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Aumentar el % general, para aumentar la temperatura del cuerpo de la preforma.</li> </ul> </li> <li>✓ Si el problema no aparece más que en una sola estación:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Verificar la alimentación del presoplado, si es necesario intercambiar las válvulas entre estaciones.</li> <li>→ Aumentar el caudal de presoplado.</li> </ul> </li> </ul>

#### 4.- CUELLO DESALINEADO:

1.- Esta deformación puede aparecer en/alrededor del collarín o a nivel del cuello y de los hombros. Por encima del collarín, la desalineación se efectúa en una sola dirección.

- Mala alineación de la preforma con el molde o la tobera.
- Deformación bajo el collarín:
  - Enfriamiento del molde insuficiente o de una mitad del molde.
  - Botellas almacenadas bajo el calor.

- ✓ Mejorar el perfil de caldeo (calentamiento).
- ✓ Reducir la sobrecarga de materia en los hombros, reduciendo la temperatura en el cuerpo.
- ✓ Soplar antes y/o desgastificar más tarde, para aumentar el tiempo de estabilización.

#### 5.- DEMASIADO ESPESOR EN LOS HOMBROS:

1.- El problema aparece generalmente en una estación, antes de deteriorarse en todas las estaciones.

2.- Fondo ligero y/o en el cuerpo. Débil estabilidad, centro de gravedad que sube hacia los hombros.

- Principio de presoplado demasiado pronto, o demasiada presión, lo que afecta las buenas condiciones de estirado.
- Mal ajuste de las rampas de enfriamiento, demasiado altas.
- Mal vestido de las preformas.

- ✓ Fijar el presoplado más tarde, o reducir la presión.
- ✓ Fijar el perfil de caldeo, más frío en el cuerpo y en el fondo, más caliente bajo el cuello.
- ✓ Verificar el vestido de las preformas.

#### 6.- DÉBIL ESPESOR EN LOS HOMBROS:

1.- El espesor de las paredes a nivel de los hombros es demasiado débil. Generalmente, encontramos este tipo de problema en una estación.

- Estirado excesivo de la materia bajo el collarín.
- Caudal de presoplado demasiado débil en una estación
- Mala posición de las rampas de enfriamiento.

- ✓ Efectuar un test de presoplado.
- ✓ Arrancar el presoplado más pronto, aumentar la presión de presoplado.
- ✓ Reducir el caldeo en los hombros, o aumentar el caldeo en las zonas más gruesas.

<b>7.- OPALESCENCIA:</b>		
<p>1.- Es un problema común que se caracteriza por un color blanco opaco en la piel externa de la preforma, bajo la influencia de un caldeo excesivo. Este defecto es permanente incluso después del soplado.</p> <p>2.- La botella así soplada, pierde rápidamente toda resistencia mecánica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La temperatura alcanzada en la preforma es superior a la temperatura del principio de cristalización (125 °C).</li> <li>• Mala ventilación de piel externa de la preforma.</li> <li>• Tiempo de estabilización demasiado importante a la salida del horno, generalmente debido a la reducción de la velocidad nominal de la máquina.</li> <li>• Espesor de la pared de la preforma muy importante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mover el perfil de caldeo para reducir la temperatura de la preforma, por debajo de la temperatura crítica.</li> <li>✓ Aumentar la ventilación en el cuerpo de la preforma.</li> <li>✓ Calentar la preforma al mínimo (cerca de 95 °C) para mejorar las características mecánicas durante la biorientación.</li> </ul>
<b>8.- PÉRDIDA FLUENCIA:</b>		
<p>1.- En las botellas CSD, se observa una bajada del nivel de llenado.</p> <p>2.- Se observa también una pérdida de las características dimensionales (altura, diámetro).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando la botella llena es expuesta a temperaturas excesivamente altas, la presión interna aumenta y deforma el artículo.</li> <li>• Biorientación insuficiente, mala atracción de las cadenas moleculares entre ellas, la preforma ha sido soplada demasiado caliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fijar el perfil de caldeo para reducir la temperatura global de la preforma, esto permite aumentar las características mecánicas por una mejor biorientación.</li> </ul>
<b>9.- PERLESCENCIA:</b>		
<p>1.- Se distingue este defecto por un aspecto blanco nacarado en las paredes de la botella, no hay modificación de color en la preforma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estirado de una zona de la preforma que se deforma demasiado fácilmente = SOBRESTIRADO.</li> <li>• Estirado de una preforma fría (deslaminado de la materia) = ESTIRADO en FRIO.</li> <li>• Una velocidad de estirado demasiado elevada, que no corresponde al estirado normal de las cadenas moleculares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Si el problema es aparente en todo el cuerpo de la botella = ESTIRADO en FRIO: → Reglar el perfil de caldeo para aumentar la temperatura de la materia en medio de la preforma materia.</li> <li>✓ Si el problema es aparente en una zona específica de la botella SOBRESTIRADO: → Aumentar el caldeo en las zonas más gruesas.</li> </ul>

**10.- PLANO EN CUERPO/FONDO BOTELLA:**

1.- El plano en la botella, se encuentra generalmente en el plano de junta (vertical), se puede encontrar en cualquier otro lugar por unas burbujas de aire encerradas en el molde en el exterior de la preforma en el momento del soplado.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fondo no formado porque los respiraderos están tapados.</li><li>• Plano sobre el plano de junta porque los respiraderos están tapados.</li><li>• Un soplado demasiado pronto, una presión demasiado débil.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Limpiar los respiraderos del fondo de mole y del plan de junta.</li><li>✓ Comprobar el ajuste de la compensación del molde.</li><li>✓ Soplado más tarde, aumentar la presión.</li></ul>
2.- Baja capacidad si el fondo de la botella no está formado por completo.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Compensación molde mal ajustado.</li></ul>	

**11.- DEFORMACIÓN EN EL CUERPO DEL ARTÍCULO:**

1.- Materia que se mueve hacia el exterior, localizada alrededor de la botella, este problema se agrava en las zonas más gruesas.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presión residual restante en las botellas, cuando el molde se abre.</li><li>• Tiempo de estabilización demasiado corto.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Comprobar la válvula de desgasificación.</li><li>✓ Aumentar el tiempo de desgasificación.</li><li>✓ Aumentar el tiempo de soplado, el principio más pronto.</li></ul>
2.- Suele asociarse a un pequeño espacio bajo el fondo del molde (distancia vertical del punto de inyección al pie).	<ul style="list-style-type: none"><li>• Materia demasiado caliente o demasiado gruesa.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Revisar el perfil de repartición materia, para reducir los sobreespesores.</li></ul>
3.- Las botellas de gran capacidad son más sensibles al problema.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiempo de desgasificación, demasiado corto.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Reducir la temperatura de las preforma a las salida horno.</li></ul>

**12.- ESTRANGULAMIENTO EN EL CUERPO:**

1.- Apariencia similar al estrangulamiento en el cuello, pero esta vez en el cuerpo de la botella.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presoplado demasiado débil o inexistente.</li><li>• Caldeo insuficiente al lado de la zona estrangulada.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Si el problema es aparente en una estación:<ul style="list-style-type: none"><li>→ Aumentar el caudal de presoplado.</li><li>→ Verificar la válvula de presoplado.</li></ul></li></ul>
2.- Este defecto al principio toma la apariencia de un sobreespesor de materia (una banda), en el peor de los casos aparece bajo la forma de una reducción del diámetro por contacto con la varilla de elongación.		<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Si el problema es aparente en todos los puestos:<ul style="list-style-type: none"><li>→ Aumentar la presión de presoplado o iniciar antes.</li></ul></li></ul>

### 13.- FONDO DEMASIADO PESADO:

<p>1.- Peso del fondo por encima de la referencia del pliego de condiciones, poco espacio bajo la domo, peso del cuerpo o de los hombros débiles.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perfil de caldeo incorrecto, mala distribución de materia, a menudo acompañado de un sobreestirado de los hombros o del cuerpo.</li><li>• Presoplado demasiado tarde, presión demasiado débil.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Si el problema es aparente en todas las estaciones:<ul style="list-style-type: none"><li>→ Arrancar el presoplado más pronto, aumentar la presión. Ajustar el perfil de caldeo</li></ul></li><li>✓ Si el problema es aparente en una única estación:<ul style="list-style-type: none"><li>→ Aumentar el caudal de presoplado.</li></ul></li></ul>
---	--	---

### 14.- FONDO DEMASIADO LIGERO:

<p>1.- Peso de fondo inferior a la referencia del pliego de condiciones, problema inverso del fondo demasiado pesado.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Perfil de caldeo incorrecto, lo que da una mala distribución de materia.</li><li>• Presoplado demasiado pronto, presión demasiado fuerte.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Reajustar el perfil de caldeo, enfriar el fondo o calentar más el cuerpo o los hombros.</li><li>✓ Si el problema es aparente en todas las estaciones:<ul style="list-style-type: none"><li>→ Arrancar el presoplado más tarde, disminuir la presión.</li></ul></li><li>✓ Si el problema es aparente en una sola estación:<ul style="list-style-type: none"><li>→ Disminuir el caudal de presoplado.</li></ul></li></ul>
---	---	---

### 15.- PIES PARCIALMENTE FORMADOS:

<p>1.- En los fondos petaloideos, las esquinas de uno o varios pies, no alcanzan la forma completa del molde.</p> <p>2.- El espesor de las paredes de los pies es pequeña, los fondos son más sensibles con unos ángulos anchos.</p> <p>3.- Una perlescencia puede aparecer en los pies, así como un descentrado del punto de inyección. Pérdida de la estabilidad, pérdida de la altura, bajada del volumen.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presión de soplado demasiado débil, la materia no alcanza los ángulos del fondo de molde.</li><li>• Fondo pesado.</li><li>• Presión o tiempo de presoplado demasiado importante, los pies se forman antes del principio del soplado, no queda bastante materia caliente en el fondo.</li><li>• El punto de inyección descentrado provoca la mal formación de los pies opuestos al desplazamiento del punto.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Verificar presión de soplado, aumentarla si fuera posible, arrancar el soplado antes.</li><li>✓ Reducir el peso de fondo ver las soluciones "fondo demasiado pesado".</li><li>✓ Hacer un test de presoplado, reducir la burbuja si fuera necesario actuando en el caudal, la presión, la duración del presoplado.</li><li>✓ Si el punto de inyección está descentrado ver las soluciones "punto de inyección descentrado".</li></ul>
---	---	--

<b>16.- CUERPO CALIENTE:</b>		
<p>1.- Opalescencia puede estar aparente en el cuerpo de la botella. Pueden aparecer unas líneas más anchas en el fondo de la botella que en los hombros.</p> <p>2.- El sobrecalentamiento es evidente, una zona perlecete puede existir alrededor de la zona opalescente y puede agravarse con un punto de inyección descentrado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala rotación de las preformas en el horno.</li> <li>• Enfriamiento del cuerpo de la preforma insuficiente.</li> <li>• Rampas de enfriamiento que tocan el cuerpo de la preforma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verificar las preforma si poseen marcas.</li> <li>✓ Verificar el ajuste de las rampas de enfriamiento.</li> <li>✓ Verificar el buen funcionamiento de las tórnelas.</li> <li>✓ Aumentar el caudal de aire, en el horno, en el cuerpo de las preformas.</li> </ul>
<b>17.- DÉBIL TOP LOAD:</b>		
<p>1.- Aplastamiento de los hombros, de los paneles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala distribución de la materia, resistencia mecánica inadecuada de la botella.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reducir la temperatura de la preforma a la salida horno.</li> <li>✓ Modificar el perfil de caldeo, para mejorar la distribución de la materia.</li> </ul>
<b>18.- DÉBIL RESISTENCIA AL BURST (CUERPO):</b>		
<p>1.- Las botellas estallan en el cuerpo.</p> <p>2.- Las botellas muestran a menudo una distorsión del fondo, bajo la acción de la presión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de perlescencia en el cuerpo por un sobreestirado, lo que debilita la botella.</li> <li>• Presencia de opalescencia, sobrecalentamiento de la preforma.</li> <li>• Que este demasiado caliente o demasiado frío, las causas más conocidas son: <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Demasiada materia en el fondo.</li> <li>→ Contaminación de la materia</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reducir la temperatura de la preforma a la salida horno.</li> <li>✓ Verificar el perfil de caldeo para mejorar la distribución de la materia.</li> <li>✓ Examinar las preformas, la edad, las condiciones de almacenamiento, los defectos aparentes.</li> <li>✓ Cambiar la caja de cartón de las preformas, para ver si el defecto desaparece.</li> </ul>

**19.- DÉBIL RESISTENCIA AL BURST (FONDO):**

<p>1.- Las botellas explotan alrededor del punto de inyección. No hay casi ninguna deformación del cuerpo antes de la explosión del fondo.</p> <p>2.- Las explosiones se producen sea en el llenado, sea en las paletas de almacenamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cristalización excesiva alrededor del punto de inyección, mala calidad de las preformas (inyección).</li><li>• Soplado del fondo demasiado frío.</li><li>• Estrés importante en la preforma.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Examinar las preformas con la lámpara polarizada.</li><li>✓ Aumentar el caldeo alrededor del punto de inyección.</li><li>✓ Ajustar la distancia varilla de elongación/fondo de molde.</li><li>✓ Verificar la cristalización alrededor del punto de inyección.</li></ul>
--	--	---

**20.- DÉBIL PROFUNDIDAD DEL DOMO (hombros):**

<p>1.- Distancia pequeña entre el punto de inyección y la base de los pies.</p> <p>2.- Deformación del fondo después de la salida del molde, el punto de inyección puede venir en contacto con la paleta.</p> <p>3.- Para las botellas CSD se observa, a veces, la deformación después del llenado.</p> <p>4.- Se observa a menudo explosiones de fondo de botella después varias semanas de almacenamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fondo de la botella demasiado pesado, falta de materia en los hombros.</li><li>• Mal enfriamiento del fondo antes de la salida del molde.</li><li>• Estrés importante en la domo de las preformas.</li><li>• Mala repartición materia alrededor del punto de inyección, no suficiente en los ángulos del fondo.</li><li>• Edad de las preformas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Examinar las preformas con la lámpara polarizada, comprobar la calidad de las preformas (edad, almacenamiento).</li><li>✓ Fondo demasiado pesado, ver las soluciones "fondo demasiado pesado".</li><li>✓ Disminuir la distancia varilla de elongación/fondo de molde.</li><li>✓ Con defecto de fondo correcto o demasiado ligero, reducir el caldeo alrededor/debajo del domo.</li><li>✓ Verificar el circuito de enfriamiento del fondo de molde.</li></ul>
--	--	--

**21.- PLEGUE DE MATERIA EN EL PUNTO DE INYECCIÓN:**

<p>1.- Situado a nivel de la materia, no orientada en el fondo de la botella.</p> <p>2.- Puede aparecer como un pliegue en los arcos de fondo de la botella, o un cráter alrededor del punto de inyección.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Un exceso de materia dejado en el fondo después del soplado.</li><li>• Temperatura demasiado alta alrededor del punto de inyección.</li><li>• Exceso de materia alrededor del pliegue.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Examinar las preformas con la lámpara polarizada, verificar la calidad de las preformas.</li><li>✓ Reducir el caldeo en otras zonas que el punto de inyección, allí donde el pliegue se sitúe.</li><li>✓ Aumentar la presión de presoplado, principio más pronto.</li></ul>
--	--	---

## 22.- PLEGUE ALREDEDOR DE LA VARILLA DE ELONGACIÓN:

<p>1.- El defecto aparece bajo forma de un cráter de materia, allí donde la varilla de elongación ha entrado en contacto con el fondo de la preforma.</p> <p>2.- Se pueden observar unas explosiones a nivel del pliegue durante la puesta bajo alta presión.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sobrecalentamiento alrededor/en el punto de inyección.</li><li>• La materia rodea la varilla de elongación durante el estirado.</li><li>• Transición de materia bajo la forma sobre/bajo esesor.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Reducir el caldeo en/alrededor del punto de inyección.</li><li>✓ Aumentar la presión de presoplado, principio más pronto.</li><li>✓ Verificar el perfil de caldeo para mejorar la distribución de la materia.</li></ul>
---	--	---

## 23.- EXPLOSIÓN DEL FONDO:

<p>1.- Se observa una rotura en el interior del fondo punto de inyección, a menudo acompañado de una buena profundidad de domo.</p> <p>2.- En el caso más importante, varias roturas gravitan alrededor del punto de inyección.</p> <p>3.- Explosiones de las botellas CSD durante/después de la fase de llenado.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cristalización excesiva en /alrededor del punto de inyección.</li><li>• Bóveda de la preforma demasiado fría.</li><li>• Distancia entre la varilla de elongación y fondo de molde demasiado pequeña.</li><li>• Fondo descentrado.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Examinar la cristalización en el domo de las preformas, si es demasiado importante cambiar de preformas.</li><li>✓ Aumentar el caldeo en/alrededor del punto de inyección.</li><li>✓ Aumentar la distancia varilla de elongación/fondo del molde.</li><li>✓ Ver soluciones "punto de inyección descentrado".</li></ul>
---	---	--

## 24.- PUNTO DE INYECCIÓN DESCENTRADO:

<p>1.- Punto de inyección descentrado del eje del fondo del molde.</p> <p>2.- Aparición de perlescencia en los pies en oposición con el descentramiento.</p> <p>3.- El descentramiento puede crear unas explosiones en las zonas más finas del fondo de la botella.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mala alineación de preforma con el molde o excentricidad de la preforma demasiado importante.</li><li>• Mal enfriamiento de un medio molde.</li><li>• Fondo de la preforma demasiado caliente, desarrollo del presoplado más rápido que el estirado.</li><li>• Presoplado demasiado fuerte o pronto.</li><li>• Distancia varilla de elongación/fondo de molde demasiado importante.</li><li>• Cristalinidad alrededor del punto de inyección demasiado importante.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Examinar en las preformas la cristalinidad aparente, la mala perpendicularidad.</li><li>✓ Verificar circuito de refrigeración medios moldes.</li><li>✓ Ajustar la distancia varilla de elongación/fondo de molde.</li><li>✓ Reducir presión de presoplado, principio más tarde.</li><li>✓ Verificar la varilla de elongación y su guiado.</li></ul>
---	--	---

## 25.- EXPLOSIÓN AL ESTRÉS EN EL FONDO:

<p>1.- Pequeñas fisuras aparecen alrededor del punto de inyección, en la zona en la que la materia no esta orientada.</p> <p>2.- Grietas importantes de todos los pies con el punto de inyección centrado, indica una reacción química.</p> <p>3.- Las botellas pueden explotar después de un período de almacenamiento o bajo influencia del calor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deformación excesiva del fondo de la botella, a la salida de molde.</li> <li>• Punto de inyección descentrado con un espesor de pared muy fina.</li> <li>• Preforma demasiado caliente, mal enfriamiento del fondo de molde.</li> <li>• Absorción de agua demasiado importante que crea una reacción química, el agua hace el papel lubricante.</li> <li>• Viscosidad baja.</li> <li>• Peso de fondo demasiado débil, repartición materia inadecuada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ver soluciones "punto de inyección descentrado".</li> <li>✓ Ver soluciones "peso de fondo demasiado pesado".</li> <li>✓ Aumentar el tiempo de estabilización en la fase de soplado.</li> <li>✓ Verificar las condiciones de almacenamiento y la edad de las preformas.</li> <li>✓ Cambiar de materia por una IV más importante.</li> </ul>
--	---	---

## 26.- DÉBIL RESISTENCIA A LA CAÍDA:

<p>1.- Este defecto se presenta como la <b>débil resistencia al burst</b>, la explosión se sitúa en el punto de inyección y parte en todas las direcciones.</p> <p>2.- En el peor de los casos, las explosiones se efectúan en el llenado o en paletas durante el almacenamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domo de las preformas, soplado demasiado frío.</li> <li>• Peso de fondo demasiado débil.</li> <li>• Cristalinidad demasiado importante alrededor del punto de inyección.</li> <li>• Viscosidad baja.</li> <li>• Grandes burbujas de aire aparentes alrededor del punto de inyección.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumentar el caldeo en/alrededor del punto de inyección, sin perder el peso de fondo, lo que generalmente soluciona el defecto.</li> <li>✓ Aumentar el peso de fondo.</li> <li>✓ Cambiar la materia por una IV más importante.</li> <li>✓ Examinar los defectos aparentes en el cuerpo de las preformas.</li> </ul>
---	--	---

## **2.3.4 Manejo de botellas de PET vacías**

### **2.3.4.1 Métodos de empaque de botellas**

El paletizado a granel es el método más común para empacar botellas de PET vacías, almacenarlas y transportarlas; sin embargo, existen otros métodos alternativos:

- Paletizado a granel; normalmente, el palet se forma con 6 a 10 capas, dependiendo de la altura de la botella, se usan separadores planos de cartón o plástico entre capa y capa, un marco de madera o plástico en lo alto del palet, película de emplayado, tarima plástica o de madera y fleje. La botella siempre esta ordenada en posición vertical.
- Cajas de cartón corrugado con capacidad de 50 a 200 botellas.
- Paquetes de cartón corrugado para 6 o 12 botellas, típicamente usado para distribución de envase lleno con producto.
- Gaylords de corrugado a granel o silo de almacenamiento. Muy usado en plantas con soplado y llenado simultaneo.
- Recipientes metálicos de aluminio o totes, diseñados para un máximo aprovechamiento del espacio de un contenedor de trailer, manejan envase a granel al azar. No requiere personal para acomodo del envase.

### **2.3.4.2 Limitaciones del envase vacío de PET**

Las botellas de PET orientadas biaxialmente, son extremadamente inestables, dimensionalmente a temperaturas elevadas. La cantidad de encogimiento y deformación resultante es proporcional a la temperatura y tiempo de exposición. La siguiente tabla muestra un tiempo de exposición máximo aproximado, previo a un encogimiento inaceptable de una botella típica de PET.

TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO	TIEMPO DE EXPOSICIÓN MÁXIMO	
24 °C	8	meses
30 °C	5	semanas
32 °C	3	semanas
34 °C	2	semanas
36 °C	1	semana
38 °C	4	días
42 °C	12	horas
48 °C	1	hora
50 °C o MÁS	<b>INACEPTABLE</b>	

Las preformas de PET en una máquina de moldeo por soplado, son recalentadas muy eficientemente por la absorción de la luz de longitud de onda corta de las lámparas, no por la temperatura ambiente. Lo mismo es verdad para las botellas, la exposición a la luz ultravioleta, las calentara y las botellas vacías encogen sin importar la temperatura ambiente. **LAS BOTELLAS VACÍAS DE PET NUNCA DEBEN SER EXPUESTAS EN FORMA DIRECTA A LA LUZ SOLAR.**

Cualquier espacio cerrado, área no ventilada, tal como un trailer, tenderá a concentrar calor bajo la luz del sol directa. Mientras que la temperatura ambiente del exterior pudiera ser aceptable, la temperatura en el interior de un trailer cerrado o contenedor podría fácilmente alcanzar 60 °C durante los meses de verano.

#### 2.3.4.3 Lineamientos para manejo de envases vacíos

- ✓ Programar el transporte en la parte fría del día (embarcar de noche).
- ✓ Programar las entregas de manera que la recepción del cliente tenga el tiempo necesario para descargar el envase y almacenarlo en su bodega antes de que llegue el próximo embarque.
- ✓ Descargar los trailers inmediatamente a su llegada.
- ✓ Si un trailer se descarga en un patio, mover el envase al interior de la bodega inmediatamente.

- ✓ Informar a los supervisores, choferes y montacarguistas el manejo adecuado del envase.
- ✓ El material debe guardarse en zonas frías, lejos de rayos solares y calentadores (invierno).
- ✓ Respete el sistema primeras entradas – primeras salidas.
- ✓ Evitar almacenar envase muy cerca de los techos de lámina.
- ✓ La bodega debe renovar el aire, al menos cuatro veces/hora.
- ✓ Los contenedores para transportar envase deben ser aislados, con buena circulación de aire, ya sea mediante pequeñas puertas al frente y atrás, escotillas en el techo o termoking, para evitar que se encierre el calor.
- ✓ Las puertas del trailer deben abrirse, una vez que llega el envase a su destino.

# **CAPÍTULO**

## **I I I**

### **MONTAJE Y ARRANQUE DE MÁQUINAS SOPLADORAS**

## INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se plantean las estrategias para la instalación de una planta de Soplado PET. El propósito de la Ingeniería Química es crear nueva riqueza con la transformación de los materiales, se pretende lograr esta meta diseñando una planta flexible, segura, sencilla, estética con logística adecuada para el suministro de materias primas, control, almacenamiento y embarque de distintos productos.

En particular se pretende transformar preformas a botellas PET de excelente calidad, con el mínimo desperdicio y máxima eficiencia operacional.

En este capítulo hemos desarrollado el estudio de viabilidad del proyecto:

- Mercado:** Estudio de los consumos potenciales, tendencias y crecimiento.
- Proceso:** Se han analizado distintas máquinas, partiendo de la materia prima que ya produce la compañía, que son las preformas de PET. Así mismo, se ha analizado la capacidad flexibilidad y rendimiento de las distintas máquinas.
- Costos:** Se han revisado, los costos de inversión, operación y rentabilidad del proceso.
- Localización:** Es la última fase del proyecto, se considera lo siguiente.
- ✓ Suministro de Materias Primas
  - ✓ Suministro de Energía
  - ✓ Comunicación con los Clientes y Proveedores
  - ✓ Desarrollo Comunitario

El tamaño de la planta lo determina un análisis de mercado, efectuado en el país, considerando su crecimiento anual; definida la capacidad de producción, se selecciona minuciosamente el tipo de máquinas a instalar, para posteriormente proceder a su montaje, pruebas y arranque.

### 3.1 ANÁLISIS DE DEMANDA DE ENVASES PET EN MÉXICO

En coordinación con Mercadotecnia y Ventas, se visitaron compañías que envasan refresco y agua sin gas. En general, estos clientes potenciales, tienen disponibilidad de cubrir entre el 10 – 25% de sus producciones, con nuestra futura planta.

El pronóstico de demanda quedó como sigue:

<b>PRONÓSTICO DE DEMANDA</b>			
<b>ENVASE PET "NO RETORNABLE"</b>		<b>CAPACIDAD ml</b>	<b>CONSUMO MENSUAL MILES DE PIEZAS</b>
1	Coca Cola "Contour"	2,000	1,500
2	Coca Cola "Contour"	600	5,000
3	Coca Cola "Sprite"	2,000	1,000
4	Coca Cola "Sprite"	600	1,500
5	Coca Cola "Multiproducto"	2,000	1,000
6	Coca Cola "Multiproducto"	600	2,500
7	Genérico "Petaloides S.W."	2,000	1,000
8	Genérico "Petaloides S.W."	1,500	1,000
9	Genérico "Petaloides S.W."	1,000	1,500
10	Genérico "Petaloides S.W."	600	4,000
11	Genérico "Petaloides"	500	2,000
12	Pepsicola "Swirl Globe"	2,000	1,000
13	Pepsicola "Swirl Globe"	600	3,000
14	Santa María	1,500	500
15	Santa María	500	2,000
16	Chaparrita	250	500
<b>TOTAL</b>			<b>29,000</b>

El crecimiento anual se estima del 10%

En la actualidad debido a la globalización y a la situación económica, no es suficiente utilizar los pronósticos de la demanda, para determinar la capacidad de producción, es conveniente efectuar sondeos exhaustivos de mercado, conocer los proyectos que tienen los clientes y competencia, así como concertar con los clientes las cantidades a producir y establecer los contratos correspondientes.

### 3.2 ANÁLISIS DE MAQUINAS SOPLADORAS DE PREFORMA PET

Para un consumo inicial de 29 millones de botellas por mes, y considerando que en el primer año se incrementaría a 32 millones con al menos 16 productos diferentes, se debe diseñar una planta que tenga flexibilidad para producir los distintos productos, manteniendo un proceso estable, que permita una imagen de excelente calidad en los productos, y cumpliendo satisfactoriamente todos los protocolos de aprobación de envase de los distintos proveedores.

El proyecto de instalación de una planta de soplado, considera que el grupo industrial tiene una planta de inyección de preforma PET, con una producción diaria de 2.5 millones de preformas con gramajes distintos de 16 a 60 grs., según el tamaño de envase. Con esta base el proyecto considera solo máquinas sopladoras que usan preformas como materia prima.

A nivel mundial, las principales máquinas sopladoras de preformas PET son las siguientes:

M Á Q U I N A S	
MARCA COMERCIAL	ORIGEN
ADS	FRANCIA
KRUPP	ALEMANIA
SIDEL	FRANCIA
SIPA	ITALIA

Enseguida se hace una descripción de la operación y de sus características:

#### 3.2.1 Descripción de la Operación y Características de las Máquinas

##### 3.2.1.1 Máquinas ADS:

###### a) Alimentación de preformas

Las preformas previamente almacenadas en una tolva, se elevan por medio de un transportador de bandas, hasta el posicionador que las coloca verticalmente. Dichas

preformas sostenidas por el cuello hacia arriba, se deslizan por gravedad sobre las dos guías de acumulación, permitiendo una alimentación regular de preformas.

#### b) Acondicionamiento térmico de las preformas

En el extremo de las guías de acumulación, las preformas se transfieren de manera lineal, hacia las guías de horno por medio de una rueda de distribución. La rotación de esta, rueda está sincronizada con el movimiento del dispositivo de traslado de la preformas a través del horno. Después de salir de la rueda de distribución, una bobina penetra en el interior del cuello de las preformas y les imprime un movimiento de rotación permanente con el cuello hacia arriba, frente a los módulos de calentamiento.

Las dos guías soporte sometidas a los rayos infrarrojos, se enfrían mediante circulación de agua. Los módulos de calentamiento están provistos con ocho lámparas infrarrojas, sus extremos están refrigerados para evitar un aumento de temperatura, la posición de las lámparas puede ajustarse.

Desde el panel de control, se regula la potencia de calentamiento de cada lámpara. A la salida del horno, una cámara de infrarrojo controla la temperatura de las preformas y permite regular la potencia de los módulos de calentamiento, para obtener una temperatura constante. La temperatura del aire dentro del horno, se regula por convección.

#### c) Transferencia de las preformas

A la salida del horno, las preformas son tomadas por unas pinzas que las transfieren y las posicionan en las cavidades del molde de soplado.

#### d) Estirado – Soplado de las preformas

El molde cierra sobre las preformas que son mantenidas en posición vertical. Posterior, se procede a las operaciones de estirado, presoplado y soplado de las preformas. Dichas etapas sucesivas permiten realizar la biorientación y el buen reparto de la materia. Las velocidades y presiones utilizadas son ajustables.

#### e) Evacuación de las botellas

La botella formada y enfriada es dirigida hacia un transportador de evacuación por medio del mismo sistema de pinza de transferencia que colocó la preforma en el molde. El transportador de evacuación está equipado con un dispositivo de control y de expulsión de las botellas mal formadas.

#### f) Características

- ◆ Máquinas lineales sin volteos de preformas y botellas.
- ◆ Concepción enteramente mecánica, que ofrece una excelente precisión y repetitividad de los movimientos.
- ◆ Cambio de moldes rápido y sencillo: Las cavidades se encuentran maquinadas en dos bloques metálicos; o sea, un molde multicavidad de fácil acceso y ajuste instantáneo de parámetros de soplado.
- ◆ El molde abre y cierra suavemente.
- ◆ Soplado: Es un conjunto suave y robusto que asegura un cierre perfecto del molde.
- ◆ Horno: Fácil ajuste de la posición de cada lámpara infrarroja.  
Regulación automática de la zona de calentamiento.  
Convección controlada de aire caliente.

Ver figura 3.2.1.1

### 3.2.1.2 Máquinas Krupp

#### a) Alimentación de preforma

Las preformas contenidas en gaylords o cajas plásticas, se colocan sobre un volteador, el cual eleva la caja mediante un sistema de pistones, vaciando las preformas a una tolva. Del fondo de la tolva, una banda transportadora con arrastradores eleva las preformas para dejarlas caer sobre dos rodillos paralelos cromados inclinados cuya distancia entre sí puede ajustarse. Los rodillos giran de fuera hacia adentro forzando a que las preformas pasen en medio de los mismos, la calibración es tal, que pasa el cuerpo de la preforma pero no el anillo de soporte. De este modo, las preformas quedan colgando en posición vertical, solo sujetas por el anillo de soporte. Al final de los rodillos paralelos, la preformas alineadas verticalmente, se entregan a un plano inclinado que las alimenta al horno de calentamiento.

FIGURA 3.2.1.1

MAQUINA SOPLADORA ADS G66

DEFECTOS CON FALLA DE ORIGEN

**ADS G66**

*Sopladora PET*  
Sopradora PET

Máquina para soplado de envases de plástico PET  
Máquina sopradora para recipientes plásticos

**Máquinas de soplado para envases plásticos**  
**Máquinas sopradoras para recipientes plásticos**

**ADS**

DEFECTOS CON FALLA DE ORIGEN

## b) Horno de calentamiento

En cada caja o modulo de calefacción de lámparas, se puede ajustar la distancia frente a la preforma. Las lámparas de radiación dispuestas en nueve niveles son regulables, individuales y ajustables en su posición frente a la preforma, lo que permite un perfil de temperatura ideal en la preforma.

La elevada temperatura de las lámparas, asegura la longitud de onda de radiación óptima para la penetración perfecta de calor en la preforma. Por su elevado rendimiento, el sistema de calefacción trabaja con el máximo ahorro de energía.

Los ventiladores de aire de enfriamiento entre los módulos de calefacción, enfrían la superficie de las preformas para evitar su sobre calentamiento. Gracias al enfriamiento simultaneo, durante el calentamiento intenso, la superficie de la preforma no sufre daños y el calor puede penetrar mejor, y más profundamente en la pared. Este procedimiento permite soplar preformas de pared gruesa, ampliando el espectro de aplicación de la máquina.

Los laterales del módulo de calefacción pueden montarse y desmontarse mediante seguros de resorte, lo cual facilita el cambio de lámparas.

## c) Estación de soplado

De mantenimiento fácil y amigable. Tienen un cilindro de estirado controlado por levas, que genera la fuerza necesaria para el estirado axial de la preforma. El dispositivo de cierre dinámico, impide que el molde abra ligeramente al momento del soplado. La estabilidad de forma de todos los elementos queda garantizada, incluso con presiones de soplado extremas.

Se requiere poco tiempo para el cambio de moldes, debido a sus dispositivos para cambio rápido. Los cierres de bloqueo especiales para las tuberías de agua y las

mitades de molde de ajuste automático facilitan y agilizan el cambio de molde. En general, el tiempo requerido para cambio de moldes se reduce a la mitad.

Un sistema de pinzas de transferencia, coloca la preforma en el interior del molde de la rueda de soplado y otro sistema similar toma la botella soplada, la saca del molde cuando este abre y la deposita en la banda transportadora para su llenado empaque.

#### d) Sistema Motriz

La máquina es movida por un motor de corriente alterna, con inversor de frecuencia. El tren de accionamiento, exento de mantenimiento, consiste de una combinación de ruedas de engranes con dentado recto, con ruedas de acero y plástico, así como, bandas dentadas. Este arreglo permite un funcionamiento suave y sin tirones, con montaje y desmontaje sencillo, y una elevada seguridad funcional. No necesita hacer reajuste después de paros fuera de programa.

#### e) Características

- ✓ Utiliza rueda de soplado para cuatro y seis cavidades tienen las mismas dimensiones.
- ✓ Conveniente para la producción de botellas con el estándar de más alta calidad, con volúmenes de 0.2 a 3.0 litros y botellas de geometría compleja en panel y fondo.
- ✓ La rueda de soplado y horno están equipados para producir envases retornables de pared gruesa y para llenado en caliente.
- ✓ La máquina puede instalarse en línea con la llenadora; o bien, fuera de línea empacando en palets.
- ✓ La máquina tiene una estructura modular con todos sus componentes ordenados por grupos; tales como, alimentación de preforma, calentamiento de la preforma, moldes de soplado, expulsión de botella y sistema de transporte.

- ✓ Tiene fácil acceso para mantenimiento, cambio de moldes y ajustes en cada posición.
- ✓ Por su diseño compacto, la máquina puede embarcarse y entregarse lista para conectarse. Una vez instalada la máquina, el tiempo para ponerla en operación disminuye considerablemente.
- ✓ El gabinete eléctrico y el sistema de transporte de preforma, pueden configurarse de manera individual, ofreciendo ventajas para un mejor aprovechamiento de espacios reducidos, pueden incluso, relocalizarse sin emplear tiempo para el desmontaje.
- ✓ Menos paro de máquina: Las válvulas de control de aire de soplado, comandadas por un procesador inteligente permiten hacer ajustes desde el panel de control, sin parar las máquinas.
- ✓ Operación y Control: Los controles son ergonómicos situados al frente de la máquina, las funciones y mensajes están basados en menús y protegidos contra errores operacionales. Todos los parámetros de proceso relevantes, la colección de datos del producto, estándar de condiciones, perfiles de calentamiento, mensajes de error, alarmas y récord del turno pueden visualizarse en la pantalla con solo oprimir un botón.
- ✓ Suministro de partes confiables: Un gran número de partes idénticas compartidas por todas la máquinas Krupp, resulta en una considerable reducción de partes de repuesto en el stock. Tienen una logística optimizada para entregar las partes más importantes, en el menor tiempo posible.

Ver figura 3.2.1.2

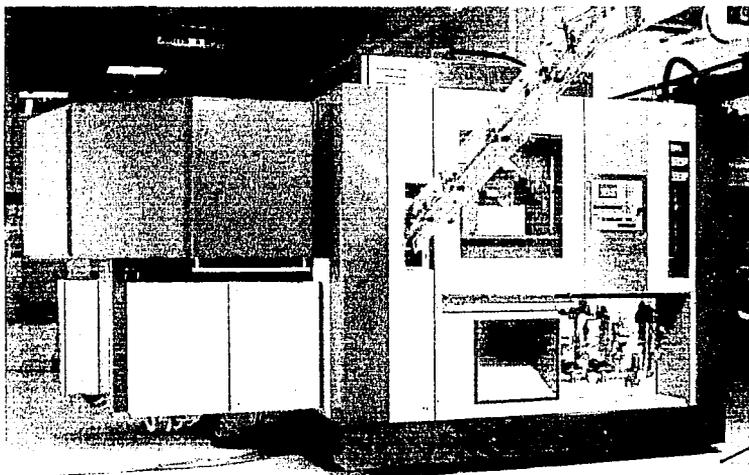
### 3.2.1.3 Máquinas SIPA:

#### a) Alimentación de preformas

Las preformas son descargadas a granel en el correspondiente contenedor, y son sucesivamente transportadas a velocidad regulable, mediante sistema electrónico de la instalación, por una banda transportadora y por un elevador de paletas, las preformas

FIGURA 3.2.1.2

MAQUINA SOPLADORA KRUPP BLOMAX 6



... IS CON  
FALTA DE ORGEN

se alinean por gravedad con el cuello hacia arriba, a través de un tobogán adecuado y llegan al tornillo de alimentación para ingresar a la sopladora.

Las preformas son colocadas en la cadena de transporte que las lleva a los hornos de acondicionamiento, a través de una rueda con accionamiento completamente mecánico que las toma de una estrella personalizada, alimentada por el tornillo de ingreso. Antes de que las preformas ingresen al horno, se realizan dos controles de defectos: primero mediante un perfil detecta los macros defectos de forma y dimensión, habilitando la expulsión de las preformas defectuosas antes de que entren al horno; el segundo mediante telecamara detecta hasta los defectos más pequeños como: burbujas, rayaduras, etc. y determina la expulsión de las preformas defectuosas antes de ingresar a la rueda de soplado.

#### **b) Acondicionamiento térmico de las preformas**

En la fase de calentamiento, las preformas con el cuello hacia abajo son constantemente giradas para asegurar una distribución uniforme de calor. Los hornos tienen ventilación con la finalidad de mantener la temperatura en un nivel óptimo para el proceso de calentamiento y evitar así el riesgo de sobrecalentamiento de la pared exterior de las preformas. El sistema de transporte de las preformas, permite regular los tiempos de inversión térmica, antes de que las mismas sean transferidas a la rueda de soplado, esto es necesario para garantizar una óptima distribución del calor al variar el espesor y la geometría de las preformas, ya que por conducción, se incrementa la temperatura de la pared interna y se disminuye la de la pared externa.

#### **c) Estiramiento y Soplado**

A la salida de los hornos de acondicionamiento térmico un pirómetro óptico verifica la conformidad de la temperatura y autoriza la expulsión de las preformas cuando no cumplen el valor establecido. Las preformas con temperatura en estándar son transferidas por un sistema de transporte de rueda y pinzas sincronizadas mecánicamente entre sí, que efectúan sucesivamente dos funciones: el cambio de paso y la introducción al molde de soplado.

Los moldes pueden regular su temperatura de enfriamiento en cuerpo y fondo, de acuerdo a lo requerido en el proceso. El estiramiento axial de las preformas se efectúa mediante varillas de estirado, accionadas por cilindros neumáticos que durante la rotación siguen un perfil mecánico definido, obteniendo el mismo resultado en todas las cavidades. Las etapas de presoplado, soplado y desgasificación, es realizada mediante electroválvulas neumáticas accionadas electrónicamente, y es manejada por un controlador que efectúa ajustes, sin parar la máquina.

#### d) Expulsión de botellas

Una vez sopladas las botellas son extraídas de los moldes y son transportadas hacia guías de descarga, mediante una rueda y pinzas de transferencias. De las guías de descargas las botellas pueden transportarse a granel sobre banda transportadora, transportador aéreo conectado directamente a líneas de llenado.

#### e) Ventajas de las sopladoras SIPA

##### ✓ Diseño Compacto:

- Forma compacta de diseño.
- Reducción de paso entre los moldes de soplado con ahorro significativo de espacio de (20 a 30%), para la rueda de soplado con respecto a máquinas equivalentes que se encuentran en el mercado, menor inercia y velocidad periférica.

##### ✓ Rueda de Soplado y Moldes:

- Facilidad de mantenimiento y simplificación.
- Reducción de piezas mecánicas en movimiento.
- Molde de soplado con apertura y cierre vertical.
- Innovativa apertura y cierre de los moldes en forma de cocodrilo, en lugar de en forma de cartera.
- Optimización de los movimientos del sistema de transporte de preforma.
- Intercambio de moldes de soplado con otros eventuales de máquinas equivalentes.

- Sistema eficiente de enfriamiento en fondos.
- Varillas de estirado neumáticas sin fugas de aire.
  - ✓ Transporte de preformas:
- Evita cambios repentinos de trayectoria.
- Con cada paso de 45 mm implica mejor eficiencia de calentamiento y hornos más cortos.
- Cadena de material plástico ligera y no rompe con paros repentinos.
- Sistema de geometría variable que regula el tiempo entre salida del horno de la preforma y el soplado, en relación con el espesor de la preforma.
- Nuevo tornillo sin fin de alimentación de la preforma, elimina atascamientos.
- ✓ Horno de calentamiento.
- Colocados arriba de tablero eléctrico, ahorran espacio.
- Ventilación a través de lámparas para incrementar relación de transferencia de calor y eficiencia de horno.
- ✓ Sistema optoelectrónico:
- Evita el soplado de preformas con defectos como con forma de banana, zonas cristalizadas, burbujas inclusiones, ovalización, defectos especiales, color.
- Cuenta además con pantalla touch screen, de comandos amigables.

Ver figura 3.2.1.3

#### 3.2.1.4 Máquinas SIDEL:

Son los líderes en la fabricación de máquinas sopladoras de preformas, para producir envases de PET biorientado.

FIGURA 3.2.1.3

TECIS CON  
FALLA DE ORIGEN

MAQUINA SOPLADORA SIPA FX 12/6



#### a) Alimentación de preformas frías

El Gaylor se coloca en un volteador, el cual descarga las preformas sobre una tolva cubierta con plástico polipropileno, que reduce el daño de las mismas. Las preformas son elevadas mediante una banda transportadora con arrastradores de hule y se depositan sobre dos rodillos paralelos inclinados, entre los cuales descienden por gravedad. La parte interior de la rampa, comunica con una rueda de carga al horno.

Esta rueda transporta las preformas con un paso definido, hacia otra rueda de 30 muescas; la cual, las coloca en la cadena de túnelas, incorporando la nariz en el interior de la preforma.

#### b) Horno de calentamiento

Las preformas mantenidas por el cuello por las túnelas, están animadas por un movimiento de rotación desfilando frente a las lámparas infrarrojas. En caso de carga incorrecta de preformas o de preformas defectuosas, se activa automáticamente un sistema de inyección de preforma. Esta instalado antes del movimiento giratorio de las túnelas.

El horno lineal esta equipado con diez módulos de calentamiento. A la salida del horno, una cámara infrarroja lee la temperatura de las preformas. Esta información permite regular automáticamente el conjunto de las zonas sometidas a su control.

Sidel ofrece la tecnología de calentamiento preferencial para producir envases de formas complejas como: envases ovalados, planos, frascos, etc. Las preformas cilíndricas ordinarias pasa frente a una sucesión de reflectores brillantes y partes oscuras, lo que permite diferenciar las zonas de calentamiento. Las partes de la preforma que se ponen más rápidamente en contacto con la pared del molde, reciben un calentamiento más intenso, a fin de conseguir un potencial de estirado superior y por lo tanto, obtener un espesor uniforme. Al salir del horno, se conserva la posición angular de las preformas hasta su posicionamiento en el molde.

Rueda de transferencia de preformas calientes a la salida del horno: Una rueda provista de tres brazos asegura el paso de las preformas calientes a los moldes de soplado. Cada brazo esta equipado con una pinza de dos dedos articulados que agarran la preforma por encima del anillo de soporte, en el momento en que la túnela se libera. La preforma mantenida por los dedos, es transferida a la rotación de brazo al molde de soplado.

Después de la rueda de transferencia, se tiene un sistema de eyección de la preforma que permite expulsarlas antes de que se introduzcan al molde, se usa en el caso de una temperatura no conforme como consecuencia de una inmovilización prolongada de la máquina.

### c) Rueda de soplado

La preforma es introducida en el molde, cuyas operaciones de apertura y cierre están aseguradas por una bicla accionada por una leva. El bloque del molde, se efectúa mediante un cerrojo mecánico. La nariz de la tobera de soplado, se introduce en el cuello de la preforma, la alimentación de aire de soplado se efectúa mediante una junta tórica, apoyada en el cuello de la preforma. La tobera de soplado permite el guiado de la varilla de estirado que asegura la orientación longitudinal. El soplado se efectúa en dos etapas: un presoplado a presión media y un soplado a presión alta. Un conjunto de levas sincroniza el desarrollo de estas acciones.

Los moldes son acondicionados en temperatura mediante circulación de agua. El conjunto de estos equipos, permite una fiabilidad y calidad óptima en la producción.

Sidel maneja moldes tipo shell y base magnética, le llaman quick change, que reduce hasta un 200% el tiempo para cambiar los moldes, aumentando la eficiencia global de producción. Se utiliza el sistema magnético para las piezas de personalización fijas; tales como, la rueda y guías de alimentación en la entrada del horno, la guía de salida del horno, el fondo de molde y la guía de salida de botellas. Para las demás piezas, Sidel ha puesto a punto sistemas mecánicos de fijación rápida. Estos sistemas equipan

las varillas de alargamiento, los empalmes de los fluidos (cuello, cuerpo y fondo del molde), el riel de alimentación, los moldes concha, los brazos de transferencia y las túnelas.

Sidel también ofrece la tecnología de producción de envase para llenado en caliente. En este caso por los moldes se hace circular aceite caliente a 120 – 140 °C, provocando una cristalización inducida en la pared del envase, aumentando la temperatura de transición vítrea y con ello, la posibilidad de llenar envase PET con líquidos calientes 80 – 90 °C

**d) Rueda de transferencia de botellas**

La rueda equipada con tres brazos toman las botellas en los moldes para sacarlos de la rueda de soplado. Sistema idéntico a la transferencia de preformas.

**e) Eyección de botellas y salida**

El sistema esta montado después de la rueda de transferencia de botellas. El sistema se acompaña de un conjunto de células fotoeléctricas, que controlan en modo automático la anchura de los fondos y de los hombros. Si la botella no es conforme, será eyectada en lugar de seguir hacia el dispositivo de salida de botellas. En modo manual es posible eyectar las botellas conformes o no, antes de llegar al dispositivo de salidas de botellas. Una rueda de salida de seis muescas, recibe las botellas presentadas por los brazos de transferencia para ponerlas en un tapiz, estas mantenidas por unas guías. La salida de botellas puede comunicar a un sistema transportador mecánico o neumático.

**f) Armarios eléctricos y pupitre de mando**

Los armarios eléctricos agrupan los órganos de potencia y de mando. Un autómata programable garantiza el funcionamiento de la máquina y suministra los elementos de ayuda a la gestión de la producción. Una computadora agrupa los órganos de mando y

de control necesarios para la conducción de la máquina. Un visualizador alfanumérico, permite la vigilancia de la máquina cuyo funcionamiento es íntegramente automático, facilitando el diagnóstico al ocurrir paros por distintas fallas.

#### g) Ventajas Sidel

Sidel ha equipado a más de 100 países con sus máquinas de soplado. En su carácter de líder mundial, la preocupación de Sidel es ofrecer a su clientela un servicio de proximidad en los cinco continentes. El servicio al cliente es su mayor prioridad y tienen técnicos muy calificados disponibles en todo momento; así como, refacciones de entrega inmediata.

La estrecha supervisión de la instalación de la máquina con cada cliente, los ajustes mecánicos y eléctricos, la configuración del cargador de preforma, la posición del armario eléctrico, las conexiones y la puesta en marcha de las máquinas, constituye la principal actividad del servicio posventa. Posteriormente técnicos especialistas realizan periódicamente visitas diagnósticas para chequear desgastes, ajustes, ruidos, nivelación, vibración, analizar las fallas de cada máquina con los operadores, cambios de moldes, ajustes del horno, limpieza, lubricación, etc. Esto permite una curva de aprendizaje rápida y una buena formación de los operadores.

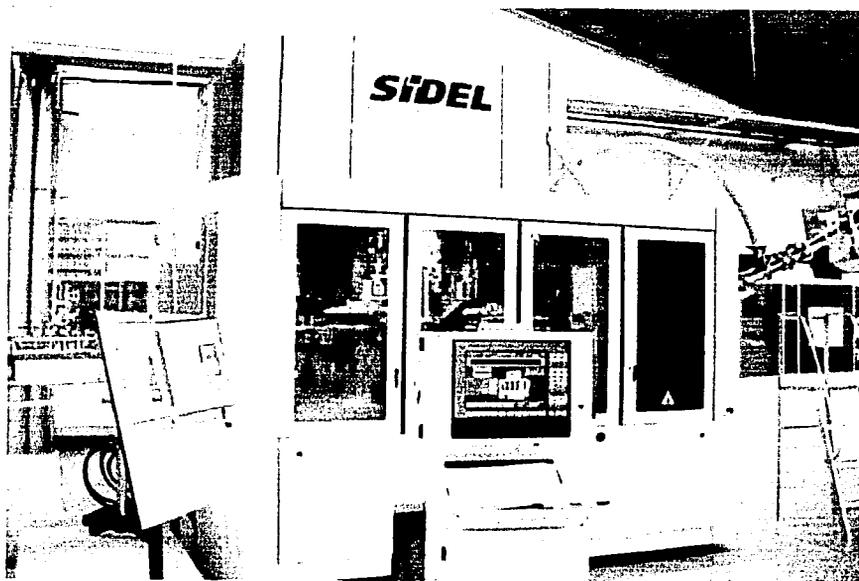
La operación de estas máquinas es muy estable con el mínimo de interrupciones. El diseño del horno, permite producir envases con excelente distribución de espesores, y otorga la posibilidad de aligerar los envases usando preformas de menor gramaje.

Como líder mundial, ofrece tecnologías de amplia aceptación para llenado en caliente, envases ovalados (calentamiento preferencial), sistema ACTIS que consiste en bombardear con átomos de carbono la superficie del envase PET, para mejorar barrera al oxígeno y poder usar el envase para cerveza, etc.

Ver figura 3.2.1.4

FIGURA 3.2.1.4

MAQUINA SOPLADORA SIDEL SBO 6



TECIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 3.2.3 Selección de la Máquina Sopladora

Como puede observarse, el líder mundial en esta tecnología es Sidel, su amplia experiencia en la fabricación de envases con geometría complicada, lo amigable de la operación, el servicio técnico posventa, el almacén de refacciones disponibles en México, la cantidad de máquinas existentes y las relaciones unitarias de costos, que es similar a las otras máquinas, orientan la selección de la marca comercial Sidel. Por otro lado, estas máquinas manejan hasta 40 cavidades y los moldes son intercambiables.

Para seleccionar el tamaño de máquina adecuado, de acuerdo a la variedad de envases solicitados, se analizan tres tamaños de máquinas de 4, 6 y 8 cavidades, comercialmente se les denomina máquinas Sidel SBO4, SBO6 y SBO8, respectivamente.

C O N C E P T O		UNIDADES	SBO 4	SBO 6	SBO 8
1.- INVERSIÓN:	Máquina Moldes N° Moldes	usd usd n°	717,936 25,000 5	913,718 35,000 7	1'176,909 45,000 9
2.- SERVICIOS:	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Consumo de Agua               <ul style="list-style-type: none"> <li>A 20 °C Homo</li> <li>A 12 °C Moldes</li> </ul> </li> <li>✓ Calor Removido               <ul style="list-style-type: none"> <li>A 20 °C Homo</li> <li>A 12 °C Moldes</li> </ul> </li> <li>✓ Aire Comprimido               <ul style="list-style-type: none"> <li>7 Bar</li> <li>40 Bar</li> </ul> </li> <li>✓ Electricidad</li> <li>✓ Mano de Obra               <ul style="list-style-type: none"> <li>Operador</li> <li>Empaque</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>m<sup>3</sup> / hr</li> <li>m<sup>3</sup> / hr</li> <li>Kcal / hr</li> <li>Kcal / hr</li> <li>Nm<sup>3</sup> / hr</li> <li>Nm<sup>3</sup> / hr</li> <li>kw</li> <li>N°</li> <li>N°</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.5</li> <li>4.5</li> <li>6,000</li> <li>9,220</li> <li>99</li> <li>448</li> <li>147</li> <li>1</li> <li>2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.5</li> <li>6.3</li> <li>9,000</li> <li>13,830</li> <li>123</li> <li>653</li> <li>194</li> <li>1</li> <li>3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.5</li> <li>8.3</li> <li>12,000</li> <li>18,840</li> <li>163</li> <li>891</li> <li>240</li> <li>1</li> <li>4</li> </ul>
3.- PRODUCCIÓN:	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peso Preforma</li> <li>Botellas / Hr</li> <li>Botellas / Hr, Efic. 95%</li> <li>Producción Diaria</li> <li>Producción Anual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>grs</li> <li>millares</li> <li>millares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>28</li> <li>5,600</li> <li>5,320</li> <li>128</li> <li>38,304</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>28</li> <li>8,400</li> <li>7,980</li> <li>192</li> <li>57,456</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>28</li> <li>11,200</li> <li>10,640</li> <li>255</li> <li>76,608</li> </ul>

<b>4.- ANÁLISIS ECONÓMICO:</b>					
	Precio de Venta	usd / millar	80	80	80
	Costo de Producción	usd / millar	53.29	53.11	53.09
	Contribución	usd / millar	26.71	26.89	26.91
	MIRR	%	47.42	50.48	51.12
<b>5.- DATOS ECONÓMICOS:</b>					
	Prefoma	usd / millar	48	48	48
	Electricidad	usd / kw - hr	0.07	0.07	0.07
	Agua Helada	usd / m <sup>3</sup>	0.16	0.16	0.16
	Agua Torre	usd / m <sup>3</sup>	0.04	0.04	0.04
	Aire Comprimido	usd / m <sup>3</sup>	0.01	0.01	0.01

**Análisis de capacidad instalada contra de demanda:**

<b>C O N C E P T O</b>		<b>UNIDADES</b>	<b>SBO 4</b>	<b>SBO 6</b>	<b>SBO 8</b>
1.- DEMANDA:	1er Año	millares	29,000	29,000	29,000
	2do Año	millares	31,900	31,900	31,900
2.- MAQUINAS NECESARIAS:	Moldes / Máquina		8	6	4
	Moldes a Comprar / Producto		4	6	8
	Moldes Totales (16 productos)		5	7	9
	Cambios de Molde / Máquina		80	112	144
			2	2.7	4
3.- PRODUCCION EFIC. 95%		millares / mes	30,643	34,473	30,643
4.- INVERSION	Máquinas	usd	5'743,488	5'482,308	4'707,636
	Moldes	usd	400,000	560,000	720,000
	Total:	usd	6'143,488	6'042,308	5'427,636
5.- INVERSION / MILLAR:		usd	200.48	175.28	177.13

**Comentarios:**

- ✓ La máquina SBO 4 muestra más flexibilidad con el mínimo cambio de moldes/mes, pero no cubre la demanda proyectada para el segundo año. Una máquina adicional, incrementa la inversión, mano de obra, espacio requerido, control y mantenimiento.
- ✓ La máquina SBO 6 cubre la demanda inicial y el incremento de los dos años siguientes. El cambio de moldes/máquina no es muy diferente respecto a la máquina SBO 4, representa la MENOR INVERSION por millar producido.

- ✓ La máquina SBO 8 no cubre la demanda del segundo año, implica además más cambios de moldes/máquina con su correspondiente tiempo improductivo y adquirir otra máquina representa demasiada capacidad instalada y mayor inversión.

Por los comentarios anteriores, se selecciona la máquina SIDEL SBO 6, de acuerdo al análisis, se consideran seis máquinas para cubrir la demanda proyectada.

### 3.2.4 Servicio requeridos por máquinas Sidel 4 – 6 – 8 y 10 cavidades

#### 3.2.4.1 Consumo de agua – Calor removido

C O N C E P T O		UNIDADES	SBO 4	SBO 6	SBO 8	SBO 10
1.-	CONSUMO DE AGUA					
	Control de Horno 20 °C	m <sup>3</sup> / hr	2,5	2,5	2,5	3
	Moldes Frios 12 °C	m <sup>3</sup> / hr	4,5	6,5	8,5	10,5
	Moldes Templados Cuerpo 50 °C	m <sup>3</sup> / hr	2	3	4	5
	Fondo 12 °C	m <sup>3</sup> / hr	2,5	3,5	4,5	5,5
2.-	CALOR REMOVIDO:					
	Control de Horno 20 °C	Kcal / hr	6,000	9,000	12,000	15,000
	Moldes Frios 12 °C	Kcal / hr	9,220	13,830	18,440	23,050
	Moldes Templados Cuerpo 50 °C	Kcal / hr	12,908	21,511	25,813	34,417
	Fondos 12 °C	Kcal / hr	3,410	5,115	6,850	8,600

#### 3.2.4.2 Consumo de Electricidad y Aire Comprimido

SBO 4								
VOLUMEN DE ENVASE (LITROS)	CADENCIA S/hr	ELECTRICIDAD KW				AIRE COMPRIMIDO Nm <sup>3</sup> / hr		
		INSTALADA	CALENTAMIENTO	DIVERSOS	TOTAL	7 bar	49 bar	TOTAL
0.5	5,600	147	92	14	146	90	228	318
0.6	5,600	147	92	14	146	91	250	341
1	5,600	147	92	14	146	96	338	434
2	5,600	147	92	14	146	99	448	547

SBO 6								
VOLUMEN DE ENVASE (LITROS)	CADENCIA S/hr	ELECTRICIDAD KW				AIRE COMPRIMIDO Nm <sup>3</sup> / hr		
		INSTALADA	CALENTAMIENTO	DIVERSOS	TOTAL	7 bar	49 bar	TOTAL
0.5	8,400	194	138	14	192	111	332	443
0.6	8,400	194	138	14	192	113	364	477
1	8,400	194	138	14	192	119	492	611
2	8,400	194	138	14	192	123	653	776

SBO 6								
VOLUMEN DE ENVASE (LITROS)	CADENCIA S/hr	ELECTRICIDAD KW				AIRE COMPRIMIDO Nm <sup>3</sup> /hr		
		INSTALADA	CALENTAMIENTO	DIVERSOS	TOTAL	7 bar	40 bar	TOTAL
0.5	11,200	240	184	14.6	244	147	463	610
0.6	11,200	240	184	14.6	244	149	506	655
1	11,200	240	184	14.6	244	158	677	835
2	11,200	240	184	14.6	244	163	891	1,054

SBO 10								
VOLUMEN DE ENVASE (LITROS)	CADENCIA S/hr	ELECTRICIDAD KW				AIRE COMPRIMIDO Nm <sup>3</sup> /hr		
		INSTALADA	CALENTAMIENTO	DIVERSOS	TOTAL	7 bar	40 bar	TOTAL
0.5	14,000	321	230	18.9	321	193	568	761
0.6	14,000	321	230	18.9	321	196	623	819
1	14,000	321	230	18.9	321	209	843	1,052
2	14,000	321	230	18.9	321	216	1,119	1,335

### 3.3 DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS PARA LOS SERVICIOS REQUERIDOS

Para la máquina SBO 6 de 6 cavidades, se tiene en resumen los siguientes consumos máximos:

CONCEPTO	UNIDADES	SBO 6	TOTAL 6 MAQS.
1.- CONSUMO DE AGUA:			
Control de Horno 20 °C	m <sup>3</sup> / hr	2.5	15
Moldes Fríos 12 °C	m <sup>3</sup> / hr	6.5	39
2.- CALOR REMOVIDO:			
Control de Horno 20 °C	Kcal / hr	9,000	54,000
Moldes Fríos 12 °C	Kcal / hr	13,830	82,980
Moldes Templados 50 °C	Kcal / hr	21,511	129,066
Fondos 12 °C	Kcal / hr	5,115	30,690
3.- ELECTRICIDAD INSTALADA:	Kw	194	1,164
4.- AIRE COMPRIMIDO (Envase 2 Lts.)			
Presión Baja 7 bar	Nm <sup>3</sup> / hr	110	660
Presión Alta 40 bar	Nm <sup>3</sup> / hr	697	4,182
Total Aire:	Nm <sup>3</sup> / hr	807	4,842

Considerando que la planta debe ser flexible en su capacidad, se consideran los siguientes equipos para cubrir los servicios auxiliares:

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

### 3.3.1 Compresores

EQUIPO	ENERGIA ELECTRICA		AGUA DE TORRE		AIRE COMPRIMIDO (m <sup>3</sup> / hr)	
	CONSUMO kw	NOMINAL kw	TMAX 28 °C m <sup>3</sup> / hr	AT = 6 °C TONS. REFRIG.	7 bar	40 bar
1.- BAJA PRESION:						
ZR5B	279.23	304.84	21.60	42.80	2,640	---
Centac 1	181.62	223.71	19.30	38.25	2,414	---
Centac 2	265.58	372.85	37.47	74.25	4,080	---
2.- AIRE ALTA PRESION:						
PH1	100.60	107.30	11.04	21.87	---	1,800
PH2	100.60	107.30	11.04	21.87	---	1,800
PH3	100.60	107.30	11.04	21.87	---	1,800
PH4	100.60	107.30	11.04	21.87	---	1,800
<b>TOTAL:</b>	<b>1,128.83</b>	<b>1,330.60</b>	<b>122.52</b>	<b>242.78</b>	<b>9,134</b>	<b>7,200</b>

#### Notas:

- ✓ Los compresores Centac (Centrífugos) y los PH (Booster) son de marca Ingersoll Rand, y son libres de aceite de acuerdo a recomendaciones de la industria de soplado PET.
- ✓ El compresor ZR5B es de tipo tornillo, libre de aceite marca Atlas Copco.
- ✓ El aire de baja presión, se refiere al aire de 7 bar de presión; presión alta es el aire de 40 bar.
- ✓ La energía eléctrica y el agua de torre son servicios que los compresores consumen, el aire lo entregan a las máquinas Sidel para soplar los envases.

### 3.3.2 Máquinas de Refrigeración

EQUIPO	ENERGIA ELECTRICA		AGUA DE TORRE		AGUA HELADA	
	CONSUMO kw	NOMINAL kw	TMAX 28 °C m <sup>3</sup> / hr	AT = 6 °C TONS. REFRIG.	TMAX 7 °C m <sup>3</sup> / hr	AT = 3 °C TONS. REFRIG.
1.- CARRIER 1 SEC. 1	21.34	25	22.03	43.65	30.28	30
2.- CARRIER 1 SEC. 2	15.91	17.68	22.03	43.65	30.28	30
3.- CARRIER 2 SEC. 1	21.34	25	22.03	43.65	30.28	30
4.- CARRIER 2 SEC. 2	15.91	17.65	22.03	43.65	30.28	30
5.- TRANE 1	54.00	60.00	54.50	108.00	80.75	80
6.- CARRIER 3	97.00	116.40	88.12	174.60	121.12	120
<b>TOTAL:</b>	<b>225.50</b>	<b>145.36</b>	<b>142.62</b>	<b>282.60</b>	<b>201.87</b>	<b>320</b>

**Notas:**

- ✓ Las máquinas de refrigeración entregan agua helada o su equivalencia en toneladas de refrigeración: 1 ton de refrigeración = flujo de agua GPM \* AT (°F) / 24
- ✓ El agua de torre y la energía eléctrica, son valores que se consumen.
- ✓ Las máquinas Carrier 1 y 2, cada una cuenta con dos sesiones que pueden trabajar independientes.

**3.3.3 Torre de enfriamiento:**

EQUIPO	ENERGIA ELECTRICA		AGUA DE TORRE	
	CONSUMO kw	NOMINAL kw	TMAX 35 °C m <sup>3</sup> / hr	AT = 6 °C TONS. REFRIG.
1.- VENTILADOR 1	18.29	21.34	249.81	495
2.- VENTILADOR 2	18.29	21.34	249.81	495
3.- BOMBA 1	17.68	19.81	113.55	225
4.- BOMBA 2	17.68	19.81	113.55	225
5.- BOMBA 3	17.68	19.81	113.55	225
6.- BOMBA 4	17.68	19.81	113.55	225
<b>TOTAL :</b>	<b>107.30</b>	<b>121.92</b>	<b>953.82</b>	<b>1,890</b>

**Notas:**

- ✓ La torre de enfriamiento cuenta con dos celdas, cada una con su ventilador y dos bombas.
- ✓ Cada celda entrega 2,200 GPM de agua.

**3.4 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE SOPLADO NECESARIA**

La máquina Sidel SBO 6 y el volteador de preforma tienen las siguientes dimensiones:

CONCEPTO	UNIDADES	MÁQUINA	VOLTEADOR
LARGO	Metros	6.4	6
ANCHO	Metros	3.3	3.2
ALTO	metros	3.6	4

Para presentar el producto en palets, el fabricante recomienda una banda transportadora, mesa de acumulación de envase y fosa de peletizado con las siguientes dimensiones:

CONCEPTO	UNIDADES	BANDA	MESA ACUMULACIÓN	FOSA DE PELETIZADO
LARGO	Metros	8	10.5	1.40
ANCHO	Metros	0.3	1.3	1.30
ALTURA / PROFUNDIDAD	metros	0.8	0.8	2.5

Dado que las preformas se alimentan a las máquinas en forma lateral, una máquina o una línea productiva, mínimo tendría las siguientes dimensiones:

Largo: 32.3 metros

Ancho: 5.8 metros

Altura: 4 metros

El esquema se muestra en la figura 3.3.1

Para las seis máquinas, se considera una sala con las siguientes dimensiones:

Largo: 80 metros

Ancho: 24 metros

Altura Mín.: 8 metros

El arreglo de las máquinas sugerido en tipo espejo, se muestra en la figura 3.3.2, la materia prima, se alimenta mediante bandas transportadoras en la parte central de la sala, por razones de la logística de suministro de materiales y producto terminado.

Las máquinas SBO6 se instalan con una distancia entre centros de 7 metros, para facilitar el mantenimiento y la operación (ver figura 3.3.2)

Los equipos auxiliares como son los compresores de baja y alta presión, sus secadoras de aire, las máquinas de refrigeración y los tanques pulmón, se deciden instalar en un corredor de 80 metros de largo por 6 metros de ancho. El ancho máximo de estos equipos es de 3 metros, por lo que el espacio es suficiente para su instalación.

## ARREGLO DE UNA LINEA PRODUCTIVA MAQUINA SIDEL

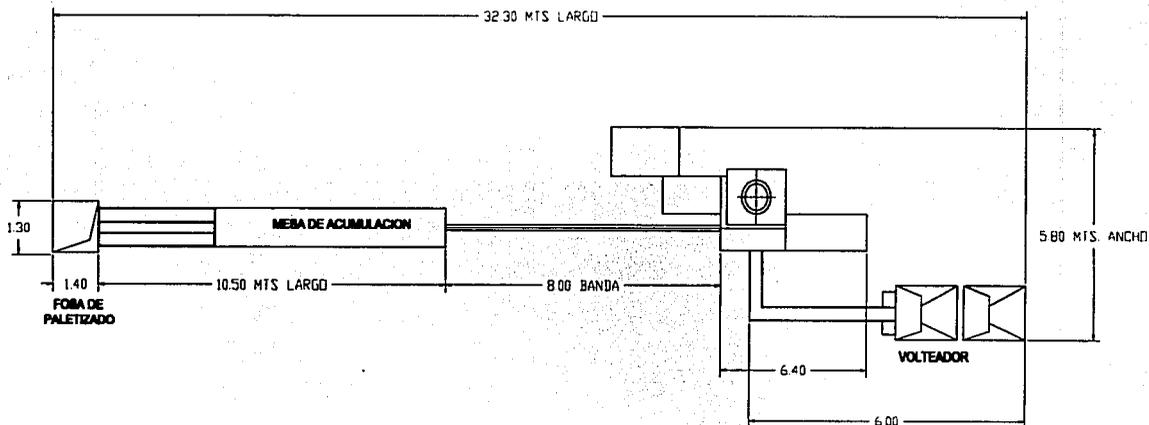


Figura 3.3.1

# ARREGLO ESPEJO SALA DE MAQUINAS SIDEL

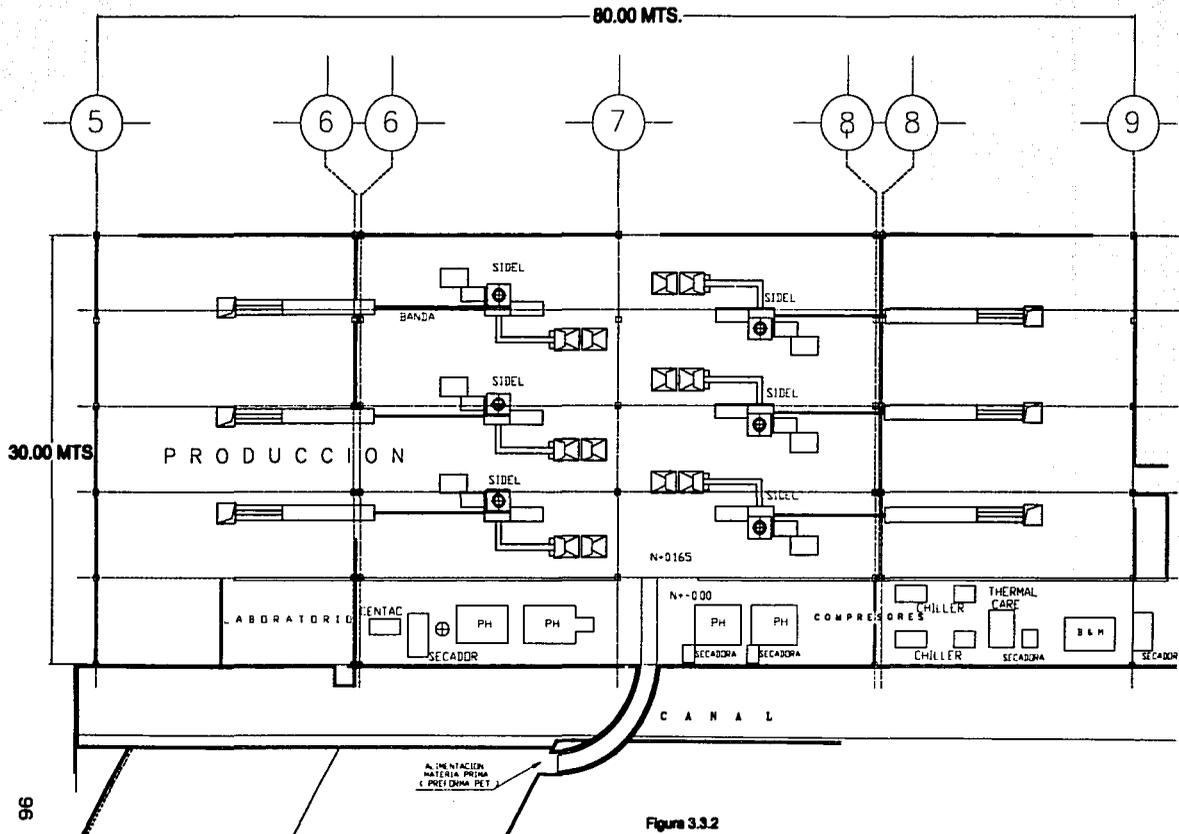


Figure 3.3.2

La figura 3.3.3 representa la ubicación de estos equipos, los cuales guardan el siguiente orden de oriente a poniente (derecha a izquierda):

EQUIPO	DIMENSIONES
1.- ATLAS COPCO ZR5B	Largo = 3 mts.; Ancho = 2 mts.
2.- INGERSOLL RAND CENTAC 5	Largo = 3 mts.; Ancho = 2 mts.
3.- TANQUE PULMON	Diámetro = 1.5 mts.; Altura = 3 mts.
4.- INGERSOLL RAND N° 1	Largo = 2.8 mts.; Ancho = 2 mts.
5.- TRANE	Largo = 3 mts.; Ancho = 2 mts.
6.- PH 1, 2, 3, 4	Largo = 4 mts.; Ancho = 3 mts.
7.- TANQUE PULMON	Diámetro = 1.2 mts.; Altura = 2.5 mts.
8.- CENTAC 6	Largo = 2.5 mts.; Ancho = 2 mts.

### 3.5 PROGRAMA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Una evaluación de los aspectos anteriores, decide la localización de la planta de soplado, adjunto a las instalaciones de la planta Kimex, para el mejor aprovechamiento de su infraestructura.

#### 3.5.1 Construcción de la nave industrial

El grupo cuenta con una compañía que se dedica a la construcción de distintos edificios y naves industriales de sus empresas. En resumen, esta actividad considera lo siguiente:

##### 3.5.1.1 Desarrollo del terreno

En esta etapa, se llevó a cabo el movimiento de tierras y desmontes (eliminación de vegetación, arbusto, etc.) con el objeto de facilitar el trazo de la nave acorde a las dimensiones siguientes:

Largo: 180 metros  
 Ancho: 60 metros  
 Altura Mínima: 5 metros  
 Altura Máxima: 8 metros

Así mismo, se adecuaron los caminos de acceso al lugar, construcción de drenajes, entrada de materia prima, salida de producto terminado, bardeado y delimitaciones de linderos.

### **3.5.1.2 Obra Civil y Estructural**

Mientras se llevaron a cabo las actividades de desarrollo de terreno, se prepararon los materiales como fierro estructural, las cimbras, la excavación para las cimentaciones de las columnas que soportaran la estructura metálica del techo de la nave y la excavación para preparar la cimentación de las máquinas, cuyo espesor fue de 50 cm dado que las máquinas pesan máximo 10 toneladas.

De acuerdo a cálculos estructurales, las columnas de varilla y concreto, se acordó instalarlas cada 20 metros a lo largo del edificio y cada 6 metros a lo ancho del mismo. La distribución de estas columnas se muestra en la figura 3.3.3 nave industrial de soplado.

## **3.5.2 Instalación Mecánica y Eléctrica de las Máquinas:**

### **3.5.2.1 Montaje y Colocación de Equipos**

Una vez que Obra Civil concluyó sus trabajos, lo cual les llevó cinco meses, se utilizó un mes adicional para pintura y buen fraguado de los pisos. Posteriormente, dio inicio la colocación y montaje de las máquinas sopladoras; la cual se hizo con la supervisión directa de técnicos de Sidel.

La empresa decidió montar una máquina por mes, para dar oportunidad al aprendizaje del personal operario, el cual fue contratado al término de los trabajos de Obra Civil, los equipos involucrados en el montaje son:

- ✓ Máquina Sidel SBO6 Serie 2
- ✓ Volteador de Preformas
- ✓ Banda Mecánica Transportadora de Envase

# NAVE INDUSTRIAL DE SOPLADO PET

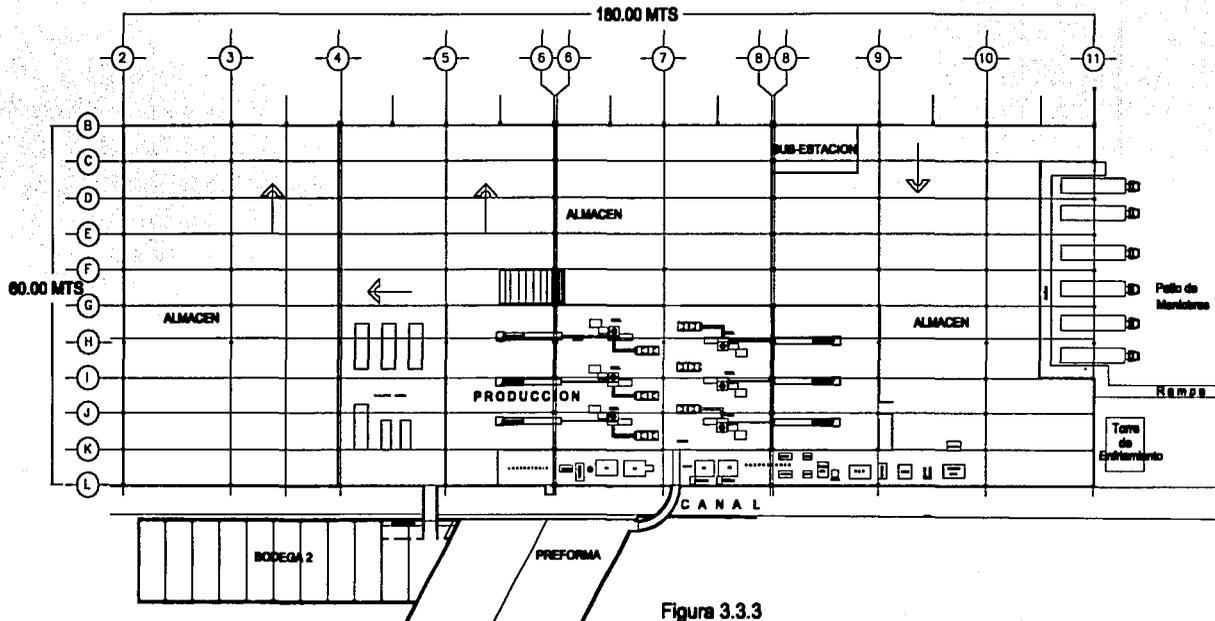


Figura 3.3.3

- ✓ Mesa de Acumulación
- ✓ Sistema Peletizador dentro de la Fosa
- ✓ Torres de Enfriamiento – Agua a Compresores
- ✓ Compresores de Aire
- ✓ Chillers – Agua Refrigerada

La distribución de estos equipos, se muestra en las figuras 3.3.1 y 3.3.2

### 3.5.2.2 Tuberías

Simultaneo a las actividades de colocación y montaje de equipos, se iniciaron los trabajos de fabricación, instalación de tuberías para el agua de torre y la distribución de aire comprimido, en base a planos revisados y checados previamente.

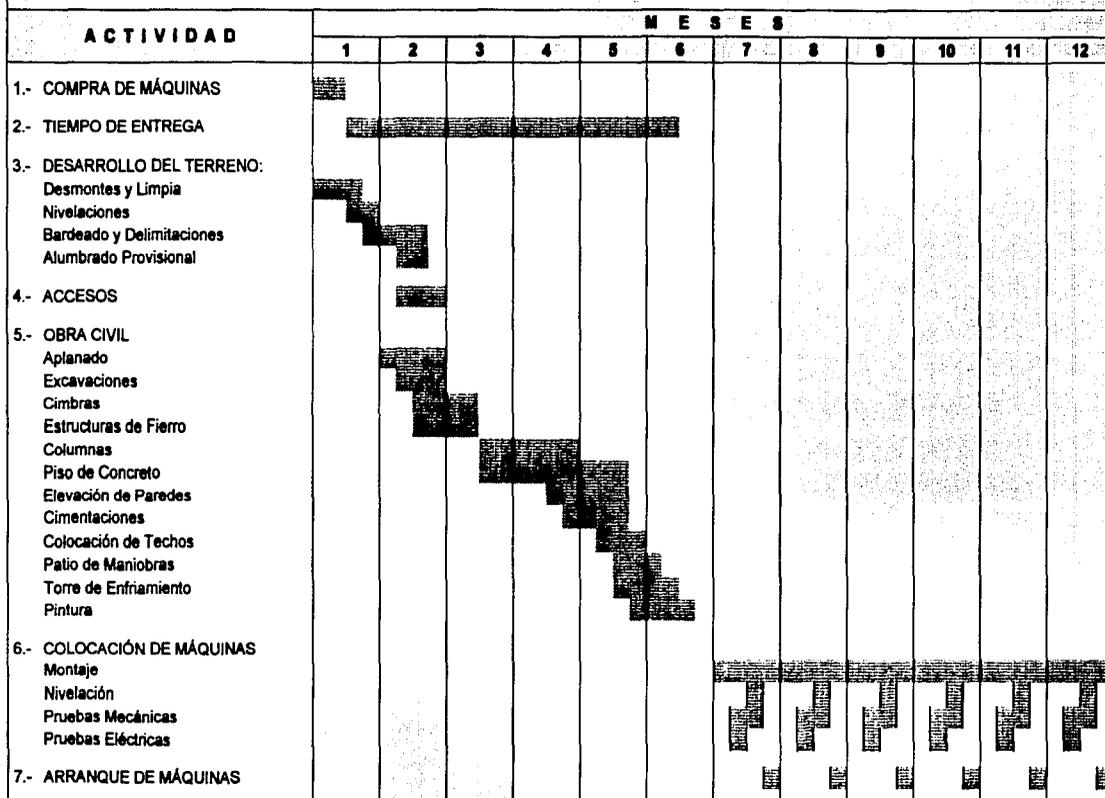
### 3.5.2.3 Instalación Eléctrica

La instalación se consideró desde la etapa de Obra Civil, se tienen dos subestaciones eléctricas para convertir de 23,000 a 440 voltios con una capacidad de 3500 kw y otra para convertir de 23,000 a 220 volts con una capacidad de 1500 kw.

El trazado y la elaboración de charolas para conducir el cableado, así como la tubería conduit para la construcción de cableado de fuerza para motores, equipos; así como también, el de alumbrado dentro y fuera del edificio, así como área de servicios auxiliares y andenes de carga.

El programa de toda la ejecución del proyecto se describe a continuación:

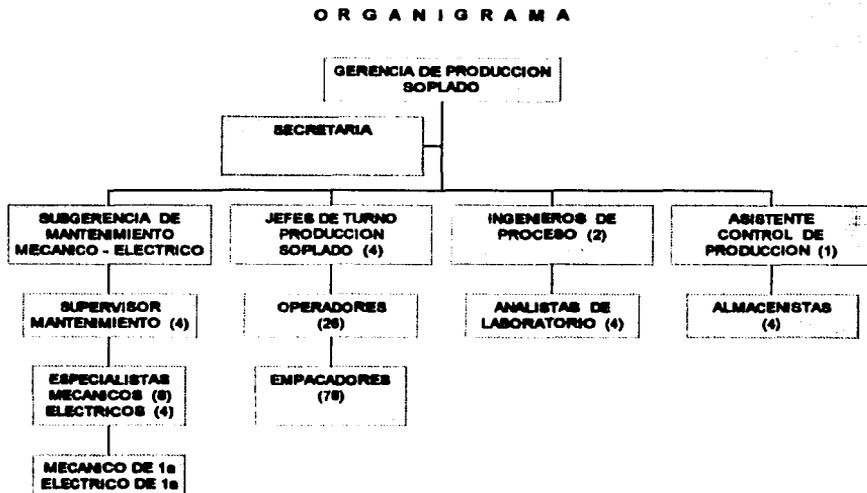
## PROGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO PLANTA SOPLADO



### 3.6 SELECCIÓN Y CONTRATACIÓN DE PERSONAL

El Proceso de incorporación de personal para esta planta considera lo siguiente:

- ✓ Organigrama
- ✓ Descripciones de Puestos
- ✓ Selección y Contratación de Personal



La Gerencia reporta a la Dirección de Polímeros y Envases, quién es responsable de las áreas que complementan el proceso productivo (Producción de Resina y Preforma).

Las áreas de Ventas, Compras, Cobranzas, Recursos Humanos, Contabilidad y Financiera, son corporativas y participan en esta planta de forma similar a cualquier empresa del grupo o de la industria privada.

### 3.6.1 Descripciones de Puestos

Con la participación de la Dirección Operativa, Ingeniería Económica y Recursos Humanos, se procedió a elaborar la descripción de los puestos. A continuación se mencionan en forma resumida los puestos más importantes:

a) Puesto: Gerencia de Producción Soplado

*Supervisa a:* Jefes de Turnos, Secretaria, Subgerente Mantenimiento, Ingeniero Proceso, Asistente Control de Producción.

*Depende de:* Director de Operaciones Polímeros y Envases

b) Puntaje del Puesto: 1,330

c) Conocimientos Requeridos

✓ Escolaridad:

Cualquier especialidad de ingeniería con diplomado en algunos de los conocimientos especiales.

✓ Conocimientos:

Proceso de extrusión, inyección – soplado de plásticos, técnicas avanzadas de control de producción, de optimización de proceso, control de proceso y administración en general, manejo de PC, experiencia en manejo de personal, ISO 9000, sistemas de calidad, mercadotecnia, TPM, buenos hábitos de manufactura, sistemas de prevención de pérdidas, control estadístico de proceso, administración de riesgos de proceso, reingeniería, quinta disciplina, diseño de experimentos.

d) Experiencia: 4 años mínimo

e) **Características de personalidad**

- ✓ **Físicas:** Buena presentación, sin impedimentos físicos.
- ✓ **Temperamento y carácter:**

Analítico y buena actitud de mando, excelente manejo de relaciones a todo nivel, capacidad para trabajar en equipo y bajo presión, don de mando, aspiraciones para ocupar altas posiciones ejecutivas convenientes, creativo y audaz para implementar soluciones totalmente originales cuando sea necesario, ser el líder natural del área bajo su mando.

f) **Idiomas:** Inglés

g) **Generales**

- ✓ **Sexo:** Masculino
- ✓ **Edad:** 30 – 45
- ✓ **Estado Civil:** Casado
- ✓ **Disponibilidad para viajar:** Si

Los requerimientos mencionados, determinan la envolvente del puesto.

h) **Responsabilidades principales**

- ✓ De los resultados del área bajo su mando en productividad, calidad, desperdicios, cuidado de los equipos y seguridad del personal.
- ✓ Motivar a sus subordinados directos y de cualquier staff que lo asista o le requiera colaboración.
- ✓ Mantenerse capacitado y capacitar a su personal, acorde con la evolución organizacional y tecnológica de la empresa.

- ✓ Divulgar y aplicar la visión, propósito, valores y política de calidad de la empresa, desarrollando el compromiso del personal para el logro de los objetivos planteados, practicar las políticas de seguridad y relaciones con el personal.
- ✓ Cuidar el patrimonio y los intereses de la empresa.
- ✓ Actuar de manera tal que sirva de ejemplo en aprendizaje, comunicación, humildad, integridad, honestidad, trato, disciplina, arreglo personal, puntualidad y asistencia, seguridad, respeto, unidad y cumplimiento a los compromisos contraidos.
- ✓ Tener disposición y promover en cualquier ámbito de la empresa una buena actitud hacia los cambios, manteniendo un proceso de mejora continua.
- ✓ Evitar actitudes aislacionistas o personalistas, ser promotor del trabajo en equipo, tener habilidad para integrar y conciliar intereses.
- ✓ Ser innovador, promotor de la tecnología de punta (state of the art).
- ✓ Ser administrador: Es el responsable de los resultados de su área, debe utilizar la información que generan las áreas administrativas para tomar decisiones que lleven a optimizar los resultados de su área. Como administrador obtiene resultados mediante su personal, en consecuencia es responsable de promover su desarrollo, acorde con una evaluación justa de sus desempeños, aplicando correctamente y con justicia las técnicas de evaluación y políticas de la compañía.
- ✓ Debe analizar los informes del área donde se contempla todo lo referente a producción, desperdicios, calidades, seguridad, stock refacciones, inventarios, primeras entradas – primeras salidas, corregir desviaciones.
- ✓ Debe dar soluciones inmediatas a problemas prioritarios que afectan la productividad de la empresa, debe cumplir el programa de producción establecido.

- ✓ Control de presupuestos: Elabora presupuesto y efectúa el seguimiento necesario para su cumplimiento.
- ✓ Mantiene actualizados los estándares y especificaciones de producto.
- ✓ Mediante los ingenieros de proceso es responsable de mantener el proceso en control.

a) Puesto: Jefe de Turno – Soplado Botella

Supervisa a: Operadores y empacadores de producción soplado

Depende de: Gerente de producción Soplado

b) Puntaje del Puesto: 1,060

c) Conocimientos requeridos

✓ Escolaridad: Ingeniero Químico, Mecánico o Industrial

✓ Conocimientos:

Manejo de máquinas sopladoras, manejo de moldes, conocimientos de inyección y soplado, manejo de PC, conocimiento de programa de máquinas sopladoras, manejo de equipos auxiliares como compresores, máquinas de refrigeración, torres de enfriamiento, manejo de personal, control de proceso, sistemas de calidad, ISO 9000.

d) Experiencia: 2 – 5 años en puestos similares

e) Características de Personalidad

- ✓ Físicas: Buena presentación, sin impedimentos físicos.
- ✓ Temperamento y Carácter:

- ✓ Don de mando, dinámico, cooperativo, buen trabajo en equipo y bajo presión, facilidad de palabra, organizado, responsable, buena iniciativa.

f) Idioma: Inglés Técnico

g) Generales

- ✓ Sexo: Masculino
- ✓ Edad: 25 – 40 años
- ✓ Estado Civil: Casado
- ✓ Disponibilidad: Pueda rolar turnos. Para viajar no necesaria

h) Responsabilidades Principales

- ✓ De los resultados del área bajo su mando, en productividad, calidad, desperdicios, cuidado de los equipos y seguridad del personal que opera y/o tiene relación con la planta de soplado.
- ✓ Motivar a sus subordinados directos y de cualquier staff que lo asista o le requiera colaboración.
- ✓ Mantenerse capacitado y capacitar a su personal, acorde con la evolución organizacional y tecnológica de la empresa.
- ✓ Divulgar y aplicar las políticas de la empresa, en especial las de seguridad y relaciones con el personal.
- ✓ Cuidar el patrimonio y los intereses de la empresa.
- ✓ Actuar de manera que sirva de ejemplo en: aprendizaje, comunicación, humildad, integridad, honestidad, trato – disciplina, arreglo personal, puntualidad y asistencia, seguridad, respeto, unidad y cumplimiento a los compromisos contraídos.
- ✓ Tener disposición y promover en cualquier ámbito de la empresa, una buena actitud hacia los cambios manteniendo un proceso de mejora continua.

- ✓ Evitar actitudes personalistas, promover el trabajo en equipo, mostrar habilidad para integrar y conciliar intereses.
- ✓ Es responsable de los resultados ocurridos en su turno y en su departamento. Los resultados los obtiene mediante su personal, promoviendo su desarrollo con una evaluación justa de sus desempeños, aplicando correctamente las técnicas y políticas de la empresa.
- ✓ Trabaja en turnos rotativos, depende directamente del Gerente de Producción Soplado.
- ✓ Supervisa a operadores y empacadores de producción soplado.
- ✓ Si es proceso en cuestión "se sale de control" debe detectar las variables causantes, corregirlas o dar la intervención a mantenimiento, o lo que sea necesario para que oportunamente vuelva el proceso en control.
- ✓ Es el responsable directo de que se cumpla el programa de producción en su turno.
- ✓ Realiza rutinas en el área para checar las condiciones de operación del equipo y cumplir con los estándares establecidos. Es responsable de mantener en buen estado las máquinas sopladoras; así como, todo el equipo auxiliar del área a su cargo.
- ✓ Es responsable de arrancar y parar el equipo de acuerdo a procedimientos establecidos; así como, corregir fallas al arranque.
- ✓ Es responsable de checar los programas de mantenimiento preventivo para liberar en conjunto con las áreas de servicio, oportunamente los equipos y/o máquinas programadas a dicho mantenimiento.
- ✓ Es responsable de asignar al personal a su cargo las funciones a desarrollar durante el turno, tomando en cuenta las habilidades y experiencia para desarrollar su trabajo.

- ✓ Es responsable de supervisar que las operaciones y tareas asignadas, se lleven a cabo de acuerdo a las instrucciones de operación. Así mismo, vigila que se cumplan las políticas de asistencia, puntualidad, seguridad y disciplina emanadas por Recursos Humanos.
- ✓ Es responsable de participar activamente en la capacitación que ofrece la empresa, respecto a conocimientos técnicos suficientes para elaborar cualquier envase, buenos hábitos de manufactura, TPM, prevención de pérdidas accidentales, sistemas de calidad, control estadístico del proceso. De modo general, debe participar activamente en la capacitación específica e institucional que ofrece la empresa en cursos internos y externos.
- ✓ Es responsable de mantener todos los equipos en óptimas condiciones.

a) Puesto: Operador de Máquina Sopladora

Depende de: Jefe de Turno Soplado

b) Puntaje del Puesto: Categoría IV

c) Conocimientos requeridos

✓ Escolaridad: Bachillerato Tecnológico Terminado

d) Experiencia: 1 año en puestos similares

e) Características de Personalidad

✓ Físicas: Sin impedimentos físicos, estatura mínima 1.75 m, I.Q. superior al promedio.

✓ Temperamento y Carácter:

Responsable, dinámico, con iniciativa, organizado, trabajo en equipo.

f) **Generales**

- ✓ **Sexo:** Ambos
- ✓ **Edad:** 20 - 35 años
- ✓ **Estado Civil:** Casado
- ✓ **Disponibilidad:** Rolar turnos

g) **Responsabilidades Principales**

- ✓ Es responsable del herramental y equipo asignado para el desarrollo de sus actividades.
- ✓ Es responsable de su propia eficiencia de los equipos de trabajo donde participe.
- ✓ Debe estar debidamente capacitado en el funcionamiento operacional de la maquinaria y equipo y/o equipo de su área de trabajo.
- ✓ Puede sugerir métodos de trabajo alternativos que mejoren las condiciones vigentes de su área de trabajo, las cuales deberán comentarse con su jefe inmediato y estos a su vez, serán analizados por el departamento de Ingeniería de Métodos de Trabajo, para determinar su factibilidad.
- ✓ Cuando se presenten anomalías que producen o pueden ocasionar daño inminente a patrimonio personal o ambiente de trabajo de la empresa, deberá informar a su jefe inmediato o a cualquier mando para que se corrijan de inmediato.
- ✓ Debe desarrollar sus actividades de manera individual o en equipo, según los requerimientos y cargas de trabajo que se presenten en su área.
- ✓ Es responsable de mantener limpia y ordenada su área de trabajo; así como, de cumplir con todas las medidas de seguridad e higiene.
- ✓ Es responsable de conocer y mostrar adherencia absoluta hacia los buenos hábitos de manufactura.

✓ Debe recibir capacitación en:

- Proceso de Soplado Pet
- Sistemas de Calidad – ISO 9000
- TPM (Mantenimiento Productivo Total)
- Sistema de Prevención de Pérdidas
- Administración de Riesgos en el Proceso
- Técnicas Estadísticas
- Formación de Equipos de Trabajo
- Desarrollo de Multihabilidades

✓ Debe actuar de manera tal, que sirva de ejemplo en: aprendizaje, comunicación, humildad, integridad, honestidad, trato, disciplina, arreglo personal, puntualidad y asistencia, seguridad, respeto, unidad y cumplimiento a los compromisos contraídos.

No es el propósito describir todos los puestos del organigrama, pero es una base importante para la selección y contratación de personal.

El proceso de selección de personal, es fundamental para el éxito de la planta, el personal es el elemento más importante de la empresa; por tal motivo, debe considerarse lo siguiente:

- ✓ Descripción detallada de las funciones del cargo.
- ✓ Análisis completo del perfil de personalidad y habilidades necesarias.
- ✓ Técnicas adecuadas de entrevista.
- ✓ Técnicas adecuadas de interrogatorio.
- ✓ Integración adecuada de "segundas opiniones".
- ✓ Verificación de referencias.
- ✓ Programas de Inducción.
- ✓ Programas de capacitación y desarrollo.
- ✓ Evaluación y retroalimentación periódicas.
- ✓ Mantener expectativas realistas.
- ✓ Actualizado en filosofías de trabajo.

Existen tres niveles importantes que garantizan una buena elección del personal:

- 1º La aptitud para ejecutar el trabajo: Tener conocimientos es el primer paso para asegurar incorporaciones de éxito.
- 2º La voluntad de ejecutar la tarea: En ocasiones existe distancia entre la capacidad y la voluntad de ejecutar la tarea, se detecta un mundo de diferencia entre "puede hacerlo" y "quiere hacerlo". El carácter, la conducta y la personalidad juegan un papel importante. La persona debe mostrar voluntad para la ejecución de tareas, sobre todo las difíciles.
- 3º Gobernabilidad una vez que se asuma el cargo: Es el tercer nivel de evaluación de un candidato. Una persona capaz, dispuesta a trabajar, pero aún así inmanejable, no conviene a la organización. Si no complace la idea de lidiar con un jovencito malcriado, determinar la gobernabilidad lo llevará a encontrar empleados que se comportan como adultos, no como niños.

Existe todo un conjunto de preguntas que cubren estas tres áreas y que ayudan a desnudar el alma del candidato.

Las personas que entrevistan deben comprender profundamente lo que se necesita y analizar profundamente los siguientes perfiles:

**a) Perfil Personal**

Estos rangos revelan el carácter fundamental del individuo:

*Impulso:* Desea obtener resultados, orientado hacia la meta más que a la tarea, es capaz de adoptar decisiones y evitar el trabajo complicado, divide las tareas abrumadoras en sus componentes.

*Motivación:* Busca nuevos desafíos, posee entusiasmo y la voluntad de formular interrogantes, puede motivar a otros a través de su propio interés en la realización de un buen trabajo.

**Comunicación:** Puede hablar y escribir a personas de todos los niveles.

**Química:** No se incomoda y culpa a otros, exhibe una sonrisa, tiene confianza en si mismo sin darse importancia, coopera con otros, demuestra su liderazgo gracias a su capacidad de formar un equipo.

**Energía:** Siempre aporta ese esfuerzo suplementario en las cuestiones pequeñas, tanto como en las importantes.

**Decisión:** No retrocede cuando las cosas se ponen difíciles, emplea su capacidad para enfrentar los problemas, puede ser afirmativo cuando es necesario y tiene la sagacidad suficiente para saber cuando ha llegado el momento de retroceder.

#### b) Perfil Profesional

Estos rasgos profesionales pueden revelar la posibilidad de ser fiel a una causa, una persona o una empresa, y hablan bien de la confiabilidad y seguridad de una persona.

**Confiabilidad:** Depende de sí misma, no se apoya en otras para asegurar la buena ejecución de un trabajo, mantiene informada a la administración.

**Integridad:** Asume la responsabilidad de sus propios actos, buenos o malos, adopta decisiones de acuerdo con el mejor interés de la firma, evita los caprichos o intereses personales.

**Compromiso:** Se compromete con las tareas y los proyectos, hace lo que es necesario para llevar un proyecto que se complete en términos establecidos.

**Orgullo:** Se enorgullece de su oficio o profesión, da el paso suplementario y siempre presta atención a los detalles para comprobar que se ejecuta la tarea hasta el límite de su capacidad.

**Cualidades Analíticas:** Evalúa y pondera los aspectos favorables y contrarios, no se arroja sobre la primera solución aparente, evalúa beneficios y factores negativos, posee la visión y percepción que le ayudan a emitir un juicio adecuado.

**Capacidad para escuchar:** Escucha y comprende antes de hablar.

### c) Perfil Empresarial

Son las características que muestran que una persona comprende que uno esta en los negocios para obtener GANANCIAS.

**Eficiencia:** Siempre esta atento al despilfarro de tiempo, esfuerzo, recursos y dinero.

**Economía:** Conoce la diferencia entre las soluciones caras y baratas de los problemas, gasta el dinero de la empresa como si fuese el suyo propio.

**Procedimientos:** Sabe que en general los procedimientos existen por buenos motivos, y no intenta esquivarlos, posee la voluntad de mantener informado a superior, sigue la cadena de mandos (lo cual significa que su jefe debe saber lo que sucede en el departamento, antes de que lo sepa el superior del jefe).

**Ganancia:** Sabe que es la razón por la cual estamos todos reunidos en la empresa.

Existe personal especializado en técnicas de entrevista, de interrogatorio, que mediante cuestionarios muy completos, ayudan a localizar al personal idóneo para los puestos mencionados en el organigrama.

Lo anterior sólo son conceptos de orden general, que dan una idea del proceso de selección de personal.

### **3.7 REVISIONES PREVIAS AL ARRANQUE**

Los preparativos y chequeos previos al arranque son fundamentales para el éxito del mismo. De modo general se efectúa una revisión minuciosa por circuitos:

- **Circuito aire comprimido**

Después de instalar los compresores, debe checarsé vibración, balanceo, paralelismo en presencia de técnicos del fabricante y cumplir con todas las especificaciones del manual. Las tuberías que forman el circuito deben limpiarse mediante la circulación de aire a presión, una vez garantizada la limpieza interior, cerrar el circuito para presurizar el sistema y checar la acción de las válvulas de seguridad, que abran en su valor determinado y checar fugas en bridas, codos y soldaduras. Cualquier anomalía detectada, reportarla en bitácora de arranque de equipo.

- **Circuito agua helada**

Probar máquina chiller de acuerdo a manuales del fabricante, revisar bridas y codos de la tubería, asegurarse sobre la no presencia de fugas, corregir lo necesario. Posteriormente, proceder a colocar el aislamiento de la tubería para reducir las pérdidas de temperatura en el agua helada.

- **Instrumentación y control**

Checar todos los instrumentos de campo y panel de control. De modo general debe cambiarse y/o calibrarse los elementos que se encuentren en mal estado. Todos los instrumentos deben estar instalados, calibrados y probados de acuerdo a su función específica.

Verificar la continuidad de los circuitos del panel de control a los elementos sensores de campo, cable por cable, todo debe estar completo.

- **Equipo de seguridad**

Los hidrantes y extintores debe existir evidencia de que ya fueron probados y autorizados por las brigadas de seguridad de la empresa, además se encuentran ubicados en su lugar estratégico designado previamente.

- **Circuito eléctrico**

- **SUBESTACIÓN ELÉCTRICA:**

Personal eléctrico de la empresa debe revisar lo siguiente:

- ◆ Conexiones y barras
- ◆ Chequeo y prueba de interruptores
- ◆ Chequeo de elementos térmicos

- **MOTORES:**

Revisión de conexiones, aislamiento del devanado, prueba en vacío del motor, checar calentamiento y vibración.

- **TORRES DE ENFRIAMIENTO:**

Con apoyo del fabricante, una vez concluidos los trabajos de armado de celda, red de tubería, limpieza de piletas y tubería, se colocaron los motores, se acopla el sistema y se checan fugas en válvulas, bridas, codos y soldaduras.

### **3.8 ARRANQUE DE LA PLANTA**

Es la etapa culminante y más importante del proyecto, para el éxito se preparó un "Grupo de Arranque" constituido por los siguientes integrantes:

- ❖ Gerente de planta de soplado
- ❖ Personal Técnico de Máquinas Sidel y de Compresores Ingersoll-Rand
- ❖ Grupo Técnico de la empresa (Ingenieros de Proceso)
- ❖ Personal de Operación de la empresa
- ❖ Personal de Mantenimiento de la empresa
- ❖ Personal de Proyectos.- Ingenieros de Proyecto que participaron en la instalación de los equipos y construcción de la planta.
- ❖ Personal de Laboratorio.- Encargado de verificar si los envases cumplen las especificaciones establecidas por el cliente.

Se decidió arrancar una máquina cada seis semanas, manteniendo personal de todas las áreas las veinticuatro horas del día.

El ingeniero de proceso es el encargado de recopilar toda la información generada durante el proceso de arranque y registrarla en las bitácoras de arranque de máquinas, este trabajo debe hacerlo por lo menos dos meses hasta demostrar que la máquina opera estable y sin problemas. Posteriormente, personal de operación se encarga de llevar las novedades diarias de la máquina en cuestión.

El grupo de arranque es creado deliberadamente con el fin de alcanzar el objetivo de poner en operación la nueva planta, cuenta con los siguientes recursos:

- ◆ *Recursos materiales.*- Dinero, maquinaria, equipo y refacciones.
- ◆ *Recursos técnicos.*- Manuales de operación, instructivos, procedimientos, y estándares de operación.

- ◆ *Recursos humanos.*- Personal con experiencia en arranques y estabilización de procesos similares, desarrollo de habilidades, capacitación e integración, motivación, comunicación, etc.

El Gerente de Planta Soplado es el jefe del grupo de arranque, su función es conjugar los tres recursos mencionados para lograr el objetivo de una manera eficiente. Deben existir reuniones diarias de no más de media hora para que el grupo llegue a acuerdos en todos los detalles y se mantenga una comunicación dinámica que permite una marcha armoniosa del grupo dentro de la organización.

La coordinación es muy importante, por ello es necesario llevar registro en bitácora de todos los acontecimientos, acuerdos y cambios que se efectúan en el arranque.

Los resultados se mencionan en el siguiente capítulo.

# **CAPÍTULO**

## **I V**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## 4.1 RESULTADOS

Los resultados se muestran para cada envase en tablas donde se indican las especificaciones requeridas por el cliente y los valores reales obtenidos. Así mismo, se presentan dibujos de los envases que ayudan a comprender cada una de las características medidas.

Los planos de las botellas elaboradas son confidenciales y propiedad de los clientes (Coca cola, Pepsicola, Cadbury, etc.).

Cada plano tiene diseños propietarios patentados basados en estudios de mercadotecnia que venden una imagen y todos son conocidos en el mercado; sin embargo, no es posible publicar planos detallados porque se violan convenios de comercialización, los planos o dibujos mostrados sólo son apoyo para dar una idea del envase elaborado con sus dimensiones principales.

Así mismo, cada cliente establece un protocolo de aprobación de envase, donde, en general, se considera lo siguiente:

- **ANÁLISIS DIMENSIONAL (de acuerdo a planos):**

- Altura total

- Diámetro panel de etiquetado

- Altura panel de etiquetado

- Espesor panel de etiquetado

- Espesor de base

- Espesor de zona de transición

- **PESO**

La variación permitida en gramos es:

- Hasta 30 gramos de peso:  $\pm 0.3$  grs

- Mayor de 30 gramos de peso:  $\pm 0.4$  grs

- **CAPACIDAD**

La tolerancia a la línea de llenado establecida es:

Hasta un litro:  $\pm 1.0\%$

Mayor a un litro:  $\pm 0.5\%$

- **ALTURA Y DIÁMETRO**

La tolerancia en altura es  $\pm 0.5\%$  del valor establecido en plano.

La tolerancia en diámetro es  $\pm 0.5\%$  del valor establecido en plano.

- **ESPEORES DE PARED**

Mínimo 0.20 mm

Típico 0.25 mm

Seguro 0.30 mm

- **PÉRDIDA DE CARBONATACIÓN**

Las botellas llenadas a niveles de 4.2 volúmenes de carbonatación no deben perder más del 16% de carbonatación, cuando se almacenan a 19°C temperatura constante, durante los siguientes periodos de almacenamiento:

2 litros o más: 12 semanas

1.0 a 1.5 litros: 10 semanas

0.5 a 0.6 litros: 8 semanas

Por ejemplo, la botella de medio litro no debe perder más del 16% de carbonatación medido a las 8 semanas de almacenamiento.

- **CARGA VERTICAL**

Definido como el peso mínimo en kilogramos que debe resistir un envase vacío en posición vertical antes de ser deformado (doblarse).

- **CONTENIDO EN ACETALDEHIDO**

Envase cristal máximo 4 microgramos / litro

Envase verde máximo 10 microgramos / litro

- **RESISTENCIA A LA PRESIÓN INTERNA**

El envase no debe romperse o fugar cuando se somete a 140 psi de presión por espacio de un minuto mínimo.

- **IMPACTO A LA CAÍDA**

Muestras llenas de líquido almacenado a 19°C no deben romperse cuando caigan sobre superficie plana desde una altura de 1.5 metros.

- **STRESS CRACKING**

Definido como presencia de agrietamiento o fisuras en el cuerpo del envase, después de ser llenado y carbonatado (presión con gas).

Es un parámetro muy importante, cada cliente tiene su forma de medirlo y controlarlo. Muchas veces se hacen pruebas de ruta, sometiéndolo a climas cálidos y observando que no exploten los envases y la presencia de fisuras.

A nivel laboratorio se hacen pruebas aceleradas, sumergiendo los envases en soluciones de sosa por espacios breves de tiempo y se observan las fisuras generadas; la botella no debe explotar o fugar después de media hora de estar expuesta.

- **INSPECCIÓN VISUAL**

Niveles no objetables de manchas, opacidad, perfección, ralladuras y puntos negros. El envase debe estar libre de contaminaciones que no puedan removerse en el enjuague. Internamente, no debe presentar anillos en el cuello (anginas) u la operación de llenado. Cualquier deformación en esta región del envase genera espuma y miente en el llenado.

- **VIDA MÁXIMA DE ANAQUEL ENVASE VACÍO**

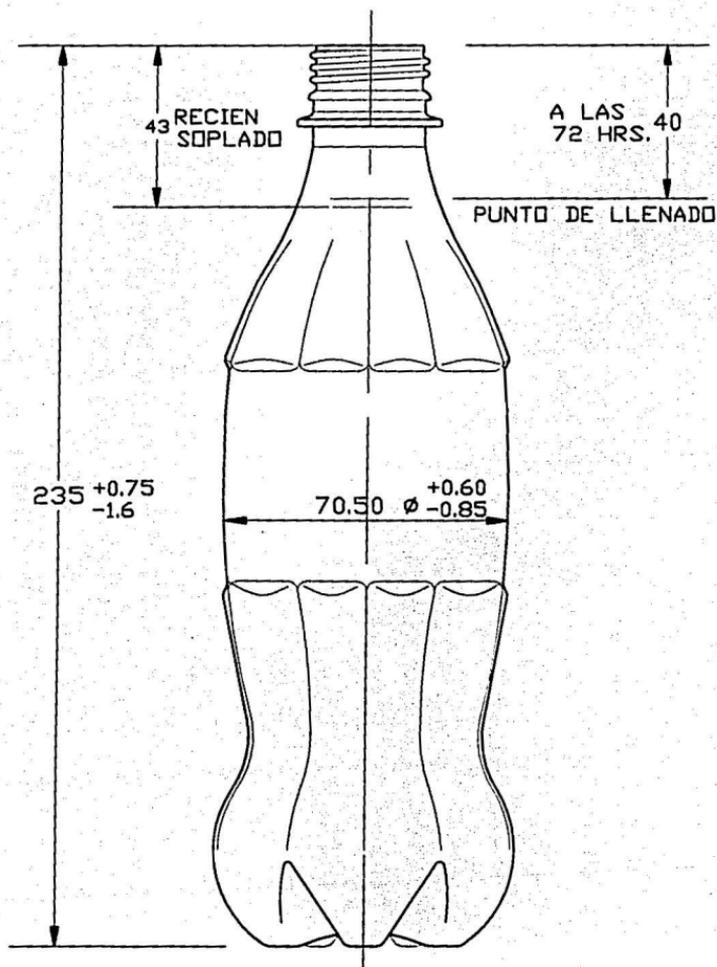
Tres meses a temperatura menor de 30°C

Considerando los parámetros anteriores del protocolo, a continuación se muestran los resultados para cada envase:

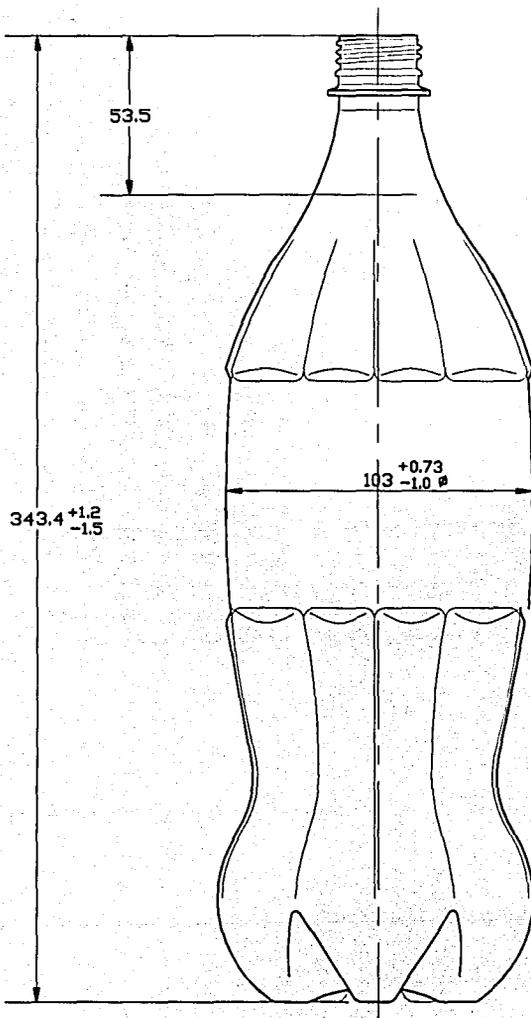
**BOTELLA CONTOUR 2.0 LTS**

<b>VARIABLE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>VALOR KIMEX</b>
<b>ALTURA</b>	mm	343.40 + 1.20 - 1.50	344.15
<b>CAP.LLENADO</b>	ml	2000.0 ± 10.0	2011.51
<b>DIAM.PANEL</b>	mm	103.0 + 0.75 - 1.0	102.98
<b>ESPESOR HOMBRO</b>	mm	0.25 MIN	0.29
<b>ESPESOR PANEL</b>	mm	0.25 MIN	0.30
<b>ESPESOR BASE</b>	mm	0.20 MIN	0.32
<b>ESPESOR Z.TRANSICION</b>	mm	1.55 MIN	2.73
<b>STRESS CRACKING</b>	min	30' MIN	30'
<b>PRES.INTERNA 150 PSI</b>	min	60' MIN	60'
<b>CARGA VERTICAL</b>	kg	20 MIN	30.31
<b>RESISTENCIA AL IMPACTO</b>	No.	3 IMPACTOS MIN	3

# BOTELLA CONTOUR 0.6 LTS



**BOTELLA CONTOUR 2.0 LTS.**



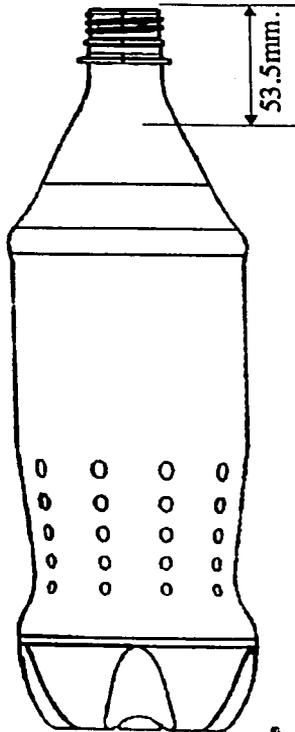
### BOTELLA CONTOUR 600 ml

VARIABLE	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	VALOR KIMEX
ALTURA	mm	235.0 + 0.75 - 1.60	235.36
CAP.LLENADO	ml	600.0 ± 4.50	601.2
DIAM.PANEL	mm	70.50 + 0.60 -1.60	70.47
ESPEJOR HOMBRO	mm	0.30 MIN	0.30
ESPEJOR PANEL	mm	0.30 MIN	0.30
ESPEJOR BASE	mm	0.20 MIN	0.30
ESPEJOR Z.TRANSICION	mm	1.30 MIN	2.54
STRESS CRACKING	min	30' MIN	30'
PRES.INTERNA 150 PSI	min	60" MIN	60"
CARGA VERTICAL	kg	20 MIN	27.34
RESISTENCIA AL IMPACTO	No.	3 IMPACTOS MIN	3

### BOTELLA SPRITE 2.0 LTS

VARIABLE	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	VALOR KIMEX
ALTURA	mm	343.40 + 1.20 - 1.50	343.73
CAP.LLENADO	ml	2000.0 + 10.0	2001.16
DIAM.PANEL	mm	102.0 + 0.75 - 1.0	102.39
ESPEJOR HOMBRO	mm	0.25 MIN	0.26
ESPEJOR PANEL	mm	0.25 MIN	0.28
ESPEJOR BASE	mm	0.20 MIN	0.28
ESPEJOR Z.TRANSICION	mm	1.55 MIN	2.69
STRESS CRACKING	min	30' MIN	30'
PRES.INTERNA 150 PSI	min	60" MIN	60"
CARGA VERTICAL	kg	20 MIN	23.94
RESISTENCIA AL IMPACTO	No.	3 IMPACTOS MIN	3

**BOTELLA SPRITE 2.0 LTS**



**FILL POINT**

### BOTELLA SPRITE 600 ml

VARIABLE	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	VALOR KIMEX
ALTURA	mm	235.0 + 0.75 - 1.60	235.31
CAP.LLENADO	ml	600.0 ± 4.50	600.23
DIAM.PANEL	mm	68.50 + 0.60 - 0.85	68.84
ESPEJOR HOMBRO	mm	0.30	0.29
ESPEJOR PANEL	mm	0.30	0.31
ESPEJOR BASE	mm	0.20	0.29
ESPEJOR Z.TRANSICION	mm	1.30	2.63
STRESS CRACKING	min	30'	30'
PRES.INTERNA 150 PSI	min	60"	60"
CARGA VERTICAL	kg	20 MIN	19.10
RESISTENCIA AL IMPACTO	No.	3 IMPACTOS MIN	3

### BOTELLA MULTIPRODUCTO 2.0 LTS

VARIABLE	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	VALOR KIMEX
ALTURA	mm	343.40 + 1.20 - 1.50	344.18
CAP.LLENADO	ml	2000.0 ± 10.0	1997.1
DIAM.PANEL	mm	101.0 + 0.75 - 1.0	101.39
ESPEJOR HOMBRO	mm	0.25 MIN	0.26
ESPEJOR PANEL	mm	0.25 MIN	0.27
ESPEJOR BASE	mm	0.20 MIN	0.29
ESPEJOR Z.TRANSICION	mm	1.55 MIN	2.63
STRESS CRACKING	min	30' MIN	30'
PRES.INTERNA 150 PSI	min	60" MIN	60"
CARGA VERTICAL	kg	20 MIN	18.14
RESISTENCIA AL IMPACTO	No.	3 IMPACTOS MIN	3

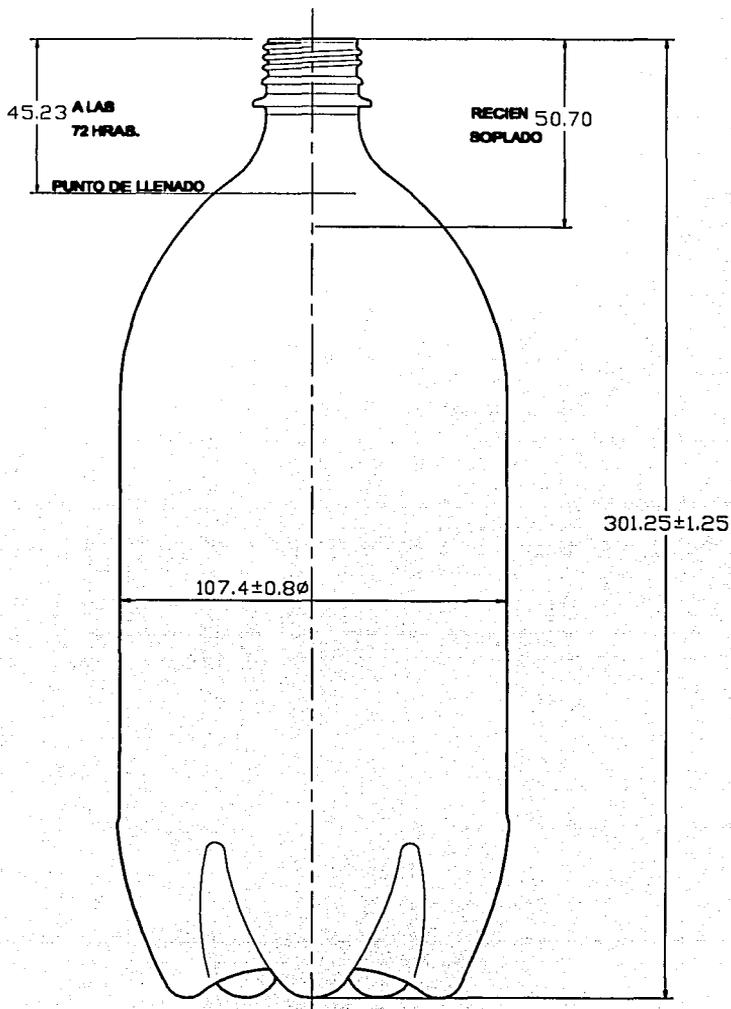
### BOTELLA MULTIPRODUCTO 600 ml

VARIABLE	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	VALOR KIMEX
ALTURA	mm	235.0 + 0.75 - 1.60	235.75
CAP.LLENADO	ml	600.0 ± 4.50	601.10
DIAM.PANEL	mm	67.20 + 0.60 - 0.85	67.6
ESPEJOR HOMBRO	mm	0.30 MIN	0.28
ESPEJOR PANEL	mm	0.30 MIN	0.32
ESPEJOR BASE	mm	0.20 MIN	0.30
ESPEJOR Z.TRANSICION	mm	1.30 MIN	2.56
STRESS CRACKING	min	30' MIN	30'
PRES.INTERNA 150 PSI	min	60° MIN	60°
CARGA VERTICAL	kg	20 MIN	21.49
RESISTENCIA AL IMPACTO	No.	3 IMPACTOS MIN	3

### BOTELLA PETALOIDE 2.0 LTS

VARIABLE	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	VALOR KIMEX
ALTURA	mm	301.25 ± 1.25	301.47
CAP.LLENADO	ml	2000.0 ± 10.0	2002.07
DIAM.PANEL	mm	107.4 ± 0.8	107.11
ESPEJOR HOMBRO	mm	0.27 MIN	0.26
ESPEJOR PANEL	mm	0.28 MIN	0.27
ESPEJOR BASE	mm	0.25 MIN	0.29
ESPEJOR Z.TRANSICION	mm	2.30 MIN	2.63
STRESS CRACKING	min	30' MIN	30'
PRES.INTERNA 150 PSI	min	60° MIN	60°
CARGA VERTICAL	kg	28 MIN	32.17
RESISTENCIA AL IMPACTO	No.	1 IMPACTO MIN	3

# BOTELLA DE PETALOIDE 2.0 LTS.



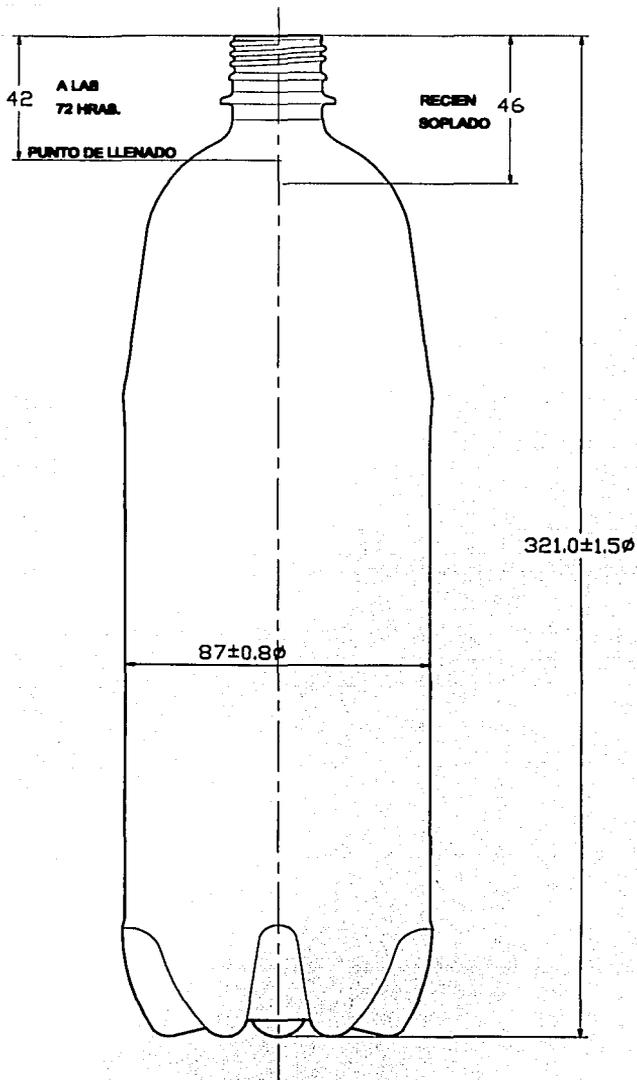
### BOTELLA PETALOIDE 1.5 LTS

VARIABLE	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	VALOR KIMEX
ALTURA	mm	321.0 ± 1.50	321.53
CAP.LLENADO	ml	1500 ± 7.50	1510.00
DIAM.PANEL	mm	87.0 ± 0.80	87.02
ESPESOR HOMBRO	mm	0.27 MIN	0.31
ESPESOR PANEL	mm	0.28 MIN	0.33
ESPESOR BASE	mm	0.25 MIN	0.33
ESPESOR Z.TRANSICION	mm	2.10 MIN	2.77
STRESS CRACKING	min	30' MIN	30'
PRES.INTERNA 150 PSI	min	60' MIN	60'
CARGA VERTICAL	kg	28 MIN	34.78
RESISTENCIA AL IMPACTO	No.	1 IMPACTO MIN	3

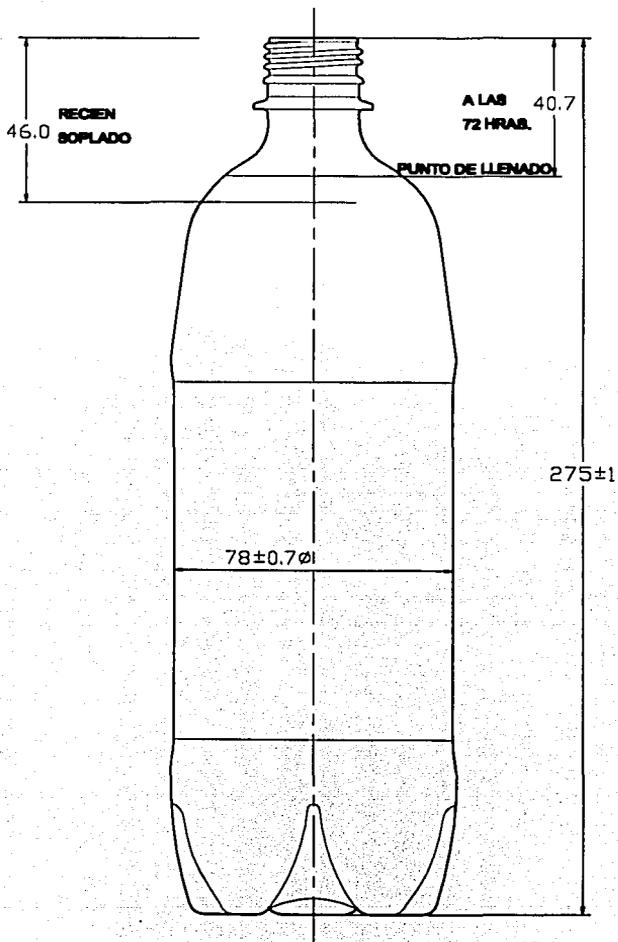
### BOTELLA PETALOIDE 1.0 LTS

VARIABLE	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	VALOR KIMEX
ALTURA	mm	275.0 ± 1.0	275.78
CAP.LLENADO	ml	1000 ± 7.5	1013.64
DIAM.PANEL	mm	78.0 ± 0.7	78.38
ESPESOR HOMBRO	mm	0.25 MIN	0.31
ESPESOR PANEL	mm	0.25 MIN	0.33
ESPESOR BASE	mm	0.25 MIN	0.32
ESPESOR Z.TRANSICION	mm	1.8 MIN	2.21
STRESS CRACKING	min	30' MIN	30'
PRES.INTERNA 150 PSI	min	60' MIN	60'
CARGA VERTICAL	kg	30 MIN	28.74
RESISTENCIA AL IMPACTO	No.	1 IMPACTO MIN	3

# BOTELLA PETALOIDE 1.5 LTS.



# BOTELLA PETALOIDE 1.0 LTS.



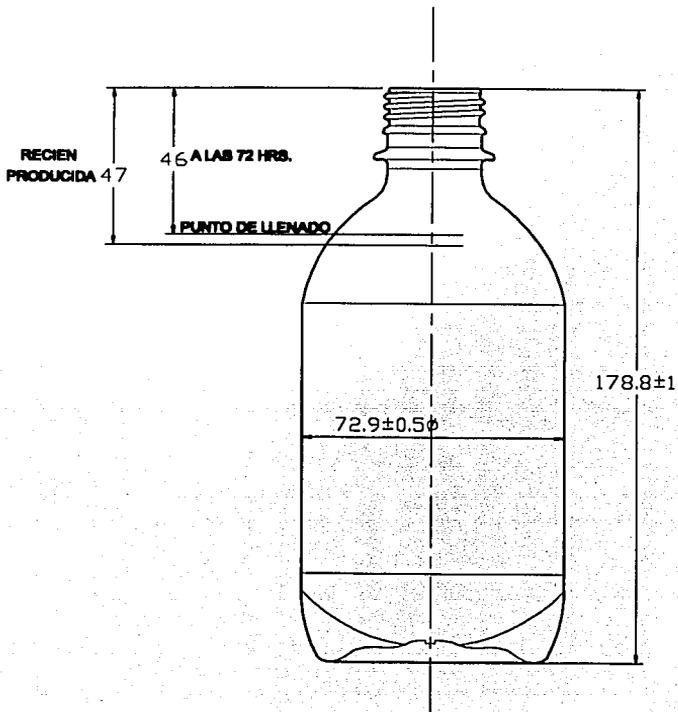
**BOTELLA PETALOIDE 0.6 LTS**

VARIABLE	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	VALOR KIMEX
ALTURA	mm	202.0 ± 1.0	202.11
CAP.LLENADO	ml	600 ± 5.0	601.49
DIAM.PANEL	mm	72.9 ± 0.5	73.09
ESPEJOR HOMBRO	mm	0.24 MIN	0.27
ESPEJOR PANEL	mm	0.25 MIN	0.27
ESPEJOR BASE	mm	0.25 MIN	0.31
ESPEJOR Z.TRANSICION	mm	2.10 MIN	2.52
STRESS CRACKING	min	30' MIN	30'
PRES.INTERNA 150 PSI	min	60° MIN	60°
CARGA VERTICAL	kg	30 MIN	39.19
RESISTENCIA AL IMPACTO	No.	1 IMPACTO MIN	3

**BOTELLA PETALOIDE 0.5 LTS**

VARIABLE	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	VALOR KIMEX
ALTURA	mm	178.8 ± 1.0	178.87
CAP.LLENADO	ml	500 ± 5.0	500.93
DIAM.PANEL	mm	72.9 ± 0.5	73.24
ESPEJOR HOMBRO	mm	0.24 MIN	0.26
ESPEJOR PANEL	mm	0.25 MIN	0.28
ESPEJOR BASE	mm	0.25 MIN	0.33
ESPEJOR Z.TRANSICION	mm	2.10 MIN	2.46
STRESS CRACKING	min	30' MIN	30'
PRES.INTERNA 150 PSI	min	60° MIN	60°
CARGA VERTICAL	kg	30 MIN	46.57
RESISTENCIA AL IMPACTO	No.	1 IMPACTO MIN	3

# BOTELLA PETALOIDE 0.5 LTS.



### BOTELLA PEPSI 2.0 LTS

VARIABLE	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	VALOR KIMEX
ALTURA	mm	342.0 ± 1.71	343.13
CAP.LLENADO	ml	2003.0 ± 10.0	2001.29
DIAM.PANEL	mm	97.80 ± 0.50	98.14
ESPEJOR HOMBRO	mm	0.29 MIN	0.30
ESPEJOR PANEL	mm	0.25 MIN	0.32
ESPEJOR BASE	mm	0.25 MIN	0.32
ESPEJOR Z. TRANSICION	mm	2.79 ± 0.24	2.79
STRESS CRACKING	min	30' MIN	30'
PRES.INTERNA 150 PSI	min	60' MIN	60'
CARGA VERTICAL	kg	18 MIN	27.91
RESISTENCIA AL IMPACTO	No.	3 IMPACTOS MIN	3

### BOTELLA PEPSI 0.6 LTS

VARIABLE	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	VALOR KIMEX
ALTURA	mm	245.0 + 1.55 -1.23	245.71
CAP.LLENADO	ml	603.0 ± 6.0	602.14
DIAM.PANEL	mm	63.0 ± 0.35	63.07
ESPEJOR HOMBRO	mm	0.29 MIN	0.3
ESPEJOR PANEL	mm	0.25 MIN	0.32
ESPEJOR BASE	mm	0.25 MIN	0.33
ESPEJOR Z. TRANSICION	mm	2.68 ± 0.20	2.57
STRESS CRACKING	min	30' MIN	30'
PRES.INTERNA 150 PSI	min	60' MIN	60'
CARGA VERTICAL	kg	18 MIN	25.05
RESISTENCIA AL IMPACTO	No.	3 IMPACTOS MIN	3



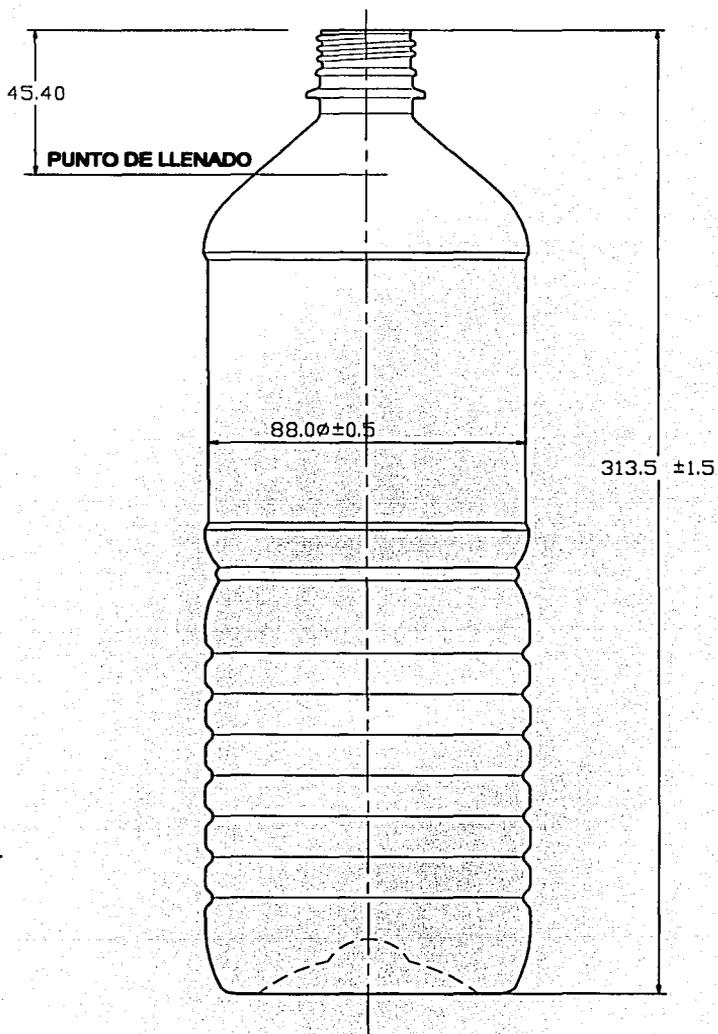
**BOTELLA STA. MARÍA 1.5 LTS**

<b>VARIABLE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>VALOR KIMEX</b>
ALTURA	mm	301.0 ± 1.25	301.14
CAP.LLENADO	ml	1500.0 ± 8.0	1501.8
DIAM.PANEL	mm	88.60 ± 0.7	88.67
ESPEJOR HOMBRO	mm	0.22 MIN	0.24
ESPEJOR PANEL	mm	0.24 MIN	0.29
ESPEJOR BASE	mm	0.24 MIN	0.28
CARGA VERTICAL	kg	15.0 MIN	20.08

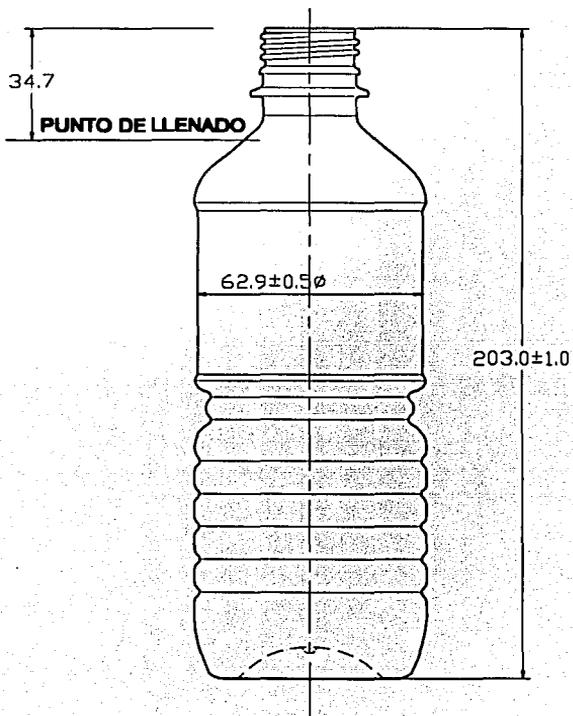
**BOTELLA STA. MARÍA 500 ml**

<b>VARIABLE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>VALOR KIMEX</b>
ALTURA	mm	203.0 ± 1.0	203.54
CAP.LLENADO	ml	500.0 ± 5.0	499.79
DIAM.PANEL	mm	62.9 ± 0.5	43.04
ESPEJOR HOMBRO	mm	0.18 MIN	0.22
ESPEJOR PANEL	mm	0.22 MIN	0.25
ESPEJOR BASE	mm	0.19 MIN	0.22
CARGA VERTICAL	kg	12.0 MIN	14.06

# BOTELLA SANTA MARIA 1.5 LTS.

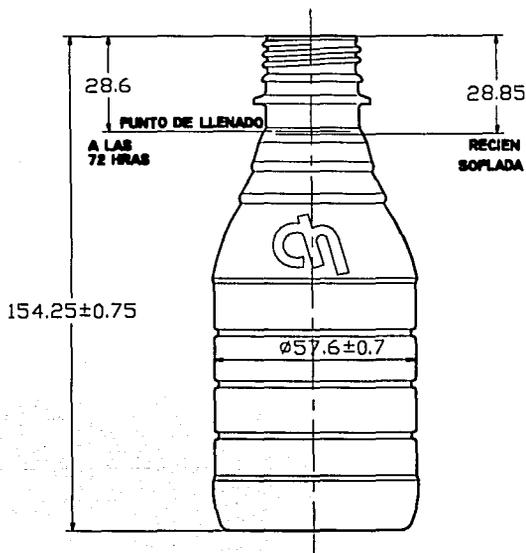


# BOTELLA SANTA MARIA 0.5 LTS.



## BOTELLA CHAPARRITA 250 ML.

VARIABLES	UNIDAD	ESPECIFICACION	VALOR KIMEX
ALTURA	.mm	254.25 ± 0.75	154.45
CAPACIDAD LLENADO	ml	254.0 ± 3.50	253.48
DIAMETRO PANEL	mm	57.60 ± 0.70	57.74
ESPESOR HOMBRO	mm	0.23 min.	0.28
ESPESOR PANEL	mm	0.28 min.	0.32
ESPESOR BASE	mm	0.25 min.	0.28
CLARO DE BASE	mm	9.60 min.	10.26
CARGA VERTICAL	kg	22 min.	24.83
RESISTENCIA AL IMPACTO	N°	1 impactos min.	3



## 4.2 CONCLUSIONES

La instalación de una planta de soplado requiere lo siguiente:

- ✓ **Análisis de Mercado:** Que envases demanda el mercado, cual es su crecimiento, cuales son los desarrollos de nuevos productos.
- ✓ **Análisis de Proceso:** Conocimiento profundo de las tecnologías existentes para producir el envase. Eficiencias, Desperdicios, Mantenimiento, Etc.
- ✓ **Estudio de Costos:** Cuales son los costos de inversión y de operación de la planta. En que tiempo retorna la inversión. Conocer la rentabilidad de cada producto.
- ✓ **Localización:** Lo ideal es colocar la sopladora en línea con la llenadora. Transportar envase vacío es costoso; por lo tanto, la ubicación debe ser lo más cercano a los clientes.
- ✓ **Instalación:** La distribución de los equipos, debe considerar en primer lugar, el tener una planta segura, ordenada y con logística adecuada. Los servicios principales requeridos son energía eléctrica, aire comprimido de alta presión, agua helada y agua de torres.

El arranque de la planta fue exitoso debido a la integración de un grupo de arranque formado por integrantes de la empresa (ingenieros de proceso y de proyecto) y técnicos de la firma Sidel.

No todos los productos tienen la misma ventana de proceso, existen envases con geometría complicada que requieren la búsqueda de un estándar detallado de condiciones de proceso para cubrir los requerimientos de los clientes. Finalmente, todos los envases cumplieron con las especificaciones de los clientes.

El diseño de la preforma es fundamental para lograr los espesores del envase especificados y una buena orientación de material.

Finalmente, una planta de soplado como cualquier empresa, debe tener una elevada vocación de servicio a sus clientes, cubriendo siempre sus expectativas, contribuyendo a su permanente crecimiento.

# **CAPÍTULO**

## **V**

### **PROGRAMA DE CAPACITACIÓN**

Se consideran los siguientes temas:

## **5.1 CAPACITACIÓN EN MÁQUINAS SIDEL**

### *Descripción:*

Se efectúa una capacitación que asegure un buen manejo de la máquina SIDEL, así como de sus documentos de apoyo. Se revisarán tópicos de manejo, funcionamiento, ajustes mantenimiento, producción y proceso.

El curso se prepara para un máximo de diez personas y un mínimo de cinco. Puede asistir personal de Operación y de Mantenimiento.

### *Objetivo:*

Lograr la comprensión de los fundamentos de Operación de la máquina SB06. Al finalizar, el participante debe ser capaz de:

- ✓ Llevar a cabo los diversos ajustes básicos que requiere la máquina.
- ✓ Leer eficazmente los documentos de apoyo técnico que acompañan a la máquina.
- ✓ Comunicarse eficazmente con el soporte técnico de Sidel.
- ✓ Resolver los problemas básicos del proceso.

### *Estructura:*

La capacitación se divide en las cinco partes siguientes:

- ◆ Presentación
- ◆ Partes mecánicas
- ◆ Partes eléctricas
- ◆ Operación de la máquina y del PCC
- ◆ Introducción teórica al proceso

Efectuar prácticas directas en máquina.

**Apoyos:**

Se requiere de una sala con espacio suficiente para proyección. Sidel proporciona un manual de capacitación con la información pertinente.

**Duración:** 10 días hábiles.

Gran parte del contenido de este curso se menciona en los capítulos I y II.

## **5.2 BUENOS HÁBITOS DE MANUFACTURA**

El contenido se describe a continuación:

### **5.2.1 Edificio y Equipo**

- ✓ Los programas de limpieza de planta deben estar documentados e incluir controles de polvo y programas de sanitización.
- ✓ Deberán existir programas de control de plagas, roedores y aves.
- ✓ La ventilación en toda la planta deberá ser adecuada, incluyéndose aire filtrado en las áreas de proceso.
- ✓ La iluminación en la planta debe ser adecuada, lo suficientemente brillante para facilitar la producción, limpieza, sanitización y las actividades de inspección. Todos los sistemas de iluminación deben estar protegidos.
- ✓ El Laboratorio de Calidad debe encontrarse separado de la operación.
- ✓ Todas las puertas de los sanitarios deben ser autocerrables.

- ✓ Todos los espacios de trabajo deben permitir las buenas prácticas de manufactura.
- ✓ Todos los equipos de trabajo deberán contar con entrenamiento y capacitación en Buenos Hábitos de Manufactura en todos los niveles de empleados.

### **5.2.2 Exteriores**

- La planta deberá estar debidamente separada y cercada de cualquier otra instalación. El ambiente exterior e interior de la planta deberá encontrarse libre de ambientes extraños. La planta deberá contar con áreas de estacionamiento para automóviles.
- El espacio exterior deberá acomodarse de tal manera, que permita facilidad de maniobras.
- La planta deberá contar con sistemas de mantenimiento, seguridad y organización que permitan una apariencia general adecuada.

### **5.2.3 Interiores**

- ✓ En cuanto a su diseño interior, la planta deberá tener una distribución de proceso adecuada.
- ✓ El arreglo espacial de la maquinaria y los transportadores deberá ser eficiente y permitir un flujo seguro y continuo de materiales.
- ✓ El flujo de tráfico debe ser adecuado y seguro y los pasillos de circulación deben estar señalados.

- ✓ Debe existir al menos una instalación sanitaria por área, la cual cuente con una puerta autocerrable, lavabo, sanitario equipado, jabón, toallas desechables y depósito de basura.
- ✓ Todo el equipo de planta, el mobiliario de oficina debe tener un programa de mantenimiento de limpieza, que lo mantenga ordenado, limpio y con la pintura en buen estado.
- ✓ El criterio anterior aplica también en la zona de almacén y taller de partes de refacción, en donde además deberá existir un sistema de administración de taller que permita la accesibilidad de partes y herramientas.
- ✓ Igualmente, dicho criterio aplica al área de taller de moldes, en el cual deberá incluirse controles de vibración y ruido y un programa documentado de frecuencia de calibración y un programa documentado de trazabilidad.
- ✓ Todas las áreas deberán tener controles de roedores e insectos; así como programas de limpieza y ausencia de materiales extraños específicos de cada zona.

#### **5.2.4 Manejo y almacenamiento de preforma**

##### *Preformas autorizadas*

Es necesario solicitar al proveedor de preforma la carta de autorización correspondiente, en la cual se describe el nombre y la planta del proveedor; así como el tamaño, peso de preforma y en caso necesario alguna restricción para su uso.

##### *Transporte*

La planta de soplado tiene la obligación de monitorear las condiciones de transporte de su suministro de preforma. A continuación se presenta las líneas generales de dicho monitoreo:

- Las preformas deben ser transportadas en camiones con cajas cerradas y libres de daños internos o externos que representen un riesgo de maltrato o contaminación del producto durante el embarque y/o transporte.
- Las cajas de los camiones deben ser lo suficientemente grandes para permitir las operaciones de carga y descarga, con objeto de evitar el maltrato del producto. En caso de que existan espacios dentro de la caja cargada, es necesario el uso de bolsas de aire, polines de sujeción o cualquier otro dispositivo para fijar y asegurar la carga durante el transporte.
- Las cajas de los camiones deben estar limpias, libres de goteras y de cualquier olor, sustancia, insecto o animal que pueda contaminar el producto.
- Las preformas deberán venir colocadas en bolsas de plástico, dentro de cajas de cartón selladas, sin orificios, golpes ni rupturas.
- Las preformas deben ser transportadas bajo condiciones adecuadas de temperatura y humedad. Una recomendación basada en diversos estudios, las preformas no deberán ser sometidas a combinaciones de tiempo – temperatura, superiores a los indicados a continuación:

<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>TIEMPO (HRS)</b>
37	50
38	37
39	30
40	7.5

Sin embargo, la responsabilidad de la calidad de la preforma será 100% del proveedor.

### **5.2.5 Recepción en planta**

Certificados mínimos de calidad. El cliente de preformas debe recibir un certificado de calidad, el cual incluya cuando menos la siguiente información:

- ✓ Descripción de material
- ✓ Fecha y lote de producción
- ✓ Color de material
- ✓ Porcentaje en peso de finos en pellet
- ✓ Concentración de acetaldehído
- ✓ Viscosidad intrínseca (al menos de la resina empleada)
- ✓ Apariencia general
- ✓ Cristalinidad en el punto de inyección
- ✓ Peso
- ✓ Dimensiones exteriores:
  - Altura total
  - Altura de terminado
  - Diámetro del anillo de soporte
  - Diámetro del cuerpo
  - Diámetro del acabado
- ✓ Espesor de pared conexión Talón - Fondo

### **5.2.6 Evaluaciones de recepción**

Las evaluaciones de recepción de preforma son primordialmente visuales. Debe emplearse una rutina de inspección de las tres partes de preforma. Estas partes se indican a continuación:

- Terminado de rosca (finish): Es la parte superior de la preforma conformada por la superficie de sellado, anillo de sujeción de banda de seguridad y anillo de soporte del cuello.

- La superficie de sellado debe estar libre de defectos como rebabas o hendiduras.

Los defectos que más comúnmente se pueden presentar en esta zona son:

- Flasheo o rebabas
- Acabados incompletos o deformes
- Raspaduras o fracturas
- Marcas o puntos blancos (cristalinidad)
- Contaminación o manchas de color

- **Cuerpo:** Es la zona de la preforma comprendida entre la parte baja del anillo de soporte y la base de la misma.

Los defectos que más comúnmente se pueden presentar en esta zona son:

- Burbujas de aire
- Puntos negros o cualquier residuo extraño
- Marcas de "Haze" o manchas blancas
- Hundimientos o valles sobre la superficie interna o externa de la preforma, originada por mala distribución de resinas en el cuerpo.
- Superficie con textura de cáscara de naranja
- Rasguños o marcas de cualquier tipo
- Puntos de cristalinidad
- Pedazos de pellet sin fundir
- Contaminación o manchas de color

- **Fondo:** Es la zona de la preforma ubicada en la parte baja y a partir de la cual se forma la base de la botella, por lo que constituye la principal zona resistencia mecánica de la misma.

Los defectos que más comúnmente se pueden presentar en esta zona son:

- Burbujas de aire
- Puntos o nubes de cristalinidad (normalmente la cristalinidad se presenta en el punto de inyección o alrededor del mismo) Para revisar la cristalinidad en el punto de inyección es recomendable separar el fondo de la preforma mediante un corte transversal, posteriormente realizar un corte longitudinal que pase por en medio del punto de inyección. Es importante verificar que la marca cristalina no sobrepase una tercera parte del espesor del fondo de la preforma.
- Contaminación o manchas de color
- Defectos en punto de inyección (deformaciones, hilos o hebras de material, orificios)

### **5.2.7 Almacenamiento de preforma**

- ✓ En caso de que las preformas sean almacenadas en cajas, éstas deben estar perfectamente selladas y libres de golpes o rupturas.
- ✓ El almacén de la preforma debe ser un lugar techado, libre de humedad, con temperatura menor a 38°C, libre de olores o sustancias que puedan contaminar las preformas.
- ✓ Las preformas deberán encontrarse protegidas de suciedad, materiales extraños y de factores climáticos tal y como la luz solar directa y la humedad.
- ✓ Las preformas no deben durar más de tres meses en almacén, a partir de la fecha de producción. En caso de que las preformas sean almacenadas por un periodo mayor a un mes, es indispensable colocar desecantes.
- ✓ La estiba máxima debe ser tal que la carga no se aplique directamente a las preformas. La altura de la estiba puede variar basándose en las medidas de seguridad vigentes en el almacén.

- ✓ Un control de inventarios diseñado para primeras entradas – primeras salidas deberán estar operando.

### **5.2.8 Manejo de preforma**

- El equipo de transferencia de preforma (transportadores, palas, etc.) deberán mantener en todo momento condiciones de orden y limpieza.
- Los sistemas de caída de preformas de las tolvas de acumulación deberán permitir una caída suave que evite al máximo daños en las preformas.

### **5.2.9 Personal**

#### *Hábitos del personal:*

- ✓ Para el consumo de bebidas, alimentos o cigarros se tendrán áreas designadas y aisladas.
- ✓ El personal tendrá un claro entendimiento y adherencia a guías de higiene personal.
- ✓ El personal tendrá un claro entendimiento y adherencia a las guías de Buenos Hábitos de Manufactura.
- ✓ Los trabajadores de línea o cualquier persona en contacto con equipo y producto, no deberán traer ropa suelta, joyería u objetos en las bolsas, los cuales pudieran caerse durante el trabajo.
- ✓ Los uniformes del personal deberán estar limpios y ser consistentes para todos los trabajadores. Los uniformes deben ser periódicamente lavados y de preferencia, por un servicio externo.

### ***Manejo de botellas:***

- Los trabajadores no deberán tomar las botellas directamente por el acabado.
- Los trabajadores deberán usar guantes, cofias o gorras y tapa bocas en el área de proceso.
- Es obligatorio el uso de lentes de seguridad y protectores auditivos en las zonas cercanas a la maquinaria.

### ***Señalización:***

- ✓ En todas las áreas de proceso, se deberá contar con señalización recordatoria sobre BHM, prácticas de seguridad e higiene.
- ✓ Deberá existir una señalización recordatoria de buena higiene, colocada en todos los sanitarios y áreas de lavado de manos.
- ✓ Deberá contarse con señalización recordatoria de programas de limpieza.
- ✓ Toda señalización debe localizarse donde el empleado puede verla fácilmente.

### **5.2.10 Seguridad**

- La seguridad de la planta deberá estar asignada a una persona responsable y con rango de autoridad.
- Deberá estar documentado e implementado un Programa de Manejo de Crisis, el cual tenga asignaciones de seguridad y una revisión gerencial frecuente.

- Deberá existir y ser accesible una lista de personal interno y externo de la planta con sus números telefónicos, la cual se definirá tomando en cuenta procedimientos jerárquicos.
- Se contabilizarán por escrito el número de incidentes de seguridad con base anualizada.
- Los accesos de planta deberán estar controlados y deberá haber un programa de acompañamiento a visitantes. Las entradas deberán permanecer cerradas y aseguradas cuando no estén en uso. Para esto, deberán existir cerraduras adecuadas o tarjetas electrónicas de control y patrullas de vigilancia para verificación de entradas.

### **5.2.11 Operación de Soplado**

#### *Soplado de botella:*

- ✓ Toda el área de soplado deberá tener un buen grado de orden y limpieza.
- ✓ Los sistemas de transporte de botella no deberán dañar la misma. Si la transportación es neumática, deberá contarse con filtros de aire adecuados.
- ✓ Toda la maquinaria de soplado deberá contar con dispositivos de seguridad para los operarios.
- ✓ Todo el personal que opera la maquinaria de soplado deberá contar con el entrenamiento técnico adecuado.

### **Codificadores:**

- Es obligatoria la colocación de codificadores de tinta a la salida de las sopladoras.
- Todas y cada una de las botellas producidas por el proveedor deberán poder ser plenamente identificadas.
- La codificación se deberá realizar en la zona de panel de etiquetado y ser durable y de buena calidad.
- El código debe especificar el lote y la hora de producción.

### **Empacado de botella:**

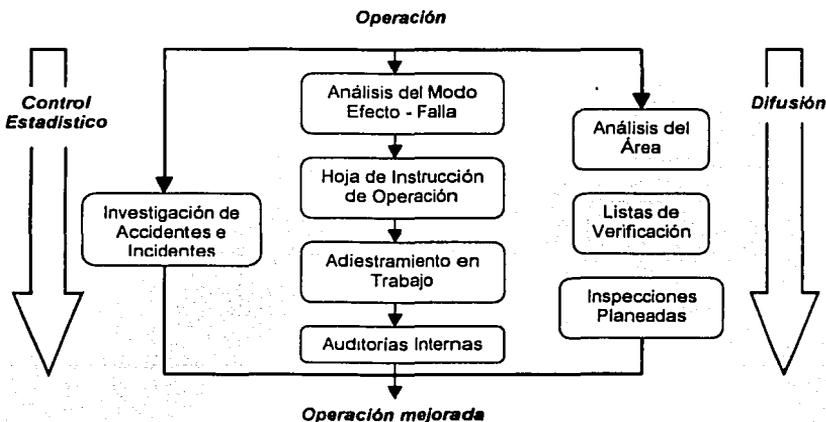
- ✓ El área de palletizado deberá mantenerse completamente limpia y en orden.
- ✓ El pallet debe envolverse con material termoencogible y flejarse. Tanto la película de envoltura como el fleje, deberán mantener condiciones de tensión que aseguren estabilidad y seguridad en el pallet y eviten daños en la botella. Si es necesario, deberán utilizarse protecciones adicionales como esquineros.
- ✓ En ningún momento se permitirá el palletizado sin material termoencogible.
- ✓ Es obligatorio el uso de pallets película termoencogible. No se permite empacar en cajas o bolsas, ni a granel.
- ✓ Los pallets deberán ser identificados con una etiqueta autoadherible que indique el lote y la fecha de producción.
- ✓ El material termoencogible deberá mantenerse íntegro en todo momento.

### 5.3 SISTEMA DE PREVENCIÓN DE PÉRDIDAS ACCIDENTALES

Está conformado por una serie de herramientas que nos permitirán controlar la forma en que actúa el personal y el medio ambiente de trabajo, esto a fin de prevenir las pérdidas (humanas y materiales) que se puedan presentar por la existencia de riesgos. Trabaja bajo los siguientes principios:

- a) La prevención de pérdidas debe constituirse en cada fase de los procesos de nuestra organización.
- b) La protección de los recursos de la organización sólo se logra mediante una metodología de prevención (no cuidándose de los riesgos, sino eliminarlos).
- c) La prevención de pérdidas es un proceso de mejora continua en la eficiencia de nuestras operaciones.
- d) La calidad, los costos, los tiempos de producción, la seguridad, son sólo el resultado de cómo hacemos nuestro trabajo, ninguna es más importante que otra.
- e) La prevención de pérdidas accidentales sólo es aplicada con éxito por quienes desarrollan y controlan las operaciones.

#### Esquema del sistema



## HERRAMIENTAS

### Control Estadístico:

Nos permite medir la efectividad del sistema (lo que no podemos medir no lo podemos controlar).

### Investigación de Accidentes e Incidentes:

Determinando las causas básicas que provocaron un accidente o un incidente podemos eliminarlas y evitar que este se vuelva a presentar.

### Control de operaciones:

Nos permite controlar la forma en que actúa el personal. Se subdivide a su vez en cuatro herramientas:

- a) *Análisis de Modo Falla – Efecto*. Permite identificar riesgos en las operaciones (controlado por Sistema de Calidad).
- b) *Hoja de instrucción de Operación*. Establece por escrito las actividades que debe realizar una persona (controlado por Sistema de Calidad).
- c) *Adiestramiento de trabajo*. Método práctico de enseñanza, permite capacitar al personal en la forma de aplicar Hojas de Instrucción de Operación.
- d) *Auditorías Internas*. Nos permitirán determinar si el personal aplica correctamente las Hojas de Instrucción de Operación.

### Control del Medio Ambiente:

Nos permite controlar el medio ambiente de trabajo. Se subdivide a su vez en tres herramientas:

- a) *Análisis del área.* Identificar los puntos de riesgo.
- b) *Listas de verificación.* Formatos para verificar las condiciones de nuestras áreas de trabajo.
- c) *Inspecciones planeadas.* Recorridos de chequeo, siguiendo las listas de verificación.

### Difusión:

Permite difundir al personal la información necesaria para el correcto funcionamiento del sistema, principalmente mediante las Pláticas de Prevención.

## **5.4 FORMACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO**

### **5.4.1. Determine la necesidad de formar un equipo de trabajo:**

- **Describe el trabajo a realizar:**
  - **Cuál es el propósito; pensar en términos de producción.**
  - **Cuál es el resultado que desea:**
    - ✓ **Quiere resolver un problema específico**
    - ✓ **Desea fabricar un producto nuevo**
    - ✓ **Quiere proporcionar un servicio**
    - ✓ **Quiere mejorar un proceso**
  - **Cuál es el valor agregado que va a proporcionar el equipo formado.**

- Determine qué tipo de equipo se necesita y cómo funcionará dentro de la organización. Es decir, el equipo será permanente o es sólo para ejecutar un proyecto, etc.
  - Quiénes y cómo apoyarán al equipo
  - Información que debe registrarse
  - Establecer el responsable de los resultados
  - Hoja de trabajo de justificación del equipo
  
- Seleccionar a los miembros del equipo. Escoger a gente creativa, personas que mantienen al equipo vinculado a las metas generales de la organización.
  - Definir al líder del equipo.
  - Defina si es conveniente incluir a personal de otros departamentos funciones distintas.
  - Incluya a personas que puedan visualizar el contexto completo.
  - Considere a personas capaces de realizar el trabajo de detalles.
  - De modo genérico tome en cuenta lo siguiente:
    - ✓ Qué tanto sabe la persona acerca del trabajo que estará involucrado el equipo.
    - ✓ El miembro potencial del equipo debe tener suficientes antecedentes y experiencia práctica en el área que se enfocará el equipo.
    - ✓ Defina las habilidades técnicas que debe ofrecer la persona para el trabajo del equipo.
    - ✓ Los integrantes deben tener un estilo de trabajo de colaboración (capacidad de comunicarse de manera eficaz, escuchar, deliberar, llegar a consenso).
    - ✓ La persona debe mostrar un interés genuino en el trabajo que el equipo realiza y un sentido de pertenencia.

## CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS DE TRABAJO

### ❖ *Equipos ya formados autónomos:*

Planean, administran y corrigen su propio trabajo

### ❖ *Equipos con autoridad compartida:*

Deben colaborar estrechamente con la Gerencia en la planeación, desempeño, administración y corrección. Actualmente, la mayoría de los equipos formados son de este tipo.

### ❖ *Equipos de proyecto:*

Formados por individuos de diferentes funciones o trabajos que laboran en una tarea específica además de su trabajo cotidiano. También se les denomina equipos interfuncionales dedicados a una tarea y solución de problemas. Se les puede asignar de tiempo completo, durante el tiempo que dura el proyecto. Se recomienda un número de integrantes de 6 a 9 personas para ser interactivo y altamente involucrado.

### **Diez pasos para obtener resultados en el equipo:**

#### 1) *Visualice el equipo:*

- ✓ Conocer a los demás, cuál es la razón de estar juntos
- ✓ Redactar la cédula del equipo, cual es la misión y propósito
- ✓ Dar inicio a la documentación
- ✓ Cuáles son los resultados que queremos, para cuándo

#### 2) *Asignar papeles:*

- ✓ Revisar las funciones del equipo
- ✓ Asignar funciones de líder, ayudante, integrante, promotor
- ✓ Cómo enfrentar los problemas típicos de las funciones dentro del equipo

#### 3) *Establecer las reglas:*

- ✓ Revisar los comportamientos saludables del equipo
- ✓ Determinar las pautas del equipo
- ✓ Agregar elementos a la cédula

**4) Planear el trabajo:**

- ✓ Establecer las metas principales
- ✓ Dividir las tareas
- ✓ Programar las tareas
- ✓ Asignar responsabilidades

**5) Hacer el trabajo:**

- ✓ Reunirse regularmente
- ✓ Actualizar partidas de acción
- ✓ Comunicarse
- ✓ Enfrentar los problemas

**6) Revisar el desempeño del equipo:**

- ✓ Completar la evaluación
- ✓ Llevar a cabo una discusión
- ✓ Decidir las acciones

**7) Completar el trabajo:**

- ✓ Orientar hacia la terminación de las tareas
- ✓ Sobreponerse a los problemas
- ✓ Documentar los resultados

**8) Publicar los resultados:**

- ✓ Establecer metas de comunicación
- ✓ Planear la comunicación
- ✓ Presentar y publicar los resultados

**9) Recompensar al equipo:**

- ✓ Celebrar los acontecimientos como equipo
- ✓ Dar reconocimiento al equipo dentro de la organización

## 10) Caminos a seguir:

- ✓ Dispersarse
- ✓ Reestructurarse
- ✓ Renovarse

## DIFERENCIAS DE TRABAJO TRADICIONAL VS TRABAJO EN EQUIPO

### Trabajo Tradicional

- ❖ Responsabilidad individual
- ❖ Metas individuales
- ❖ La atención se centra en desempeño individual
- ❖ Independencia
- ❖ Interacción poco frecuente
- ❖ Se estimula y valora la competencia
- ❖ Papeles funcionales individuales
- ❖ Complace al supervisor
- ❖ Este es mi trabajo
- ❖ Este no es mi trabajo

### Trabajo en equipo

- ❖ Responsabilidad mutua
- ❖ Metas compartidas
- ❖ La atención se centra en el desempeño del equipo
- ❖ Interdependencia
- ❖ Interacción frecuente
- ❖ Se valora la colaboración
- ❖ El equipo asume diversas funciones
- ❖ Respeto a sus compañeros
- ❖ Este es nuestro trabajo
- ❖ Qué puedo hacer para que todo el equipo tenga éxito

## REGLAS BÁSICAS DEL EQUIPO

- ✓ Realizar juntas programadas de manera regular.
- ✓ Asistir a todas las juntas.
- ✓ Comenzar y finalizar a tiempo las reuniones.
- ✓ Escuche a cada participante durante las juntas.
- ✓ Hable claro, no lleve agendas ocultas.
- ✓ Cuando se encuentre confundido, haga preguntas.
- ✓ Se puede estar en desacuerdo pero no humillar a los demás.
- ✓ En lugar de criticar, mejor ofrezca sugerencias.
- ✓ Sea abierto a todos los puntos de vista.
- ✓ Mantenga comunicación con todos.
- ✓ Mantenga las confidencias compartidas.

- ✓ Pida ayuda cuando la necesite.
- ✓ Todos los miembros comparten el trabajo del equipo.
- ✓ Cuando se tenga bloqueado o estancado un tema, crear una nueva solución o delegar la toma de decisiones.
- ✓ Evaluar todas las áreas importantes del trabajo.
- ✓ Ver al equipo como un todo.
- ✓ Evitar que algunos elementos se sientan apenados.
- ✓ Reconocer las fortalezas del equipo y áreas de mejora.
- ✓ Fomentar el análisis de resultados de los integrantes.

## **5.5 SISTEMA DE CALIDAD ISO 9002**

ISO son las siglas que identifican a la organización internacional que establece las normas de intercambio de bienes y servicios teniendo su sede en Ginebra, Suiza.

Su objetivo es el desarrollo y promoción de las normas internacionales de calidad para regular el criterio de aceptación de bienes y servicios hacia todos los países que se afilien, logrando así insumos confiables de proveedores en productos y servicios.

Las normas se basan en un mecanismo mediante el cual el comprador de un país puede estar seguro del "sistema de calidad" de un proveedor de otro país sin tener que auditarlo al establecer un contrato particular de compra.

En términos generales, si una compañía cumple con las normas y es aprobada a través de la certificación, esto será aceptado por los compradores como evidencia suficiente del aseguramiento de calidad.

La certificación de los sistemas de calidad es realizada por instituciones acreditadas por organismos oficiales de los diferentes países tales como DQS, Bureau Veritas Quality International, KPMG, UL, etc.

Los estándares ISO 9000 son un conjunto de normas que comprenden los sistemas, procedimientos, métodos de trabajo, especificaciones, seguimientos operacionales, auditorías, etc., que deben formar parte de un sistema de calidad que se usan para:

- Establecer y mantener un sistema de aseguramiento de calidad
- Satisfacer internamente los requisitos de calidad
- Satisfacer los requerimientos entre cliente y proveedor
- Captar beneficios tanto económicos como de permanencia en el mercado

Los estándares ISO están integrados y clasificados por medio de una numeración dependiendo del tipo de actividad de la organización que genere un bien o servicio.

### **Norma ISO 9000**

La norma que se denomina ISO 9000 comprende la administración y aseguramiento de calidad, directrices, selección y uso, siendo una guía para decidir cuál de las siguientes normas debe aplicarse a una empresa.

### **Norma ISO 9001**

Comprende sistemas de calidad, modelos para aseguramiento de la calidad en diseño, desarrollo, producción, instalaciones y servicios al cliente. Aplica a empresas que diseñan, fabrican y embarcan sus productos, dando además servicio post venta a sus clientes (por ejemplo, fabricación y venta de computadoras en donde la empresa diseña, fabrica, vende el producto y se responsabiliza del mantenimiento del mismo).

### **Norma ISO 9002**

Integra sistemas de calidad, modelos específicos para aseguramiento de calidad en producción y sus instalaciones. No comprende diseño ni servicio post venta. Ésta es la norma bajo la cual se certificará la empresa.

## **Norma ISO 9003**

Integra sistemas de calidad, modelos específicos para aseguramiento de calidad en pruebas analíticas e inspección final del producto. Aplica a empresas distribuidoras o comercializadoras de productos, sin que sean fabricados por ellas

## **Norma ISO 9004**

Directrices generales de la administración de calidad. Son las guías generales que se deben aplicar en las normas 9001, 9002 y 9003.

La norma **ISO 9000** contiene veinte elementos dictados en su capítulo cuatro, y por ellos se enumeran desde el 4.1 hasta el 4.20. La norma ISO 9002 no aplica los elementos *4.4 Control de Diseño* ni el *4.19 Servicio post venta*.

Los **objetivos de los elementos de la norma ISO 9002** son los siguientes:

### **4.1 Responsabilidad de la Dirección.**

Define los lineamientos que dicta la Dirección de la empresa para implementar y mantener el Sistema de Aseguramiento de Calidad.

### **4.2 Sistema de Calidad Corporativo.**

Describe la estructura del Sistema de Aseguramiento de Calidad de la empresa para lograr que los bienes y servicios que se proporcionan a los clientes cumplan los requerimientos acordados.

### **4.3 Revisión de Contrato Corporativo.**

Asegurar que los requerimientos de los clientes son verificados y acordados antes de aceptar un pedido y que la empresa tiene la capacidad de cumplirlos.

#### **4.5 Control de Documentos Corporativo.**

Establecer y mantener los lineamientos para el control de la documentación y datos relativos al Sistema de Aseguramiento de Calidad de la empresa.

#### **4.6 Adquisiciones Corporativo.**

Garantizar que la empresa cuenta con el oportuno y adecuado suministro de bienes y servicios dentro de las especificaciones acordadas en el contrato de compraventa con los proveedores nacionales y extranjeros.

#### **4.7 Control de Productos Proporcionados por el Cliente.**

Determinar la calidad de los productos suministrados por el cliente de tal forma que los procesos de la empresa no se interrumpan o afecten la calidad requerida por el mismo.

#### **4.8 Identificación y Rastreabilidad del producto.**

Definir la secuencia lógica de los mecanismos que permiten la rastreabilidad e identificación de los productos que se manufacturan en la empresa.

#### **4.9 Control de Proceso.**

Definir y planear los procesos de producción y servicios que afectan directamente la calidad de los bienes y servicios que suministra la empresa.

#### **4.10 Inspección y Prueba Corporativo.**

Verificar que se cumplen los requisitos especificados en calidad y funcionalidad en materiales recibidos y productos procesados en la empresa.

#### **4.11 Control de Equipo de Inspección, Medición y Prueba Corporativo.**

Demostrar la conformidad de los productos y procesos de la empresa a través de equipos calibrados, de los cuales se conoce su incertidumbre.

#### **4.12 Estado de Inspección y Prueba.**

Indicar la calidad de conformidad de los productos manufacturados en la empresa desde la inspección de materia prima hasta los productos terminados.

#### **4.13 Control de Producto No Conforme Corporativo.**

Evitar y controlar el uso de materiales y/o productos fuera de especificaciones antes y durante el proceso de manufactura así como devoluciones de clientes de la empresa.

#### **4.14 Acciones Correctivas y Preventivas.**

Eliminar las causas de no conformidad reales o potenciales en relación a la severidad y ocurrencia en materiales, productos o servicios de la empresa.

#### **4.15 Manejo, Almacenamiento, Empaque, Conservación y Entrega Corporativo.**

Asegurar la calidad de los productos manufacturados en la empresa y los requisitos especificados por el cliente se conservan durante el manejo, almacenamiento y entrega del mismo.

#### **4.16 Control de Registros de Calidad Corporativo.**

Indicar los lineamientos para identificar, compilar, acceder, archivar, almacenar, conservar y disponer de los registros de calidad en tiempo y forma.

#### **4.17 Auditorías Internas de Sistemas de Calidad Corporativas.**

Determinar la conformidad y efectividad de los elementos del Sistema de Aseguramiento de Calidad para el logro del propósito de la empresa.

#### **4.18 Capacitación.**

Establecer los lineamientos para detectar las necesidades de capacitación y calificación del personal respecto a las actividades que realiza y que están directamente correlacionadas a la calidad de los productos manufacturados en la empresa.

#### **4.20 Técnicas Estadísticas.**

Describir las actividades y secuencias del uso de las técnicas estadísticas para el control y habilidad de los procesos de manufactura de la empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

### Pet Container Manufacturing

Inter – Tech, Ltd.

1999

Inter – Tech, Ltd.

### Sidel Formación Proceso Pet

Sidel Centre de Formation – Octeville

2000

Sidel

### Extending the Use of Polyesters Packaging

Amoco Chemicals

1996

Amoco

### Prevention of Stress Crack Failures in Pet Bottles

Pet Systems Inc.

1998

Pet Systems Inc.

### Modern Plastics Encyclopedia Hand Book

Moder Plastics

1994

Mc Graw – Hill, Inc.

### George Odian

Principles of Polymerization

Wiley Interscience

1981

### James M. Douglas

Conceptual Design of Chemical Processes

Mc Graw – Hill, Inc.

1988

### Michael Hammer – James Champy

Reengineering the Corporation

Harper Collins Publishers, Inc.

1993

### Martin John Yate

Hiring The Best

Bob Adams, Inc.

1988

### Max S. Peters – Klaus D. Timmerhaus

Plant Design and Economics for Chemical Engineers

Mc Graw – Hill Book Company

1980