

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

A continuación se presentan las generalidades de la Empresa EMBOL S.A. Tarija, con contenidos como la descripción de la empresa, el área donde se encuentra ubicada geográficamente, los diversos procesos que se verifican.

1.1. Reseña Histórica.

En Diciembre de 1993 el directorio de Embotelladora Arica S.A. inicia una nueva etapa en el proceso de expansión de la empresa. Buscando franquicias de productos de Coca – Cola en Bolivia, donde se observa en este país una interesante oportunidad de ampliar su actividad.

En julio de 1995, Embotelladora Arica S.A., junto con el apoyo de The Coca-Cola Company, compra las franquicias de Coca-Cola en los territorios de La Paz, Cochabamba y Oruro.

El señor Orlando Piro Bórquez asume el cargo de Gerente General de EMBOL, cargo que desempeñaba hasta esa fecha en la planta de Arica, con más de treinta años de experiencia en el negocio de Coca-Cola.

En diciembre de 1995 y enero de 1997, comenzaron a funcionar dos nuevas plantas de soplado para botellas plásticas en las ciudades de Santa Cruz y La Paz, permitiendo de esa forma un ahorro significativo en el costo de los empaques plásticos.

En enero de 1996, la compañía tomó el control de las franquicias de Santa Cruz, Sucre y Tarija, administrando de esta forma el 96% del negocio de Coca-Cola en Bolivia.

1.2. Materias Primas e Insumos para EMBOL S.A. Tarija.

TABLA I-1: MATERIAS PRIMAS E INSUMOS PARA EMBOL S.A. TARIJA.

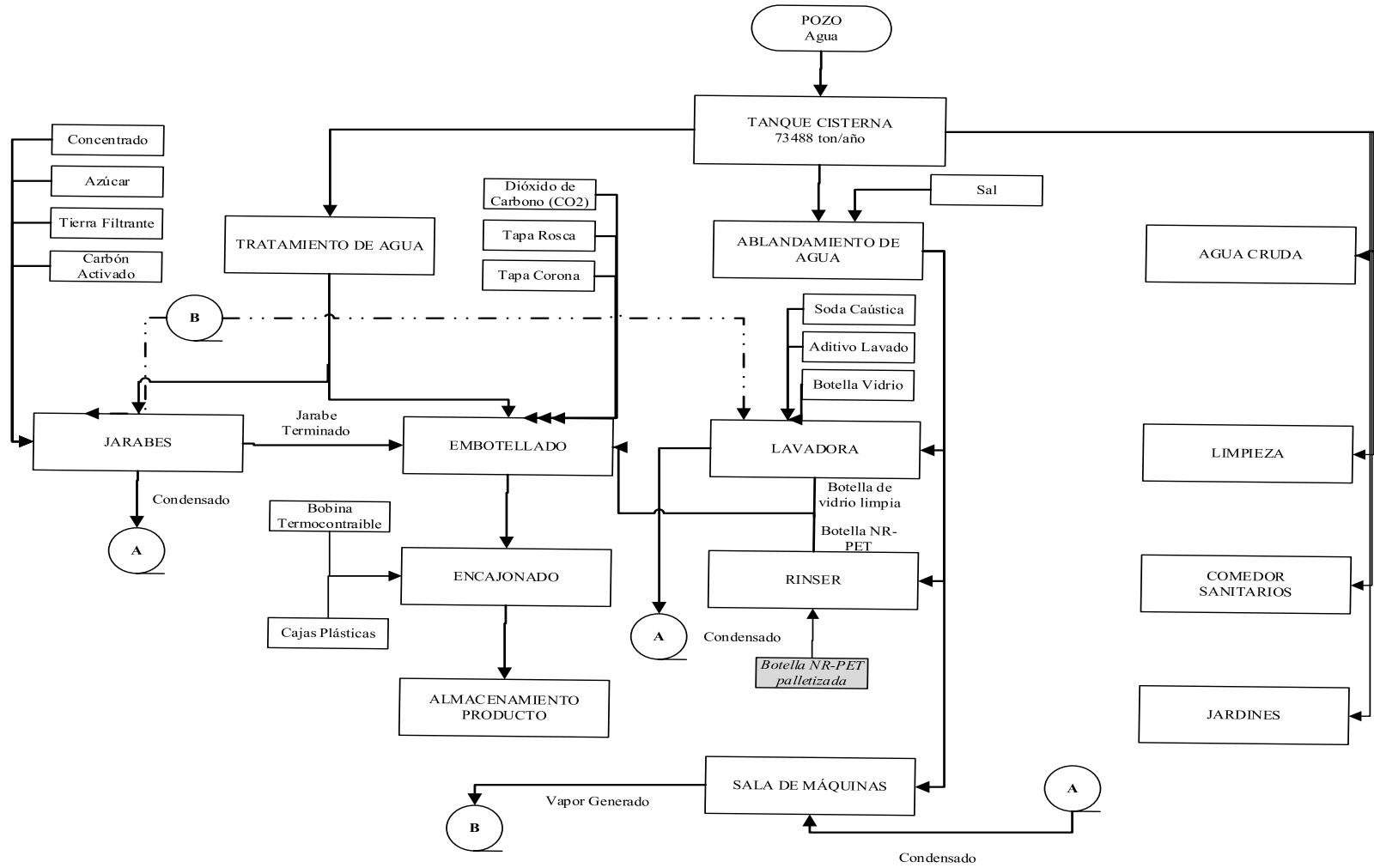
Las bebidas analcohólicas no fermentadas son elaboradas con agua tratada (agua potable tratada con un proceso físico – químico de múltiples barreras), gas carbónico, azúcar, saborizantes, acidulante, preservantes, estabilizantes y colorantes autorizados	
CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Estabilidad microbiológica	Elaborado a partir de buenas prácticas de manufactura e higiene, a un pH < 4,5 y un contenido de carbonatación > 1,7 Volúmenes, coadyuvados a su vez por preservantes autorizados.
Agua	El agua es uno de los principales ingredientes de las bebidas, la misma es sometida a procesos muy exigentes de tratamiento, para asegurarse que la misma cumpla con los requisitos de los organismos locales, la OMS y de The Coca Cola Company.
Azúcar	El azúcar utilizado para la producción de bebidas, es azúcar refinada y granulada, misma que viene en un envase de 46 kg, para la preparación de Jarabe Simple.
Concentrado	Los concentrados son un parte importante para la elaboración de las bebidas, cuyo uso primordial es dar el sabor y características apropiadas para el producto terminado, estas llegan en material sólido y líquido y las instrucciones de mezcla, que provienen directamente de The Coca Cola Company.
Gas Carbónico CO ₂	El dióxido de carbono se utiliza para la carbonatación de las bebidas que requieran según el producto y formato, el mismo llega en cisternas en estado gaseoso altamente comprimido a una temperatura de -30 °C.
Envases	Plástico PET One Way (2500 ml, 2000 ml, 1500 ml, 600 ml y 500 ml)
	Vidrio (1500 ml, 1000 ml, 600 ml y 190 ml)
Conservación de Ingredientes	Base de bebida líquida (parte de la esencia del sabor del producto): Almacenamiento de 4°C a 10°C y FEFO
	Base de bebida solida (parte de la esencia del sabor del producto): Almacenamiento de 15°C a 25°C y FEFO
	Azúcar: Almacenamiento en ambientes ventilados, con control para prevenir plagas y roedores, además del sistema de rotación FEFO
	Envases Nuevos: Almacenados a temperaturas inferiores a 35°C y humedad relativa menor al 50%, palletizados y protegidos con Strech Film
Embalaje	El producto contenido en botellas PET se embalan con plástico termocontraíble de:

TABLA I-1: MATERIAS PRIMAS E INSUMOS PARA EMBOL S.A. TARIJA.

Las bebidas analcohólicas no fermentadas son elaboradas con agua tratada (agua potable tratada con un proceso físico – químico de múltiples barreras), gas carbónico, azúcar, saborizantes, acidulante, preservantes, estabilizantes y colorantes autorizados		
CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN	
	- 6 botellas, para formatos de 2500 ml, 2000 ml y 1500 ml.	
	- 12 botellas, para formatos de 600ml y 500 ml	
	El producto contenido en botellas de vidrio se embalan en cajas plásticas de:	
	-24 botellas para 190 ml	
	- 12 botellas para 1000 ml y 600 ml	
	-08 botellas para 1500 ml	
Vida útil del Producto líquido	El tiempo de consumo preferente de las bebidas carbonatadas, se encuentra en función al volumen, material del envase y pérdida de gas carbónico que alteran el sabor del producto. A continuación se detalla el tiempo de vida útil de los productos:	
	- Plástico PET NR > 1000 ml	90 días
	- Plástico PET NR < 1000 ml	60 días
	- Vidrio	180 días
Etiquetado	A continuación se describe la información que puede ser encontrada en la etiqueta: Nombre del Producto. Sabor. Marca registrada. Contenido Neto. Ingredientes. Lugar y País de Origen. Número de Registro Sanitario. Teléfono de información al consumidor.	
Almacenamiento en Planta	Los productos son guardados dentro de los almacenes de la planta, bajo techo y sobre pallets, protegiéndolo de la acción del sol, y variaciones bruscas de temperatura	
Intención de Uso	Consumo humano directo	
Almacenamiento y Distribución	A temperatura ambiente, evitando la exposición al sol.	

Fuente: EMBOL S.A. 2015

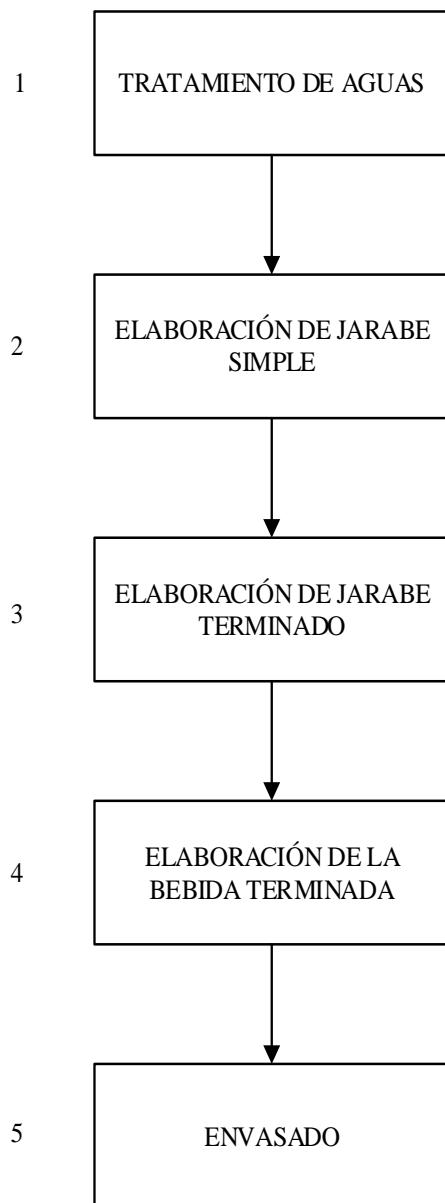
Figura 1.1:
Diagrama General del Proceso de Producción de EMBOL S.A. Tarija.



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2015.

Como se observa en la Figura 1.1, el proceso de producción, consta de varias etapas, las mismas que se pueden resumir de la siguiente forma:

Figura 1.2: Resumen General del Proceso de Producción de EMBOL S.A. Tarija.



1.- Se tiene un sistema de tratamiento de múltiple barrera, la cual consta de un tanque reactor, en donde se adiciona hipoclorito de sodio, hidróxido de calcio y cloruro férrico, dando lugar a un proceso fisicoquímico de coagulación y floculación, posteriormente el agua pasa a un filtro de arena, luego a un filtro de carbón y por ultimo a un filtro pulidor. Punto en el cual ya se considera un agua tratada que cumple con todas las especificaciones de EMBOL Tarija

2.- El jarabe simple es una mezcla de agua y azúcar, en un rango de concentración de 52 y 64 °Brix. Para preparar el jarabe simple se necesita: agua, azúcar, tierras diatomeas y carbón activo, en donde el carbón activo sirve para adsorber todo tipo de impurezas que se encuentren en el jarabe, dando al mismo un grado de transparencia, y las tierras forman una precapa en el filtro de jarabe para retener todo tipo de partículas durante la etapa de filtración, donde previamente el jarabe tuvo que pasar por un proceso de pasteurizado a una temperatura de 80 °C por un tiempo de 1 hora. Una vez filtrado el jarabe pasa por dos intercambiadores de calor, en donde el primero utiliza como liquido refrigerante agua (torre de refrigeración) y el segundo utiliza glicol, saliendo de este ultimo intercambiador a una temperatura de 12 °C.

3.- El jarabe simple y las bases o concentrados de la bebida, misma que contiene ingredientes puros y esencias que otorgan sabor, color y olor en proporción tal que el producto se encuentre dentro de los parámetros de la compañía.

4.- El jarabe terminado y el agua tratada se mezclan y dosifican en las proporciones adecuadas en un vaso de mezcla, la bebida posteriormente pasa a un intercambiador de calor, del cual sale a una temperatura de 1 °C, punto crucial para llevarlo al tanque carbonatador, el cual se encuentra saturado con CO₂, a presiones elevadas, en el mencionado tanque se da la transferencia de masa, mezclándose la bebida con el gas carbónico.

5.- Como se observa en la Figura 2.4, existen dos tipos de procesos diferentes de envasado, según sea para envases retornables (Vidrio) y no retornables (botellas plásticas de PET), para ambos casos se realiza un despaletizado para alimentar de botellas a la línea, para la línea de PET, se tiene un enjuagador de agua a presión y para las botellas de vidrio se tiene una lavadora de botellas que funciona con NaOH y temperaturas entre los 55 y 65°C. Posterior a esta etapa se realiza una inspección post lavado o enjuagado y se procede con el llenado y tapado hermético del producto, luego viene una inspección de nivel Post llenado y por ultimo el codificado y encajonado o ensachetado.

1.2.1. Materias Primas e Insumos en la Planta de Soplado de Envases PET.

Actualmente para la producción de botellas PET, se requieren las siguientes materias primas:

Preforma.- Son requeridas preformas de dos tipos de diseño, las cuales se encuentran ya estandarizadas, con un finish¹ 28 mm PCO STD y autorizadas para la producción en la compañía.

Los pesos estándares de preformas utilizadas para la producción de botellas PET se detallan en el siguiente cuadro:

TABLA I-2: Pesos de Preformas.

FORMATO	PESO PREFORMA
2500 cm ³	56 gr
2000 cm ³	52 gr
1500 cm ³	48 gr
600 cm ³	24 gr
500 cm ³	24 gr

Fuente: Elaboración Propia 2014

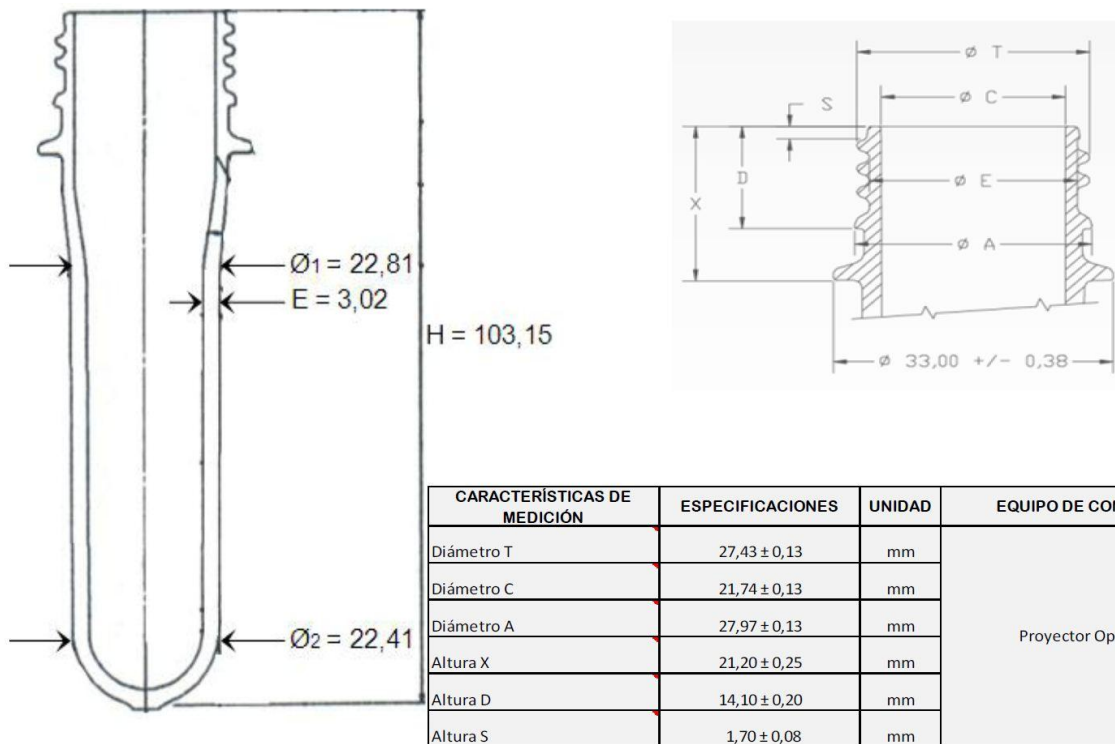
Para todos los tipos de sabores, respectivamente.

Son demandadas preformas de dos tipos de colores de preformas: cristal y verde; la verde es utilizada para el sabor Sprite, en todos los formatos; mientras la cristal se utiliza en la producción de Coca Cola, Fanta, Simba y Mineragua en todos sus formatos.

Se usan dos modelos de preformas, para los formatos < 600 ml., se usa el siguiente modelo de preforma:

¹ Denominado también como “acabado de cuello”, es la parte de la botella y preforma que hace referencia a la parte superior de la misma, donde encaja la tapa o elemento de cierre .

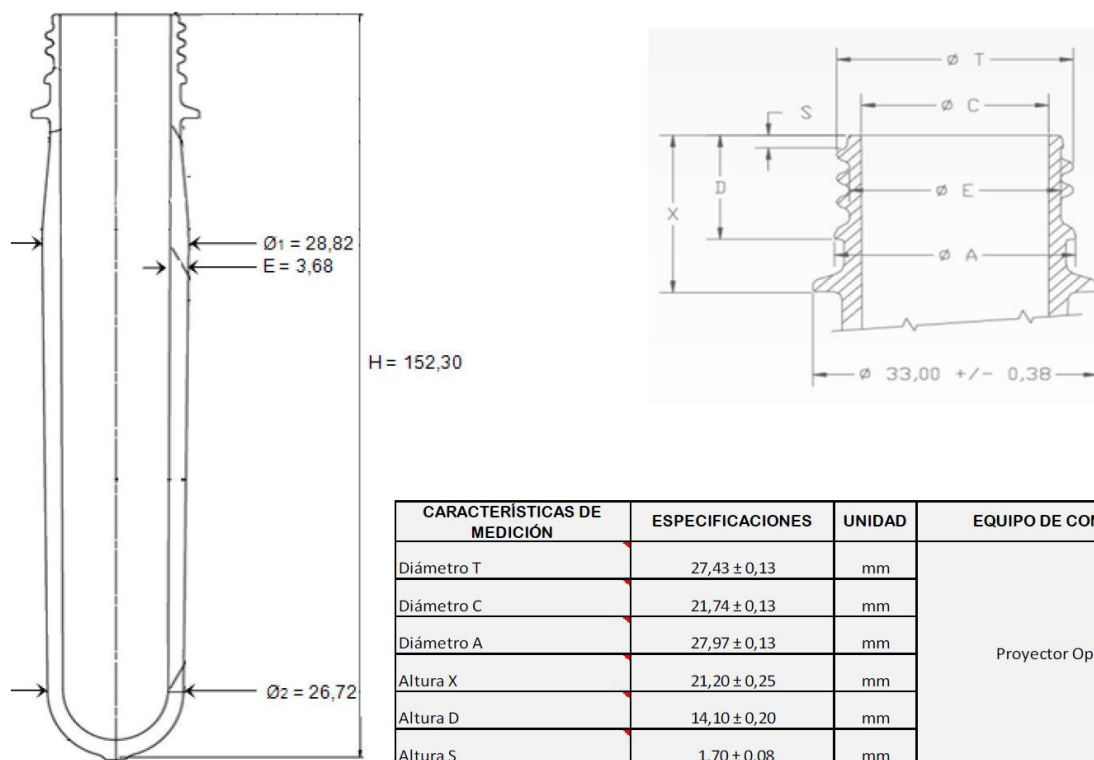
Figura 1-3:
Plano de Preforma para Formatos Menores a 600 ml.



Fuente: EMPACAR S.A. 2015

Para los formatos > a 600 ml., se usa el siguiente modelo de preforma:

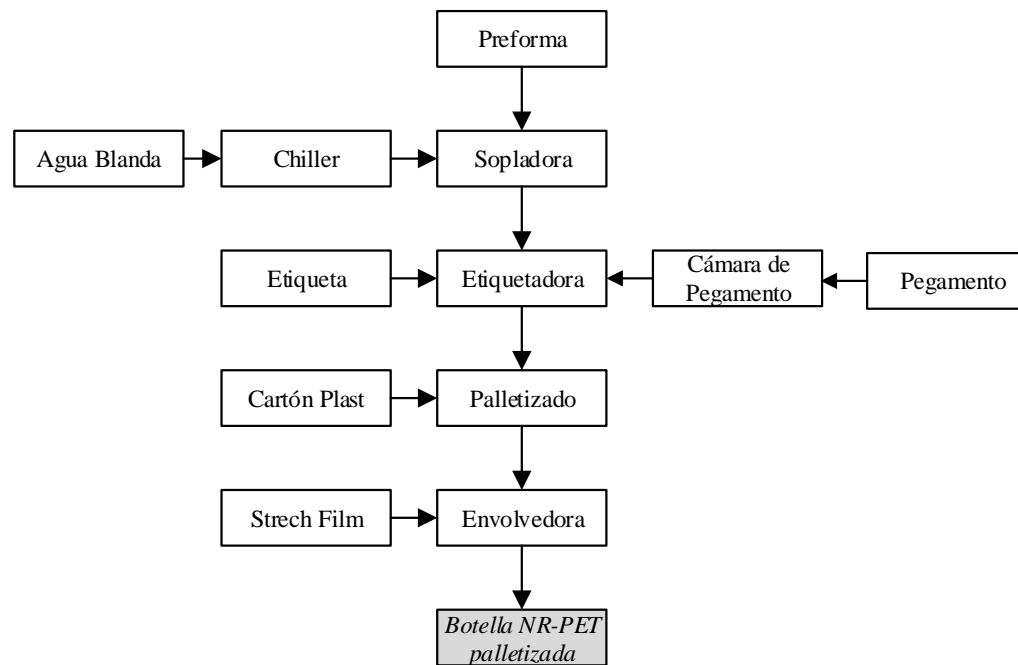
Figura 1-4:
Plano de Preforma Para Formatos Mayores a 600 ml.



Fuente: EMPACAR S.A. 2015

- Etiqueta.- La función de la etiqueta es identificar, describir, diferenciar al producto, cumpliendo con el servicio al cliente y con las leyes, normativas o regulaciones establecidas en el sector.

**Figura 1-5:
Diagrama del Proceso de Soplado**



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2015.

1.3. Localización de la Planta.

La planta se encuentra ubicada geográficamente:

- Latitud: 21°33'74" S
- Longitud: 64°41'75" O

Figura 1-6:
Descripción Gráfica: Ubicación de EMBOL S.A. Tarija.



Fuente: Google Earth (Imágenes tomadas el 12/12/15)

Alrededor de la empresa se desarrollan las siguientes actividades:

- Al norte aproximadamente a 500 m, colinda con una estación distribuidora de combustible de gasolina, una estación de servicio de gas natural comprimido y con la cárcel pública. Entre la unidad industrial y las otras empresas e instituciones mencionadas, se encuentran varias viviendas.
- Al sur colinda con Bodegas Kohlberg industria adyacente y una faineadora de pollos Avícola Andaluz.
- Al oeste aproximadamente a 50 m colinda con la industria Láctea PROLAC, de la cual está separada por una calle y una vivienda.

1.3.1. Descripción del Entorno de EMBOL S.A. Tarija.

1.3.1.1. Aspectos Abióticos.

1.3.1.1.1. Clima y Meteorología.

La empresa se encuentra ubicada en el valle central de Tarija, el cual se caracteriza por tener un clima templado. Según estudios de la estación meteorológica “El Tejar²” tomando como base 18 años de observación las características climáticas de la zona son:

TABLA I-3: DATOS HISTÓRICOS DE LOS ASPECTOS CLIMÁTICOS EN LA CIUDAD DE TARIJA.

AÑO	PRECIPITACIÓN PLUVIAL TOTAL (mm)	HUMEDAD RELATIVA MEDIA ANUAL (%)	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO (°C)
1994	103,40	62,60	18,60	27,30	9,90
1995	105,80	63,10	18,30	27,10	9,40
1996	215,20	65,40	17,90	26,10	9,70
1997	118,50	64,30	18,90	27,60	10,20
1998	116,50	62,50	18,40	26,50	10,30
1999	91,30	62,00	17,40	25,30	9,60
2000	239,90	62,00	17,90	25,80	9,90
2001	146,60	60,10	18,20	26,50	10,00
2002	44,40	58,30	18,70	27,00	10,40
2003	141,00	64,90	19,40	27,50	10,50
2004	78,70	70,00	18,40	26,40	10,40
2005	120,70	66,60	18,00	26,20	9,90
2006	154,30	67,50	18,30	26,50	10,20
2007	159,80	66,50	18,20	26,50	9,80
2008	153,20	75,60	17,60	25,50	9,80
2009	103,00	73,00	18,80	27,00	9,50
2010	82,70	65,20	18,10	27,20	9,10
2011	123,60	80,00	18,50	26,90	10,20
2012	186,40	84,60	19,20	27,30	9,50
PROMEDIO	130,79	67,06	18,36	26,64	9,91

Fuente: Estación meteorológica "El Tejar" 2015

² El tejar: Estación meteorológica de 3er Orden que se encuentra operado por el SENAMHI, en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

1.3.1.1.2. Recursos Hídricos.

La empresa se encuentra sobre el manto acuífero a 158 metros de profundidad, el cual tiene una dirección de Norte a Sur. De esta forma la empresa extrae el agua, mediante una bomba de pozo ubicado en los predios de la empresa, el mismo que se perforó hasta una profundidad de 160 m. con la siguiente ubicación de los filtros:

TABLA I-4: Ubicación de los Filtros del Conducto del Pozo Acuífero.

DESDE (m)	HASTA (m)	DESCRIPCIÓN DEL CONDUCTO
0,00	103,20	Cañería de 6 pulgadas
103,20	106,24	Filtro de 6 pulgadas
106,24	112,28	Cañería de 6 pulgadas
112,28	115,32	Filtro de 6 pulgadas
115,32	118,32	Cañería de 6 pulgadas
118,32	121,36	Filtro de 6 pulgadas
121,36	139,48	Cañería de 6 pulgadas
139,48	142,78	Filtro de 6 pulgadas
142,78	151,76	Cañería de 6 pulgadas
151,76	155,00	Filtro de 6 pulgadas
155,00	158,00	Decantador de 6 pulgadas

Fuente: Manual de Tratamiento de Aguas de EMBOL S.A. Tarija 2015

Es importante señalar que para proteger dichos filtros y cañerías, el espacio anular entre el ducto y la pared se rellenó con grava clasificada, construyéndose el sello sanitario de acuerdo a normas de sanidad, rellenando con hormigón simple.

El caudal de producción de agua de pozo es de 25000 l/h, la cual es enviada para su almacenamiento en un tanque cisterna a través de una cañería de hierro galvanizado de 2 pulgadas de diámetro.

TABLA I-5: Propiedades Físicoquímicas del Agua de Pozo utilizada en EMBOL S.A. Tarija

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO DISUELTO
Alcalinidad (CaCO ₃)	mg/l	52,3
Bromuro	mg/l	N/A
Cloruro (Cl)	mg/l	N/A
Color	TCU	2,8
Conductividad eléctrica	us/cm	327
Fluoruro (F ⁻)	mg/l	N/A
Dureza (CaCO ₃ + MgCO ₃)	mg/l	63,2
Ioduro	mg/l	N/A
Nitrato (NO ₃ -N)	mg/l	0,73
Nitrito (NO ₂ -N)	ug/l	0,1
pH	unidades de pH	7,57
Fosfato (TP ₄ O ₃ -P)	ug/l	0,05
Sulfato (S ₄ O ₂ ⁻)	mg/l	37
Sólidos disueltos totales	mg/l	8,68
Sólidos suspendidos totales	mg/l	2,48
Turbidez	NTU	1,05

Fuente: Cavendish Analytical Laboratory Ltd de Columbia Estados Unidos. 2015

El agua extraída es separada, tratada y clasificada en: agua cruda, agua tratada y agua blanda.

1.4. Servicios Auxiliares.

La unidad industrial, cuenta con los servicios de:

TABLA I-6: SERVICIOS AUXILIARES.

SERVICIO	EMPRESA PROVEEDORA	CONSUMO ANUAL PROMEDIO	BOB
Energía Eléctrica	SETAR	1817250 KW	922096.84
Consumo de Agua de Pozo	COSAALT	64.485.265 lt	25485339.12
Recojo residuos sólidos	EMAT	10450 kg	1800
Gas natural	EMTAGAS	89946.53 m ³	38865.09

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos de EMBOL S.A. Tarija 2016

1.4.1. Energía Eléctrica.

La planta cuenta con su propia subestación de energía eléctrico, misma que está destinada a modificar y establecer los niveles de tención de la infraestructura electica de la planta, facilitando de esta forma la transmisión y distribución de la energía eléctrica, la planta cuenta con energía bifásica (220 V) y trifásica (380 V).

La planta cuenta con los siguientes equipos, los cuales están conectados a una red trifásica:

Tabla I-7: BREVE DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DISPONIBLES EN EMBOL S.A. Tarija.			
EQUIPO	DESCRIPCIÓN	EQUIPO	DESCRIPCIÓN
Compresor de Amoniaco L-106	Equipo utilizado en la línea de frio, que se encarga de la compresión del gas amoniaco, para la transferencia de energía con el glicol.	Llenadora	Equipo que se utiliza para realizar el llenado de las botellas
Compresor de Amoniaco L-108	Equipo utilizado en la línea de frío, que se encarga de la compresión del gas amoniaco, para la transferencia de energía con el glicol.	Rinser	Envía agua a elevada presión para enjuagar las botellas PET.

Tabla I-7: BREVE DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DISPONIBLES EN EMBOL S.A. Tarija.			
EQUIPO	DESCRIPCIÓN	EQUIPO	DESCRIPCIÓN
Compresor de Aire Ingersoll Rand	Equipo utilizado para el suministro de aire a presión para el proceso de soplado, requerimiento que llega hasta los 40 BAR.	Equipo Inspector de botellas	Inspecciona cada botella de vidrio que pasa por la línea, para ver que las mismas se encuentren sin ningún tipo de defecto.
Compresor de Aire Atlas Copco	Compresor de Aire destinado a las líneas neumáticas de la planta, alimenta equipos como la llenadora, robots encajonador, desencajonador de botellas, Equipo inspector de botellas, etiqueradora, etc.	Capsulador	Equipo que se encarga de realizar el cierre hermético de la botella con la tapa.
Water Chiller	Equipo encargado de refrigerar el agua, destinada a la refrigeración de la botella soplado PET.	Codificador (2)	Se tiene un equipo para los formatos de vidrio y el otro para los formatos de OW.
Caldero Gonella	Caldero utilizado para la generación de vapor y posterior alimentación a la zona de Jarabes y Lavadora de Botellas.	Túnel Termocontraible	Funciona a una temperatura superior a los 150 °C, misma que se consigue a través de resistencias dentro del horno.

Tabla I-7: BREVE DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DISPONIBLES EN EMBOL S.A. Tarija.			
EQUIPO	DESCRIPCIÓN	EQUIPO	DESCRIPCIÓN
Caldero Fulton	Caldero que se utiliza, cuando ocurre alguna falla con el caldero principal gonella o está en mantenimiento.	Robot Encajonador	Equipo encargado de encajonar las botellas de vidrio producidas en la línea de embotellado
Torres de Enfriamiento (2)	Las torres utilizan agua como líquido refrigerante, una torre se encuentra en la zona de Jarabes y la otra para la zona de Soplado de botellas PET.	Robot Des Encajonador	Equipo que sirve para sacar las botellas de vidrio que vienen del mercado y destinarlas a la lavadora de botellas
Condensador	Equipo utilizado para la línea de Frío	Bombas	Se tienen una gran cantidad de bombas por toda la planta, como la zona de aguas, zona de jarabes, embotellado, etc.
Lavadora de Botellas	Equipo utilizado para lavar las botellas de vidrio que retornan del mercado.		

Fuente: Elaboración Propia, a partir de datos de EMBOL S.A.

1.4.2. Consumo de Agua de Pozo.

EMBOL S.A. Tarija, tiene un pozo perforado dentro del área de la empresa, mismo que por el cual, se paga un monto variable, de acuerdo al caudal

consumido, a la empresa COSAALT. El agua de pozo posteriormente por un sistema de bombas y cañerías se destina a la zona de tratamiento de aguas, aguas de servicio y agua blanda.

EMBOL S.A. tiene su sistema de tuberías y construcciones destinado para la recogida y transporte de las aguas residuales, industriales y pluviales, que se generan en la planta, así mismo se encuentran identificados los cursos y los pozos de inspección, que son cámaras verticales que permiten el acceso a las alcantarillas y colectores, para facilitar el mantenimiento

1.4.3. Recojo de Residuos Sólidos.

La empresa EMAT, es la encargada de entrar 3 veces por semana a planta, para el acopio de desecho común y desecho bio-infeccioso, los residuos de plástico y vidrio son destinados al reciclaje.

Los residuos comunes, plásticos y de vidrio (blanco y verde) tienen su ubicación en una fosa separada para los 4 tipos de residuos. El desecho bio-infeccioso se encuentra en contenedores mucho más pequeños y en áreas específicas, debido al bajo volumen generado.

1.4.4. Gas Natural.

El consumo de gas natural en planta, se encuentra destinado a 2 sectores distintos, la cocina (consumo de 3.2 %) y el área de producción, donde, el caldero tiene la mayor demanda de gas natural, debido a la elevada producción de vapor de agua, mismo que se destina a la zona de jarabes y la zona de lavado de botellas.

1.5. Manejo de Materiales.

“El Manejo de Materiales significa proveer la cantidad correcta del material correcto, en las condiciones adecuadas, en el lugar correcto, en a posición correcta, en la secuencia correcta y por el costo correcto utilizando los métodos adecuados”

El proceso de fabricación comienza con la recepción de las materias primas, para verificar las especificaciones de calidad. Las materias primas son agua, azúcar, concentrado y gas carbónico.

Los insumos necesarios para la producción son Tapas, ya sea en Rosca o Corona, según el tipo de envase; Preformas que serán utilizadas posteriormente en el proceso de soplado; plástico termocontraible, destinado para cumplir la función de empaque, para contener los envases individuales, protegerlos y facilitar su manipulación; Cajas plásticas, que es el empaque contenedor de las botellas de vidrio, Etiquetas, las mismas donde se encuentran los datos de la leyenda, marca, inscripción u otra imagen descriptiva o gráfica.

Cada vez que llega un nuevo camión con alguna de las materias primas o insumos descritos anteriormente, el personal encargado de almacén realiza el control de cumplimiento del pedido, verificando en la hoja del material, que se tiene la cantidad y las características de calidad. Una vez dado el Visto Bueno del personal de Almacén, se procede con la descarga en el mismo y se solicita al Departamento de Aseguramiento de Calidad realizar la toma de muestra correspondiente, según los procedimientos del sistema de gestión integrado, para comprobar el cumplimiento de los requisitos de calidad y aprobar el lote o en su defecto etiquetarlo como producto observado, al cual se le realizará una contra-muestra y de no ser aprobado, se etiqueta como material no conforme y se comunica al proveedor.

1.5.1. Departamento de Almacenes.

La empresa cuenta con un sistema de almacenes los cuales se encuentran centralizados a través de una red internacional, denominada “SAP” la cual mejora de manera eficiente el manejo de la materia prima controlando a través de este, el stock, reservas, pedidos, etc., y evita el uso incorrecto de los bienes de la empresa.

Esta estructura orgánica y funcional de la empresa es muy importante pues es la que cumple con el abastecimiento continuo de materiales, materias primas y repuestos, entre otros, teniendo como su objetivo principal: el resguardo, la custodia y el control de los materiales entrantes y los que se encuentran dentro del mismo³.

Los diferentes materiales vienen empacados en cajas que se acomodan en pallets, para ser almacenados adecuadamente en el área de suministros, la cual consta de una infraestructura cubierta por completo para proteger los materiales de la radiación solar y mantenerlos en óptimas condiciones, hasta el momento en que se precise su utilización.

Los materiales se almacenan según sectores, por ejemplo, se tiene un sector destinado a preformas, las cuales se ordenan en función a la fecha de vencimiento, el color, el peso y material del que están compuestas; otro sector para las cajas de tapas en sus diferentes presentaciones; también otro para las etiquetas de los diferentes productos y así para cada material que ingresa al almacén de materiales. Tomar en cuenta que el área aproximada del almacén ronda los 700 m²

De esta forma los mismos mantienen el stock necesario, para satisfacer las

³ EMBOL S.A.

demandas de materiales, materias primas, insumos directos o indirectos, según sea la demanda de la empresa.

1.5.2. Departamento de Logística.

El departamento de logística es el encargado de hacer uso correcto de todos los materiales para la producción de los productos descritos anteriormente, haciendo uso de los mismos en el lugar y momento adecuado, evitando de esta forma pérdidas de tiempo, espacio mal ocupado, lento movimiento de los materiales y cambiando totalmente los planes de producción y entrega del producto.

De esta forma se realizan los planes de producción, según el stock de producto y la demanda del mismo. También se toman otros aspectos como la rotación del producto terminado FEFO⁴ y el espacio de almacenamiento del producto.

1.5.3. Departamento de Producción.

El departamento de producción son los encargados directos de la utilización de estos insumos, identificar e informar sobre irregularidades, que puedan traer consigo una variación en el plan de producción, para dar en todo momento una producción continua.

1.5.4. Manejo de Materiales de la Planta de Soplado.

En el “Plan de Producción de Soplado” se encuentran los materiales necesarios para la producción de toda la semana, materiales como preformas, etiquetas, stretch film⁵, etc.

⁴ First Expired First Out

⁵ Plástico para paletizar o para envolver.

Cualquier materia prima, insumo directo o indirecto, antes de su utilización debe ser aprobado y liberado por el departamento de control de calidad, los cuales se basan en métodos de muestreo muy estrictos, pruebas y documentación correcta del material⁶. Una vez que el material es liberado por control de calidad, almacén puede contar con el stock del material.

Los materiales necesarios, para la producción de botellas NR-PET, se detalla a continuación:

1.5.4.1.Preformas.

Las preformas son traídas con un día anticipación del almacén local, esto dependiendo del “Plan de Producción de Soplado” en el cual indica la cantidad y tipo de cajas de preformas necesarias para la producción de todo el día.

Una caja de preformas contiene 7000 unidades, las cuales a una velocidad o cadencia de soplado de la máquina de 2000 botellas/hora con una eficiencia de línea del 87%, tarda un tiempo aproximado de 4 horas en agotarse. Razón por la cual se traen con un día de anticipación una cantidad de 6 cajas de preformas por día, abasteciendo de esta forma un tiempo de 24 horas. Tiempo suficiente para poder abastecer nuevamente con otra carga de cajas de preformas y no saturar el almacén en planta con espacio físico inoperativo⁷.

1.5.4.2.Etiqueta para Botellas PET.

Las etiquetas utilizadas son etiquetas tipo lamina (Bobina) las cuales llegan con una cantidad de 10000 piezas, mismas que en una producción normal, alcanza para 5 horas de producción, cada rollo.

⁶ Certificados de control de calidad del proveedor.

⁷ EMBOL S.A. Tarija

Los rollos al contar con un diámetro de 80 cm, y una altura de 10 cm, ocupan poco espacio por lo cual se puede almacenar dentro de planta (en un almacén especial) una cantidad suficiente para una producción de 20 días. Al existir un sistema de control minucioso y computarizado, es fácil alertar cualquier irregularidad en el almacenaje⁸.

1.5.4.3. Pegamento Para Etiqueta.

El pegamento utilizado es “Adhesivo Hot Melt⁹ EVA” un pegamento sólido de alto rendimiento basado en polímeros EVA (Acetato de vinilo – etileno). El pegamento viene en barras de 1 kg y son 100% sólidos, estos deben ser colocados a la cámara del pegamento el cual se encuentra a una temperatura de 125 °C, para que el mismo se transforme en líquido y pueda ser inyectado a la etiqueta.

1.5.4.4. Cartón Plast.

El cartón plast es ampliamente utilizado como un separador reutilizable, para la separación de hojas divisorias en el transporte de contenedores de los envases plásticos PET, especialmente utilizados para la industria alimenticia. El material es 100% Polipropileno y Polietileno de alta densidad. Al estar en contacto directo con el envase, tiene la aprobación de la FDA¹⁰ y también las autoridades sanitarias de Japón. Los envases plásticos NR-PET producidos en la planta de soplado son almacenados en pallets los cuales contienen la siguiente separación:

⁸ EMBOL S.A. Tarija

⁹ Fusión en Caliente

¹⁰ Food and drugs administration, en E.U.A.

TABLA I-8: DISPOSICIÓN DEL PALLETIZADO.

BOTELLA	BOTELLA/PALLET	CAMADAS	BOTELLA/CAMADA
2500 ml	672	7	96
2000 ml	819	7	117
1500 ml	1050	7	150
600 ml	2870	10	287
500 ml	2870	10	287

Fuente: Elaboración Propia 2015

Como se observa en la tabla II.7, se requieren 7 cartones plast por pallet de 1500, 2000 y 2500 ml.

1.5.4.5. Strech Film.

Llamado también plástico para paletizar o plástico industrial para envolver, es una fina lámina, estirable de muy elevada transparencia, que es fabricada a base de polietileno de baja densidad cuya resistencia mecánica y bajo espesor lo hacen ideal para el palletizado de mercancía o envases a bajo costo.

Se adquieren bobinas de dos tipos: de 4.5 kg y de 10 kg, las cuales se distribuyen de acuerdo al lugar de uso.

Las bobinas de 4.5 kg son utilizadas para envolver producto terminado del área de producción, deben tener ese peso, puesto que el trabajo se realiza de forma manual. Las bobinas de 10 kg son utilizadas específicamente, para el área de soplado, el peso no es inconveniente, pues se tienen una envolvedora automática.

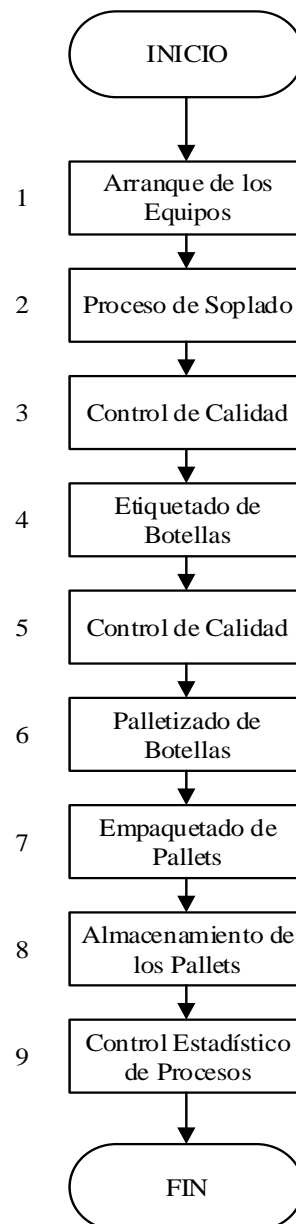
Una bobina de 10 kg alcanza para envolver un promedio de 40 pallets, con tres

capas de stretch film. El pedido de este insumo se lo hace de manera semanal y almacenan en el área de soplado, pues no ocupa un área muy considerable.

1.6. Operación y Control de la Planta de Soplado.

A continuación se desarrollan los esquemas técnicos de la planta de soplado:

Figura 1.7: Diagrama de Flujo del Proceso



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2015

1.6.1. Arranque de los Equipos de Soplado.

1.6.1.1. Verificación de las Condiciones de Operación del Equipo.

Antes de arrancar cualquier equipo, es muy importante verificar que los mismos cumplan con los requerimientos de flujos, temperatura, presión, etc., esto con la finalidad de operar los equipos en las condiciones normales.

De esta forma se evitan riesgos innecesarios, tanto para las personas como también para la planta.

A continuación se detallan las condiciones de operación de los equipos pertenecientes a la planta de soplado de botellas PET:

TABLA I-9: CONDICIONES DE OPERACIÓN.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	CONDICIONES DE OPERACIÓN
Secador de Aire: Ingersoll Rand, Compressed Air Dryer, modelo HP450AE35SP		Antes del funcionamiento del equipo, el mismo debe estar conectado por un tiempo mínimo de 4 horas.

TABLA I-9: CONDICIONES DE OPERACIÓN.



EQUIPO	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	CONDICIONES DE OPERACIÓN
Torre de enfriamiento de agua 'DZ' modelo M1-1-V1000Z-1,5		<p>Se deberá verificar lo siguiente:</p> <p>Nivel de agua en la base de la torre</p> <p>Funcionamiento del ventilador</p> <p>Funcionamiento de la bomba, encargada de mandar agua al compresor</p> <p>Verificar el recorrido del flujo de agua</p> <p>La presión del flujo de agua que llega al compresor, debe encontrarse entre 413 y 482 kPa.</p>
Water chiller: Mecalor, modelo GA-15-RI-380*/C		<p>Verificar la válvula de paso de agua en el circuito</p> <p>La temperatura del agua de salida debe ser menor a 15°C</p>

TABLA I-9: CONDICIONES DE OPERACIÓN.



EQUIPO	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	CONDICIONES DE OPERACIÓN
<p>Compresor auxiliar: Compressor Atlas Copco, modelo GA30</p>	 <p>A large industrial blue compressor unit with 'Atlas Copco' and 'GA30 VSD' branding. It features a large 'G' logo on the front panel and a control panel on the right side.</p>	<p>Verificar que las válvulas del compresor se encuentren abiertas</p> <p>Verificar que el interruptor se encuentra en descarga</p> <p>Realizar la purga de la línea antes del encendido del equipo y cada dos horas durante la operación del mismo.</p>
<p>Compresor de alta presión: Ingersoll Rand Air Compressors, modelo PHE-NL</p>	 <p>A complex industrial high-pressure compressor system with blue and yellow components, including pipes, valves, and a control panel, mounted on a blue base.</p>	<p>Verificar que la presión se encuentre por encima de los 1000 kPa.</p> <p>Verificar el nivel de aceite</p> <p>Verificar el nivel de agua de enfriamiento</p> <p>Verificar que la presión de agua antes de arrancar, debe ser mayor a 103 kPa.</p> <p>Verificar el recorrido del caudal de agua en el circuito.</p> <p>Verificar que el equipo se encuentre energizado.</p> <p>Después del arranque se debe verificar la</p>

TABLA I-9: CONDICIONES DE OPERACIÓN.




EQUIPO	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	CONDICIONES DE OPERACIÓN
		temperatura del agua cada dos horas <ul style="list-style-type: none"> - TA no debe exceder 43 °C - TB no debe exceder 49 °C - TC no debe exceder 43 °C - TD no debe exceder 43 °C - TE no debe exceder 43 °C - TF no debe exceder 43 °C
Sopladora: SIDEL SBO 2/3		Verificar que la temperatura del agua sea menor a 15°C Presión de aire en 4000 kPa Verificar que el variador del motor principal se encuentre encendido Verificar que la tolva se encuentre con preformas

TABLA I-9: CONDICIONES DE OPERACIÓN.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	CONDICIONES DE OPERACIÓN
		Verificar que el freno neumático se encuentre desactivado.
		Verificar la rotación de la rueda de soplado.
		Verificar que no exista rozamiento en la base de los moldes.
		Verificar el engrase de los bloqueadores y la regulación de los mismos
		Verificar la subida y la bajada de la varilla de estirado, no debe caer más de 1,5 mm desde la base del molde
		Verificar y regular las presiones:
		Presoplado: 13 bar
		Estirado: 5,5 bar
		Base de Molde: 3,5 bar
		Lubricación Neumática: 7 bar
		Verificar cada brazo de transferencia de moldes y botellas
		Verificar las varillas de seguridad del equipo
		Verificar que los sensores de

TABLA I-9: CONDICIONES DE OPERACIÓN.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN GRÁFICA	CONDICIONES DE OPERACIÓN
		<p>seguridad se encuentren operativos.</p> <p>Verifique la temperatura de salida del horno y la temperatura de la preforma.</p>
Etiquetadora: Narita, Modelo MZ 4 GOLD		<p>Verificar la presión entre 6000 kPa en el regulador 1</p> <p>Verificar la presión entre 1000 kPa y 3000 kPa en el regulador 2</p> <p>Verificar que la temperatura de la cámara de pegamento se encuentre entre 110 °C y 120 °C</p>
Máquina envolvedora: FILMA, modelo FP30CP73.670.49		<p>Verificar existencia de flujo de aire.</p>

Fuente: Elaboración propia 2015.

1.6.1.2. Secuencia de Arranque de Equipos.

Una vez tomadas todas las precauciones, descritas en el punto anterior, los mismos deben ser iniciados, de acuerdo al siguiente orden:

- Secador de aire: mover el interruptor de la posición OFF a ON (al realizar esta actividad se encienden las dos luces en el panel).
- Torre de enfriamiento: en el panel de control se debe mover el interruptor a la posición de O a I
- Chiller¹¹: se debe girar el interruptor a la posición “liga 1”
- Compresor de baja: presionar el botón verde “Start” y posteriormente colocar el interruptor en carga.
- Compresor de alta: seleccionar la pantalla por medio de las flechas de dirección y oprima el interruptor “ARRANCAR”, posteriormente esperar durante dos minutos y presionar el botón “AUTO DUAL”.
- Sopladora: en el panel principal se debe colocar la manija de posición O a 1, seguidamente en el panel de control girar la llave GENERAL a la posición I, luego presionar el botón verde “GENERAL-MAQUINA I”, girar la llave “AUTO/AJUSTE” a la posición AUTO, girar la llave “CARGAMENTO” a la posición izquierda, Girar la llave “MOLDE” a la posición intermedia I (existen tres posiciones: 1, I, 2), girar la llave “MANDO PRESOPLADO” a la posición izquierda, girar la llave “ILUMINACIÓN MAQUINA” a la posición izquierda, girar la llave “EYECCIÓN CARGAMENTO1/2” a la posición 1.

Cargar las preformas a la tolva y una vez cargada presionar el botón “MARCHA”, en el panel de control girar la perilla “CADENCIA” hasta la posición 0, presiones “ARRANQUE” y espere un tiempo de 2 segundos para presionar “ROTACIÓN 1”, después con la perilla de

¹¹ Water Chiller (Enfriador de Agua), máquina frigorífica, el cual enfría un líquido de acuerdo a la segunda ley de la termodinámica.

“CADENCIA” adecue la velocidad de la maquina hasta 2000 bot/h., presione “CALEFACCIÓN” y “SOPLADO”, configure los parámetros de producción según el tipo de botella a producir y presione el botón “CARGA” para comenzar con la alimentación de las preformas.

- Etiquetadora:
- Máquina envolvente: Se debe colocar el “SWITCH” en la posición “ON”, posteriormente se debe presionar el botón “START” y luego el botón “AUXILIAR ACTIVATION” para el encendido del equipo.

1.7. Eliminación de Efluentes Sólidos y Líquidos.

“Asegurar el adecuado funcionamiento del tratamiento primario del efluente líquido industrial, protegiendo el medio ambiente y cumpliendo con las regulaciones de RASIM y las estipuladas en el contrato con terceros que realicen el tratamiento final del efluente”.¹²

Cada operación dentro de la planta que se encuentra identificado como generación de efluentes, tiene su respectivo instructivo de control operacional:

- Minimización ambiental tratamiento de aguas.
- Minimización ambiental control de calidad.
- Minimización ambiental proveedores.
- Minimización ambiental preparación de envases.
- Minimización ambiental departamento comercial.
- Minimización ambiental mantenimiento.
- Reparación, mantenimiento y descarte de equipos de frío.
- Minimización ambiental preparación de jarabes.

¹² Programa de Medio Ambiente de EMBOL S.A.

- Minimización ambiental almacenes.
- Minimización ambiental administración.
- Minimización ambiental embotellado.
- Minimización ambiental Soplado.
- Recuperación de Gas refrigerante.
- Comunicación de emergencias.
- Derrame de Soda Cáustica.
- Deterioro de la fuente de agua.
- Derrame de producto (bebida carbonatada).
- Derrame de químico líquido.
- Fugas de dióxido de carbono.
- Derrame de concentrado - base de bebida.
- Derrame de químicos sólidos.
- Derrame de combustible – lubricante líquido.
- Agotamiento de la fuente de agua.
- Fuga de cilindros presurizados.
- Manejo de explosiones.
- Desastres naturales.
- Manejo de incendios.
- Evacuación de las instalaciones.
- Simulacro de control de emergencias.
- Fuga de Amoniaco.
- Fuga de glicol.
- Instructivo materiales con asbesto.
- Fuga de gas natural.
- Eficiencia energética.
- Ataque terrorista.
- Manejo de derrames para flota de distribución.
- Manejo de incendios de flota.

Estos han sido analizados y diseñados para que según su frecuencia (indicada en cada instructivo), se ejecuten las actividades de control y prevención en el aspecto de efluentes líquidos.

La persona encargada de la administración y actualización de los planos de efluentes de la planta¹³, es el Jefe de Planta, quien modifica los planos cada vez que se modifiquen la disposición de los efluentes. El mismo es el encargado de anualmente recorrer toda la planta revisando que todo el plano de efluentes cumpla cabalmente con los criterios de Medio ambiente, Seguridad y Seguridad Alimentaria. Cada 5 años se realiza una verificación de la integridad de todos los drenajes en los desagües con pH fuera de rango (comprendido entre 3.5 a 11.5).

Los análisis realizados a los efluentes se detallan en la tabla de la siguiente página:

¹³ En los mismos se diferencian los desagües Sanitarios, Pluviales e Industriales

Tabla I-10: Tratamiento y Disposición de Efluentes Líquidos.

SITIO	CONTROL	PUNTO DE MUESTREO	ESPECIFICACION REFERENCIA	FRECUENCIA	METODO	RESPONSABLE
Efluentes de el proceso de producción de embotellado.	pH	Cámara de Eluente industrial	< 13 Vidrio < 08 OW	Diario	Lectura Directa	Técnico de Control de Calidad
	temperatura	Cámara de Eluente industrial	<40 °C	Diario	Lectura Directa	Técnico de Control de Calidad
	Alcalinidad P	Cámara de Eluente industrial	NA	Diario	TJ-CC-I-03.07	Técnico de Control de Calidad
	Alcalinidad M	Cámara de Eluente industrial	< 2000 ppm	Diario	TJ-CC-I-03.07	Técnico de Control de Calidad
	Solidos Totales	Cámara de Eluente industrial	< 3000 mg/l	Diario	TJ-CC-I-03.23	Técnico de Control de Calidad
	Solidos Sedimentables	Cámara de Eluente industrial	< 20 mg/l	Semestral o cuando requiera COSAALT	Externo	Jefe de Sistema Integrado
	DBO ₅	Cámara de Eluente industrial	1250 mg/l	Semestral o cuando requiera COSAALT	Externo	Jefe de Sistema Integrado
	DQO	Cámara de Eluente industrial	2500 mg/l	Semestral o cuando requiera COSAALT	Externo	Jefe de Sistema Integrado

Fuente: Programa de Medio Ambiente de EMBOL S.A. Tarija 2015

La distinta composición de los componentes fisicoquímicos mencionados en la Tabla II-8, da la caracterización de los efluentes. A continuación se presenta los caudales de los efluentes líquidos, desechos generados y frecuencia de recolección:

Tabla I-11: Descarga de los Efluentes y Desechos Sólidos.

Corriente	Cantidad Anual	Unidad	Frecuencia de Recolección
Efluente Líquido	32723	m ³	N/A
Residuos Sólidos Comunes	9292	kg	3 veces por semana
Residuos Peligrosos – Bio-infecciosos	1158	kg	2 veces por semana
Residuos de Vidrio	231967	kg	1 vez por semana
Residuos Plásticos	19080	kg	1 vez por semana

A continuación se describen la importancia del control de cada componente.

1.7.1. pH de los Efluentes Líquidos.

El control de esta variable en la industria es de suma importancia de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- Parte del efluente tratado es reutilizado, como por ejemplo, agua para refrigerar, enjuague o servicios y los valores inadecuados de pH muy alcalinos o ácidos, son perjudiciales para las cañerías, equipos de bombeo e impactan en los sitios de disposición final.
- Si el efluente es vertido al curso fluvial puede dañar el medio ambiente, si no se tiene los valores de pH dentro del rango requerido por los organismos de control.
- Si el efluente es reutilizado para riego, valores inadecuados pueden deteriorar los mismos.

1.7.2. Temperatura de los Efluentes Líquidos.

Los efluentes vertidos en condiciones de elevada temperatura producen el deterioro de la red cloacal y en caso de llegar sin modificación al sitio de disposición final, provocan alteraciones en el medio ambiente, como por ejemplo, muerte masiva de los organismos que no soportan cambios bruscos de temperatura de su medio ambiente y, por ende, esta muerte masiva afecta la cadena alimenticia de los ecosistemas acuáticos y de los que se relacionan más directamente con estos.

1.7.3. Alcalinidad de los Efluentes Líquidos.

Es importante evitar los niveles de alcalinidad demasiado altos o bajos, puesto que los mismos pueden causar condiciones dañinas para el ecosistema. Si los efluentes son alcalinos (en la mayoría de los casos), los mismos favorecen, ciertos procesos bacterianos.

1.7.4. Sólidos Totales en los Efluentes Líquidos.

La determinación de los sólidos totales, permite estimar los contenidos de materias disueltas y suspendidas presentes en un agua, donde su resultado está condicionado por la temperatura y la duración de la desecación. Es importante para conocer el tipo de materia que se encuentra disuelta y suspendida en el agua.

1.7.5. Sólidos Sedimentables en los Efluentes Líquidos.

Se conoce como la cantidad de material que sedimenta en un periodo de tiempo debido al efecto de la gravedad.

1.7.6. DBO₅

La Demanda Biológica de Oxígeno, es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias, hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra durante un tiempo de 5 días.

La DBO, se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro.

Cuanto mayor es la DBO más contaminante es la muestra.

1.7.7. DQO.

La Demanda Química de Oxígeno, es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua.

La DQO se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro.

Cuanto mayor es la DQO más contaminante es la muestra.

EMBOL S.A. Tarija, tiene establecido un contrato específico con COSAALT para descargar los efluentes líquidos en los parámetros establecidos en la tabla II-10, lo cual implica cancelar una tasa especial por los parámetros que están por encima de los límites permisibles de descarga de efluentes líquidos, establecido en la norma boliviana.

CAPÍTULO II

CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE SOPLADO DE EMBOL S.A. TARIJA

2.1. Identificación del Problema.

Para EMBOL S.A. es fundamental la mejora continua, buscando mejores opciones de elaborar sus productos, enfocándose siempre en la conservación del medio ambiente y los ahorros de costos del proceso productivo, en general. Es en este sentido que se vuelve fundamental, encontrar una manera de seguir optimizando estos procesos y es en el área de soplado donde se ha encontrado un buen tópico para optimizar, tomando en cuenta que la misma, se basa en una reducción de costos y ayuda a la conservación del medio ambiente. Por ello se ha considerado reducir la masa de plástico que llega al ambiente a través de los envases en los cuales va el producto.

Lo ambiental y lo económico, son dos aspectos que se presentan en la concepción del presente trabajo, se optimizará la cantidad de PET utilizado en cada botella, reduciendo de esta manera su costo y su presencia negativa en el ambiente, una vez que los mismos son descartados por el consumidor final.

2.2. Descripción de Alternativas Técnicas de Solución.

Se tienen propuestas, tres alternativas:

La primera alternativa es realizar la reducción con preformas de 48 gr., las mismas se encuentran disponibles en el mercado y también se tiene un stock de estas preformas en almacenes.

La segunda alternativa es realizar la reducción con preformas de 46 gr., las mismas tendrían que ser pedidas a los proveedores para que puedan fabricarlas y disponerlas en un lapso de tiempo, para proceder con el contrato y disposición del material.

La tercera alternativa es realizar la disminución con preformas de 48 gr y short Finish, la misma requerirá inversiones importantes por parte de la empresa, debido a modificaciones que deben implementarse en los equipos, tanto de la planta de soplado como la planta de embotellado.

2.3. Selección de la Alternativa de Solución más Apropiada de Acuerdo a Criterios Apropiados.

Se han tomado como criterio de análisis base para la elección de la alternativa seleccionada, los siguientes criterios:

- Nuestros proveedores, tienen en ofertas preformas de 52, 48, 42, 28 y 24 gramos respectivamente.
- Al ser un estudio en el cual no se intenta disminuir el tiempo de vida útil del producto, se presenta la reducción de 4 gramos como alternativa. Esta disminución presenta dos alternativas, la primera que no implica una mayor inversión y la tercera, que si requiere una mayor inversión en el equipamiento. Este último aspecto, es el que favorece a la elección de la primera alternativa, puesto que como se verá en la tabla III.1, es una diferencia económica considerable.

- La planta tiene en almacenes preformas de 48 gramos, pues la misma es utilizada para la producción del formato de 1500 ml, razón por la cual la disponibilidad es inmediata y no generará mayores costos que las mermas utilizadas en las pruebas.
- La reducción de gramaje, puede realizarse de manera gradual, hasta encontrar un punto en el cual se alcance el límite permisible para la pérdida de CO₂ y la relación con la vida útil de producto, momento en el envase ya no cumpla con las especificaciones de la firma.
- Esta reducción no necesita nuevas inversiones en modificaciones de los equipos y las pruebas pueden realizarse modificando los perfiles de temperatura y presiones. Lo que a diferencia de las inversiones que requiere la tercera alternativa en adquirir todo el sistema de rueda de muescas, pinzas de entrada de preforma y salida de botella, 6 cabezales para el equipo capsulador y otros (Suples, rodamientos, O´rings, etc.), lo que significa una inversión total aproximada de 86000 USD.
- Se logran ahorros importantes en la adquisición de materia prima, y ambientalmente se traduce en menor cantidad de masa de plástico en el mercado en una cantidad aproximada de 66 toneladas anuales.
- Un ahorro de energía de 3000 KW. se traduce como un ahorro de recursos económicos.

TABLA II-1 COMPARACIÓN DE LAS TRES ALTERNATIVAS

#	NOMBRE DE LA ALTERNATIVA	INVERSIÓN EN EQUIPAMIENTO Y ACCESORIOS (USD)	INVERSIÓN EN PRUEBAS (USD)	TOTAL A INVERTIR (USD)	TIEMPO DE CONCLUSION DE PRUEBAS (meses)
1	Reducción de	0	2500	2500	10

Por lo tanto, al ver las alternativas presentadas, en el presente trabajo, se ha elegido profundizar el estudio de la primera alternativa, para ver su viabilidad de implementación en la planta de EMBOL S.A. Tarija.

2.4. Modificación de Operación de los Equipos de Soplado de Envases PET.

Los equipos necesarios para llevar a cabo la reducción, son los mismos involucrados en la producción actual del envase de 52 gr. donde se buscará estandarizar las temperaturas, velocidades y presiones para los distintas producciones de los formatos de 2000 ml., con gramaje reducido.

Los equipos utilizados en el proceso de soplado son: Sopladora, etiquetadora, water chiller, envolvedora, compresor de aire, torre de enfriamiento. El diagrama de flujo del proceso se detalla en el punto 4.2. A continuación se presentan imágenes de los equipos descritos en el mencionado diagrama de Flujo¹⁴:

¹⁴ Por normas de seguridad y propiedad intelectual de la empresa, la mayoría de las fotos que se detallan en el presente capítulo son referenciales, de los equipos que existen en planta.

2.4.1. Sopladora.

Figura 2-1: Sopladora SIDEL SBO 2/3 (imagen 1).



Fuente: The PET Machinery Specialists 2015.

Figura 2-2: Sopladora SIDEL SBO 2/3 (imagen 2).



Fuente: The PET Machinery Specialists 2015.

2.4.2. Etiquetadora.

Figura 2-3: Etiquetadora NARITA MZ 4 GOLD (imagen 1).



Fuente: Lazo Corporativo “SuperBid” 2015.

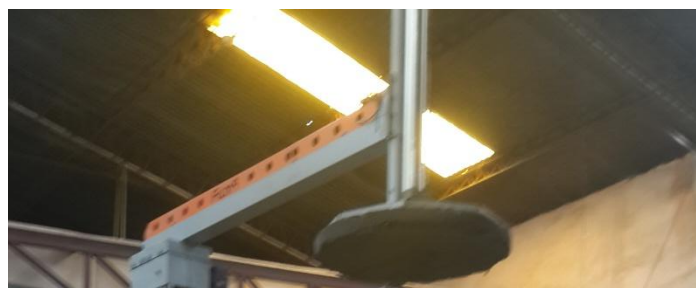
Figura 2-4: Etiquetadora NARITA MZ 4 GOLD (imagen 2).



Fuente: Lazo Corporativo “Super Bid” 2015.

2.4.3. Envolvedora Automática de Pallets.

Figura 2-5: Envolvedora FILMA FP30CP73



Fuente: EMBOL S.A. 2015.

2.4.4. Compresor de Aire para el Proceso de Soplado de Envases PET.

Figura 2-6: Compresor INGERSOLL RAND PHE-NL (imagen 1).



Fuente: EMBOL S.A. 2015.

Figura 2-7: Compresor INGERSOLL RAND PHE-NL (imagen 2).



Fuente: EMBOL S.A. 2015.

2.4.5. Water Chiller.

Figura 2-8: Enfriador de Agua MECALOR GA-15.



Fuente: Mecalor 2015.

2.4.6. Torre de Enfriamiento de Agua.

Figura 2-9: Torre de Enfriamiento de Agua DZ M1-1.

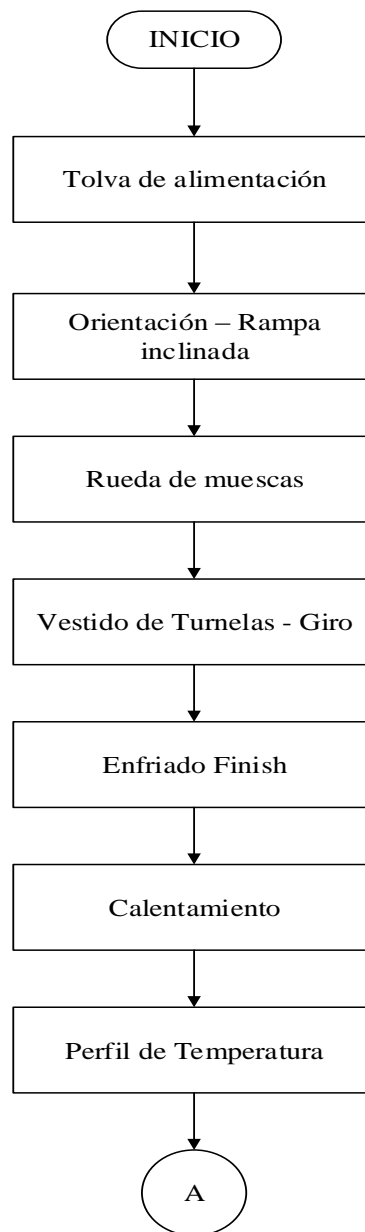


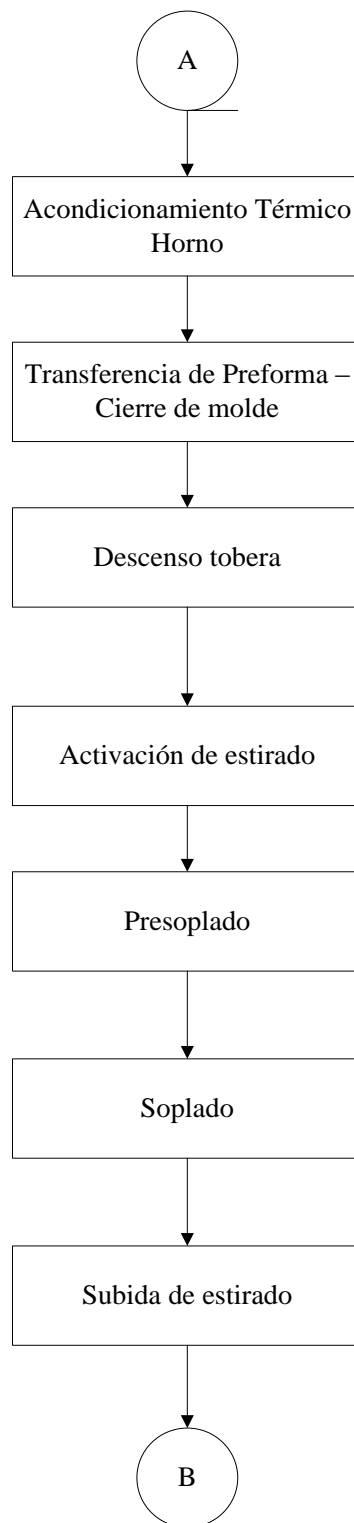
Fuente: EMBOL S.A.

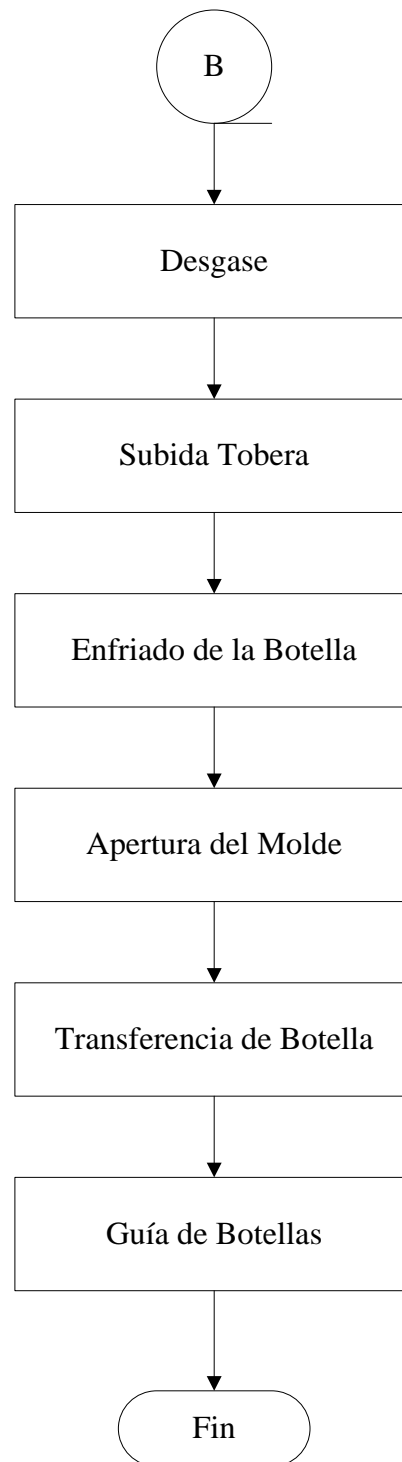
2.5. Proceso de Soplado.

El proceso de fabricación de las botellas se detalla a continuación:

Figura 2.10: Proceso de Soplado







Fuente: Elaboración Propia, 2015.

2.5.1. Tolva de Alimentación de Preformas.

La tolva de alimentación, como la mayoría de las tolvas tiene paredes inclinadas, con la finalidad de efectuar la carga por la parte superior, en la parte inferior se encuentra una cinta transportadora/elevadora, la cual hace ascender la carga, donde la misma es transportada hacia la rampa inclinada.

2.5.2. Orientación – Rampa Inclinada.

Una vez transportadas las preformas caen a una guía inclinada, la cual primeramente se encuentra conformada por dos rodillos paralelos giratorios, estos tienen la función de orientar a la preforma boca arriba, y de esta forma permite introducirlas a una guía (rampa) inclinada, donde por acción de la gravedad, las preformas comienzan a ser transportadas.

2.5.3. Rueda de Muecas.

Llamada también rueda distanciadora o estrella, se encuentra posicionada en el interior del módulo de calentamiento, antes de la entrada a las lámparas; dicha rueda alimenta la cadena de túnelas rotativas.

Cada preforma de manera individual es sometida a un control, el cual evalúa las dimensiones y la posición vertical, descartando automáticamente todas las preformas que no respetan los parámetros exigidos por la empresa.

2.5.4. Vestido de Túnelas – Giro.

Llamado también mandriles rotativos, los mismos se encargan de “capturar” las preformas¹⁵ y transportarlas hacia las lámparas.

¹⁵ Se dice también vestido de túnelas, puesto que la preforma envuelve todo el diámetro de la túnela, generando la impresión de que la túnela se ha “vestido” con la preforma.

2.5.5. Enfriado del Finish de la Preforma.

Las preformas capturadas por las túnelas, comienzan su recorrido hacia el módulo de calentamiento, el cual está dotado de dos diferentes sistemas de enfriamiento: uno por transferencia por conducción, en donde circula agua fría por los rieles que entran ligeramente en contacto con el finish, para enfriar el mismo, evitando que se deforme durante el proceso de calefacción, y el otro por aire, los cuales son circulados por unos ventiladores flap, mismos que son encargados de evitar que las paredes internas de la preforma adquieran temperaturas demasiado elevadas¹⁶.

2.5.6. Calentamiento de las Preformas.

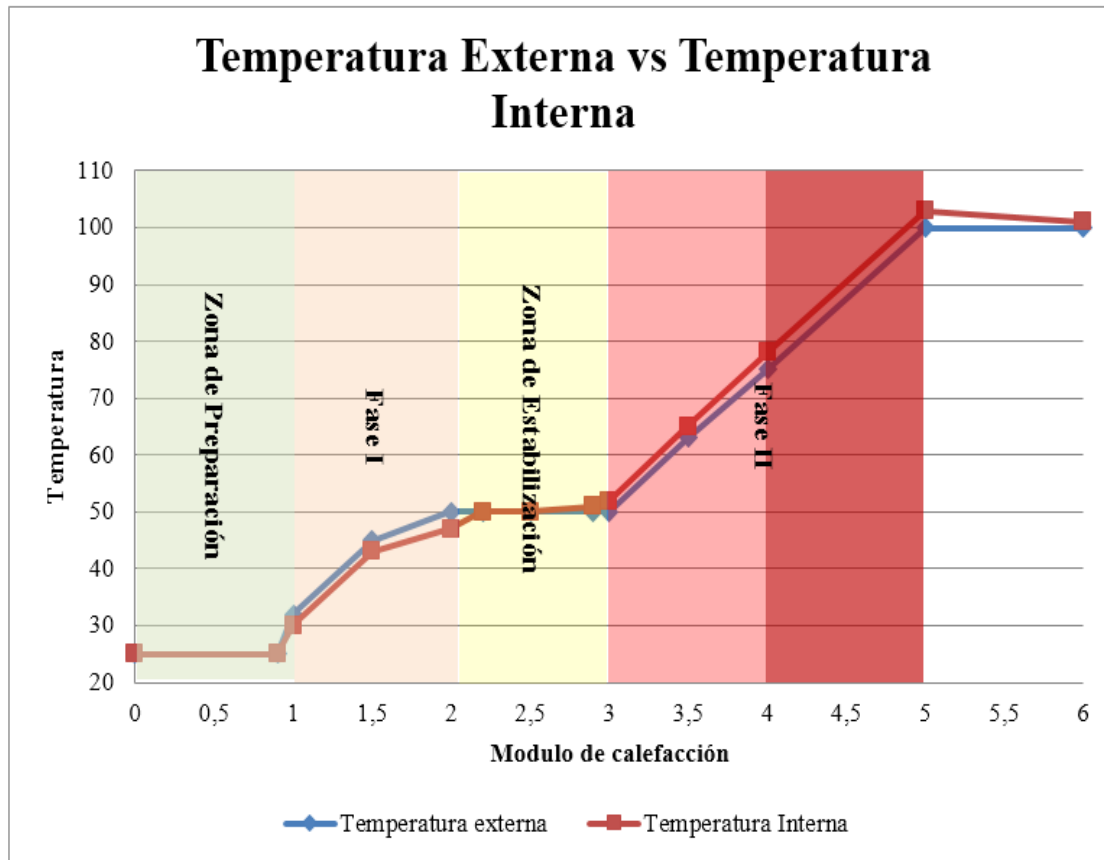
Esta etapa es una de las más importantes del proceso, ya que de ella depende que el proceso de estirado y soplado de la botella sea óptimo, obteniendo de esta forma espesores constantes a lo largo de la botella, estabilidad, buena propiedad barrera, transparencia, etc.

Una vez que las preformas comienzan su recorrido a lo largo del módulo de calentamiento, giran durante todo el proceso, para garantizar que la transferencia de energía sea distribuida de manera homogénea.

El módulo de calentamiento consta de tres zonas de lámparas, cada zona dotada por 10 lámparas de rayos infrarrojos, las cuales se controlan de forma independiente para el ajuste de la temperatura de cada sección de la preforma; el proceso de calentamiento se detalla a continuación:

¹⁶ Alberto Vera, Mecánica de Soplado.

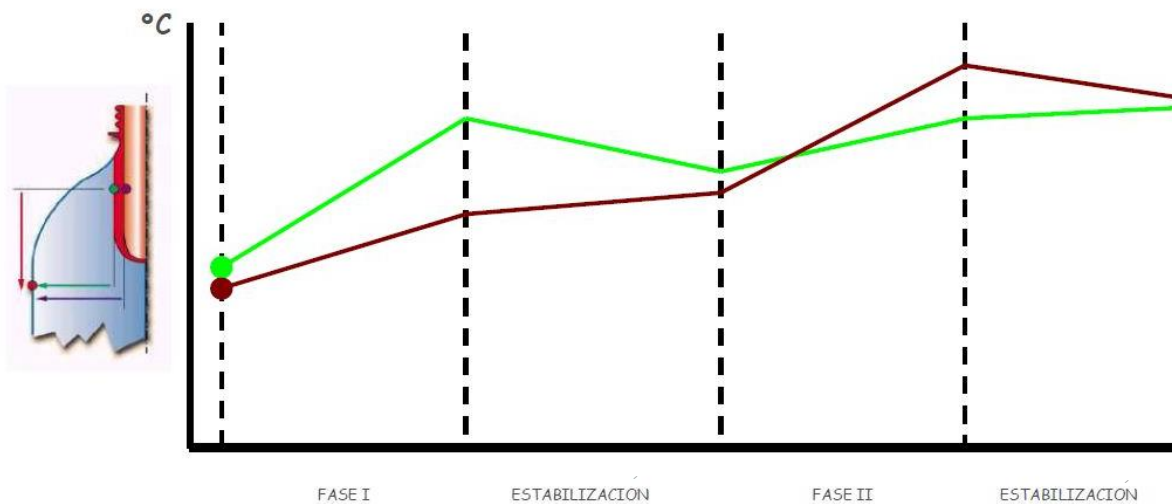
Figura 2-11: Comparación de Temperatura Interna vs Externa de las Paredes de las Preformas Durante el Proceso de Calefacción.



Leyenda	
Zona de Preparación	Zona de preparación (antes del modulo de calentamiento): $T_{\text{externa}} = T_{\text{interna}}$
Fase I	1ra Zona de lámparas: $T_{\text{externa}} > T_{\text{interna}}$; en esta zona existe transferencia de energía por radiación, conducción y convección.
Zona de Estabilización	Zona de Transición (entre la 1ra y la 2da zona de lámparas): $T_{\text{externa}} = T_{\text{interna}}$; El foco caliente es la pared externa de la preforma, y conduce energía al foco frío (pared interna), aire caliente ayuda al proceso.
Fase II	2da Zona de lámparas: $T_{\text{externa}} \leq T_{\text{interna}}$; la T_i es aumentada debido al aire caliente dentro de la preforma, por convección y conducción.
Fase II	3ra Zona de lámparas: $T_{\text{externa}} \leq T_{\text{interna}}$.

Fuente: Blow Molding Handbook 2nd Edition 2015.

Figura 2.12: Perfil de Temperatura.



Fuente: Amcor “Mecánica de Soplado” 2013

Como se observa en la gráfica, la temperatura de la pared interna es mayor que la temperatura externa, esto se logra gracias a la forma de colocación de las lámparas, ubicación de los flaps, la distancia entre la primera zona de lámparas y la segunda zona de lámparas y los reflectores dentro del módulo de calentamiento.

La razón fundamental por la cual se busca que la temperatura interna sea mayor que la temperatura externa, es por el porcentaje de estiramiento/orientación que tendrá lugar en preforma, siendo el porcentaje de estiramiento de la pared interna mayor al de la pared externa.

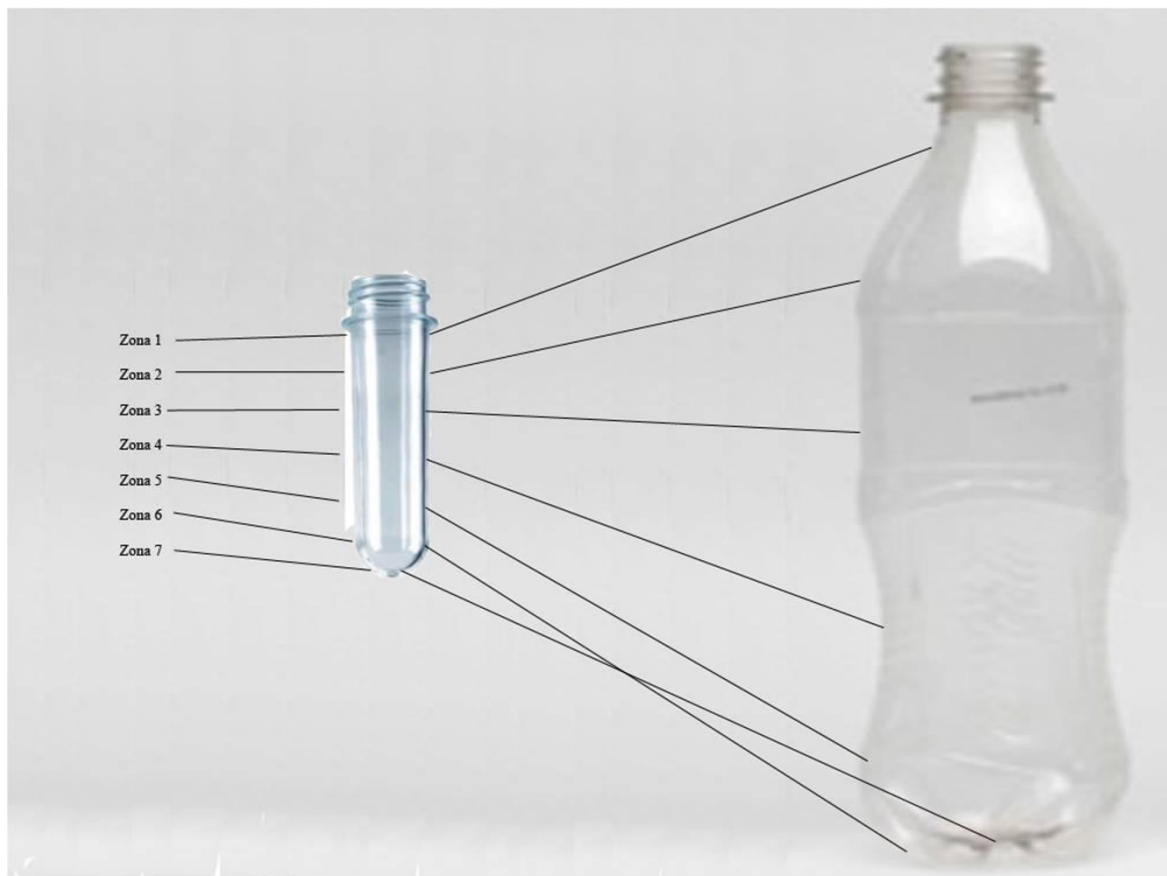
2.5.7. Perfil de Temperatura.

Para poder realizar el estirado y soplado, la preforma debe tener una temperatura de transición vítrea promedio a la salida del horno, en la zona media de 90°C a 115°C según el formato correspondiente.

Antes del proceso de calentamiento es necesario realizar el ajuste de las potencias de las lámparas, según el formato correspondiente. Cada formato tiene su propio perfil de temperatura, pues estas varían en función del modelo de la botella, espesores de la pared, estirado por zonas, etc.

Para tal fin el proceso consta de un PLC¹⁷ en el cual se modifican la potencia de las 8 lámparas por módulo, las cuales se encuentran orientadas en las 7 zonas de la preforma:

Figura 2.13: Zonas de la preforma – Botella.



Fuente: Elaboración Propia 2015.

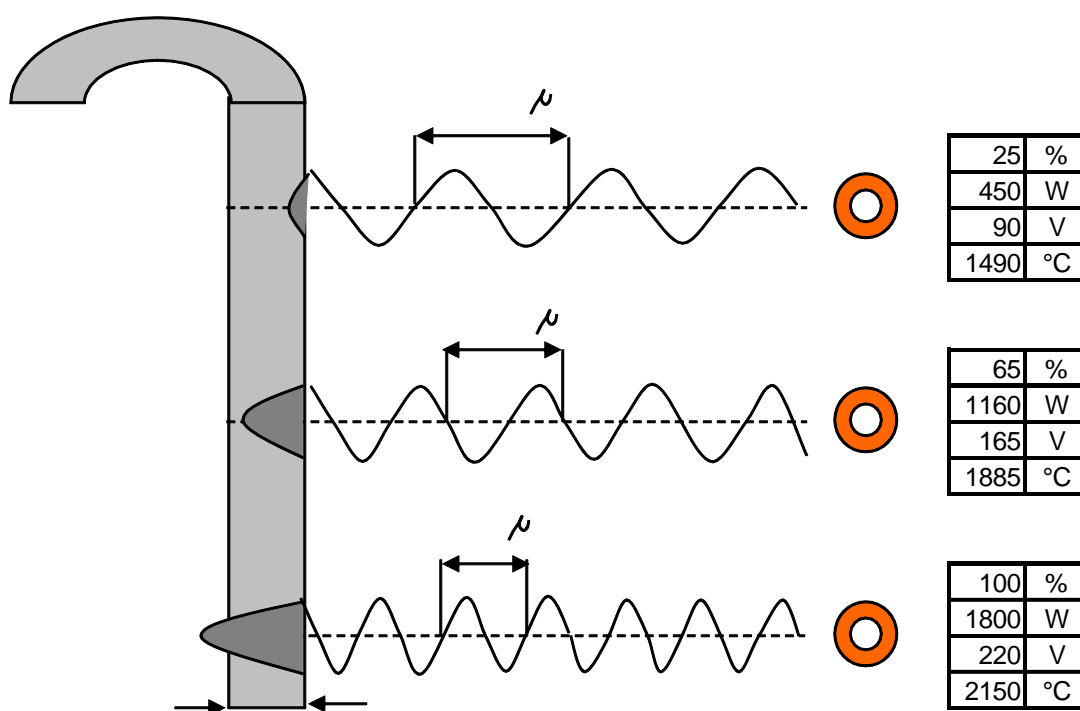
Las cuales según la distribución del material, tendrán como resultado zonas con

¹⁷ Programmable Logic Controller o Controlador Lógico Programable

mayor o menor espesor, controlando dicha variabilidad con la disminución o aumento de la temperatura en las zonas.

El aumento de temperatura en las zonas viene dado directamente con el aumento de potencia de las lámparas, como se observa en la siguiente figura:

Figura 2.14: Variación de Potencia de la Lámpara.



Fuente: Tecnología de Soplado EMBOL S.A. Tarija 2012.

Como se observa en la figura, a mayor potencia de las lámparas la longitud de onda disminuye, trayendo como consecuencia un aumento en el porcentaje de penetración de los rayos infrarrojos y por ende un aumento de temperatura en la zona afectada.

La obtención del perfil de temperatura depende de:

- Peso y color de la preforma.
- Resina PET utilizada.
- Cadencia de la máquina.
- Condición de las lámparas y placas reflectoras.
- Condiciones de convección y radiación de aire, flap y ventiladores.

2.5.8. Transferencia de Preformas – Cierre de Molde

Al finalizar el proceso de calefacción las preformas son transferidas desde las túnelas hacia el molde de la máquina. Este proceso es realizado por una pinza que sostiene a la preforma desde el cuello del finish.

Todo esto se realiza con una total sincronización, pues una vez la preforma posicionada en el molde, el mismo se cierra y da lugar a la siguiente etapa.

2.5.9. Descenso Tobera

La tobera desciende hacia el molde de la botella, alineada al finish de la preforma, de esta forma garantiza el cierre hermético, del sistema evitando fugas y pérdidas de presión.

El movimiento de descenso debe encontrarse totalmente sincronizado para mantener un correcto centrado de las preformas en el molde de soplado y evitar daños en las bocas de las preformas.

2.5.10. Activación de Estirado de la Preforma.

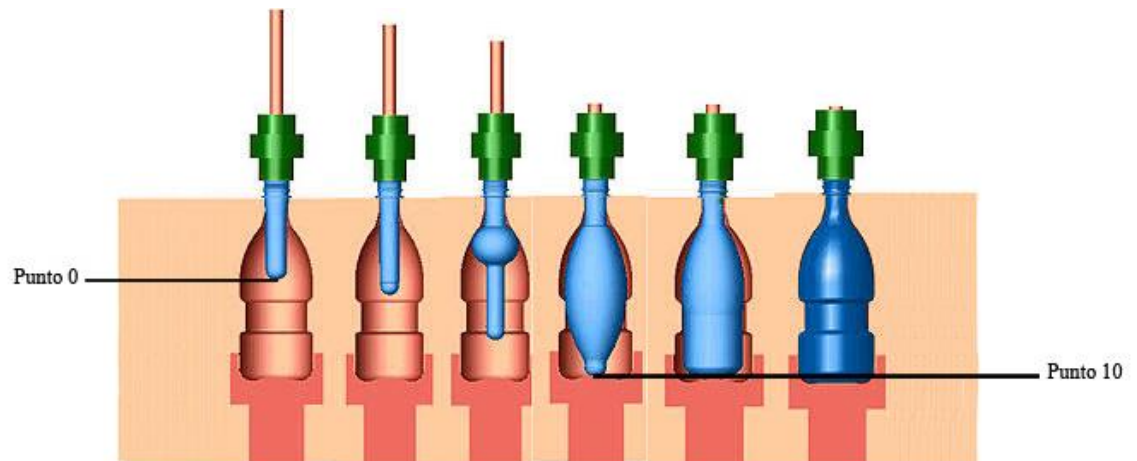
Se entiende como estirado a la acción mecánica de deformación longitudinal,

que forma el espesor de la pared en forma axial. Este estiramiento es una de las dos características principales del proceso de estirado soplado, pues gracias a la orientación biaxial molecular (estirado axial y radial) las botellas adquieren las propiedades mencionadas líneas arriba.

El estirado es realizado mediante una varilla de estirado¹⁸, la cual empieza en un punto 0 y termina en el punto 10 y tiene un tiempo de duración estimado de 0.6 segundos.

De una manera más sencilla se puede entender al punto 0 y el punto 10 en la siguiente figura:

Figura 2.15: Punto 0 y Punto 10



Fuente: CYPET “Procesamiento de PET”.
Modificación de Imagen: Elaboración Propia 2015

El punto 0 es el inicio del estirado y el punto 10 es el final del recorrido de la varilla de estirado.

En este sentido es importante el ángulo de la leva de estirado y la posición de la leva de estirado. El ángulo de la leva define la velocidad y el ángulo de caída

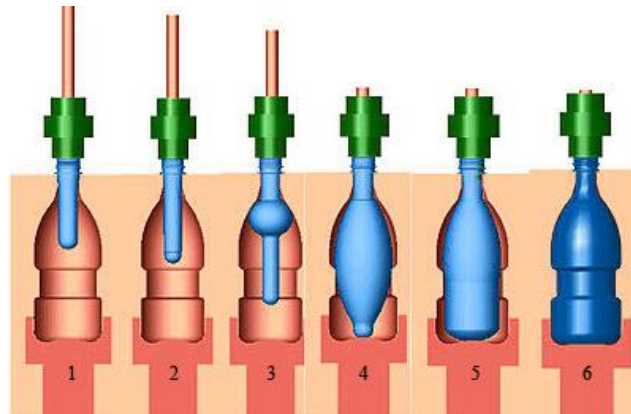
¹⁸ Vástago de Acero

de la varilla, lo cual se traduce en la cantidad de material a desplazar y por ende el espesor de la pared. La posición de la leva determina la cantidad de material a desplazar en el cuello o fondo de la botella.

Durante todo el proceso de soplado, la temperatura toma un papel muy importante (debe estar en todo momento por encima de la temperatura de transición vítrea). En esta etapa del proceso en particular con una temperatura baja se logra obtener una botella que soporta una mayor tensión, mayores esfuerzos internos y por ende logra una mayor resistencia mecánica. Con una temperatura muy por encima del punto de transición vítrea se obtienen botellas con menor resistencia a la tensión, esfuerzos internos y menor resistencia mecánica.

2.5.11. Presoplado

Figura 2.16: Presoplado y Soplado



Fuente: CYPET "Procesamiento de PET".

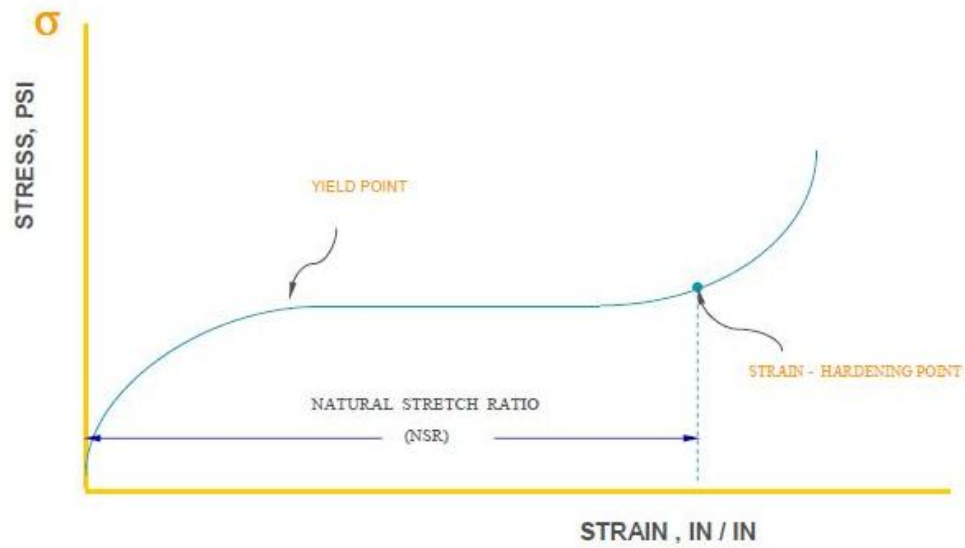
Modificación de Imagen: Elaboración Propia 2015

Como se observa en la figura 2.16, el presoplado inicia en el punto 3 y termina en el punto 5. Donde el envase empieza a formarse con la entrada de aire a baja presión (entre 7 y 10 bar) en el interior de la preforma, iniciando la operación en forma simultánea con el ingreso de la varilla de estirado en el cuello de la preforma, acompañando el crecimiento longitudinal y a la vez el incremento

radial.

Durante el proceso de estirado, se debe tomar en cuenta la Relación de Estiramiento Natural¹⁹ del PET, pues un buen control de este punto determina la estabilidad de las propiedades de la botella en el tiempo.

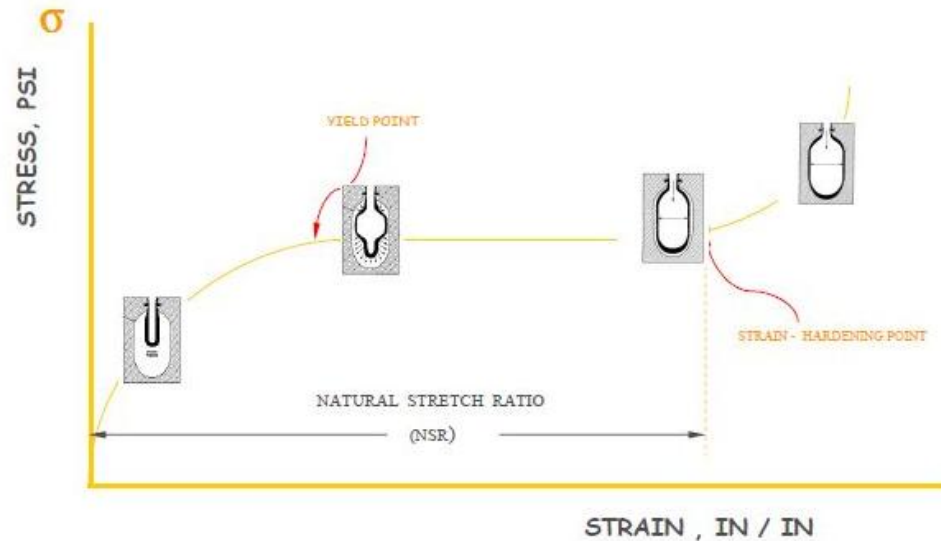
Figura 2.17: Curva Típica de Fuerza – Tensión para una Botella de Polímero a una Determinada Viscosidad Intrínseca.



Fuente: AMCOR “Mecánica de Soplado” 2013

¹⁹ NSR: Natural Stretch Ratio – Relación Natural de Estiramiento.

Figura 2.18: Curva típica de Fuerza – Tensión Durante el Proceso de Estirado, Presoplado y Soplado de una Botella PET a una determinada Viscosidad Intrínseca



Fuente: AMCOR “Mecánica de Soplado” 2013

Como se observa en la figura 2.18, el presoplado tendría que iniciar en el punto de fluencia y terminar en el punto de endurecimiento por deformación, garantizando de esta forma la conservación de sus propiedades en el tiempo, como variabilidad del contenido neto, amorfomidad del PET, etc.

2.5.12. Soplado.

Como se observa en la figura 2.16, el soplado inicia en el punto 5 y termina en el punto 6.

Durante esta etapa se realiza el moldeo del material PET en un molde, el cual tiene la forma deseada final del envase, se cristaliza cuando ingresa aire comprimido seco y libre de aceite a alta presión, entre 38 y 40 BAR, esto

dependiendo del tamaño del envase.

Es importante hacer notar que a mayor complejidad del diseño de la botella es necesario un tiempo mayor de incidencia del aire a alta presión (0.4 segundos normalmente).

2.5.13. Desgase de la Botella Soplada.

En esta etapa se produce el escape del aire comprimido, usualmente dura 0.3 segundos.

2.5.14. Enfriado de la Botella Soplada.

La detención del proceso de biorientación y por consiguiente la rigidez del material PET se logra al impactar este con el molde que se encuentra a una temperatura aproximada de 4°C.

CAPÍTULO III

ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS RECOMENDADOS

3.1. Caracterización de los Problemas y Soluciones Técnicas de la Planta de Soplado de Envases PET en EMBOL S.A. Tarija.

3.1.1. Caracterización de los Problemas de la Planta de Soplado de Envases PET en EMBOL S.A. Tarija.

En muchas ocasiones la interacción entre máquinas no siempre se produce de la forma más conveniente, ya sea desde el punto de vista energético, económico y/o productivo, disminuyendo de esta forma el rendimiento del proceso al que técnicamente, puede conseguirse y en consecuencia se incrementarán los costes operacionales.

Tomando como punto de partida el concepto de la empresa respecto a la mejora continua y enfocándose en la reducción de costos, es que se ve por conveniente la disminución de la cantidad de materia utilizada en el proceso de producción de Soplado de Envases PET en EMBOL S.A. Tarija; para lograr la viabilidad del estudio, es necesario replantear todo el proceso productivo, para ver los efectos de la reducción de manera micro y macroscópica.

A continuación se describen los problemas observados:

- Se está consumiendo mayor materia prima en la producción de botellas, debido a que no se realiza el estudio de aligeramiento.
- La falta de atemperación de las cajas de preformas entrantes, genera merma de preformas, hasta la estabilización de la temperatura de las mismas.
- No se realizan pruebas, para determinar nuevos parámetros de proceso

para otros gramajes de preformas.

- No se cuenta con la estandarización de los perfiles de temperatura para los distintos formatos (tipos de productos), en lo que toca a los nuevos parámetros del proceso con preforma de 48 gr.

3.1.2. Soluciones Técnicas para la planta de Soplado de Envases PET en EMBOL S.A. Tarija.

A continuación se presentan las soluciones técnicas planteadas:

3.1.2.1. Estudio de Aligeramiento de las Botellas PET.

Se optó en la disminución del envase en 4 gramos (de 52 gramos a 48 gramos), puesto que nuestros proveedores de preformas tienen ofertas en las mismas en los pesos de 60, 56, 52, 48, 28 y 24 gramos respectivamente.

Además de disponer en el mercado de preformas de 48 gramos, se tiene un stock de la mencionada preforma en la planta, que es el gramaje utilizado en la producción del envase del formato CC 1500 OW. Entonces se tiene un fácil acceso a la materia prima para la puesta en marcha de las pruebas prácticas de la botella aligerada.

3.1.2.2. Atemperación de las Preformas antes del Ingreso a la Tolva de la Máquina Sopladora.

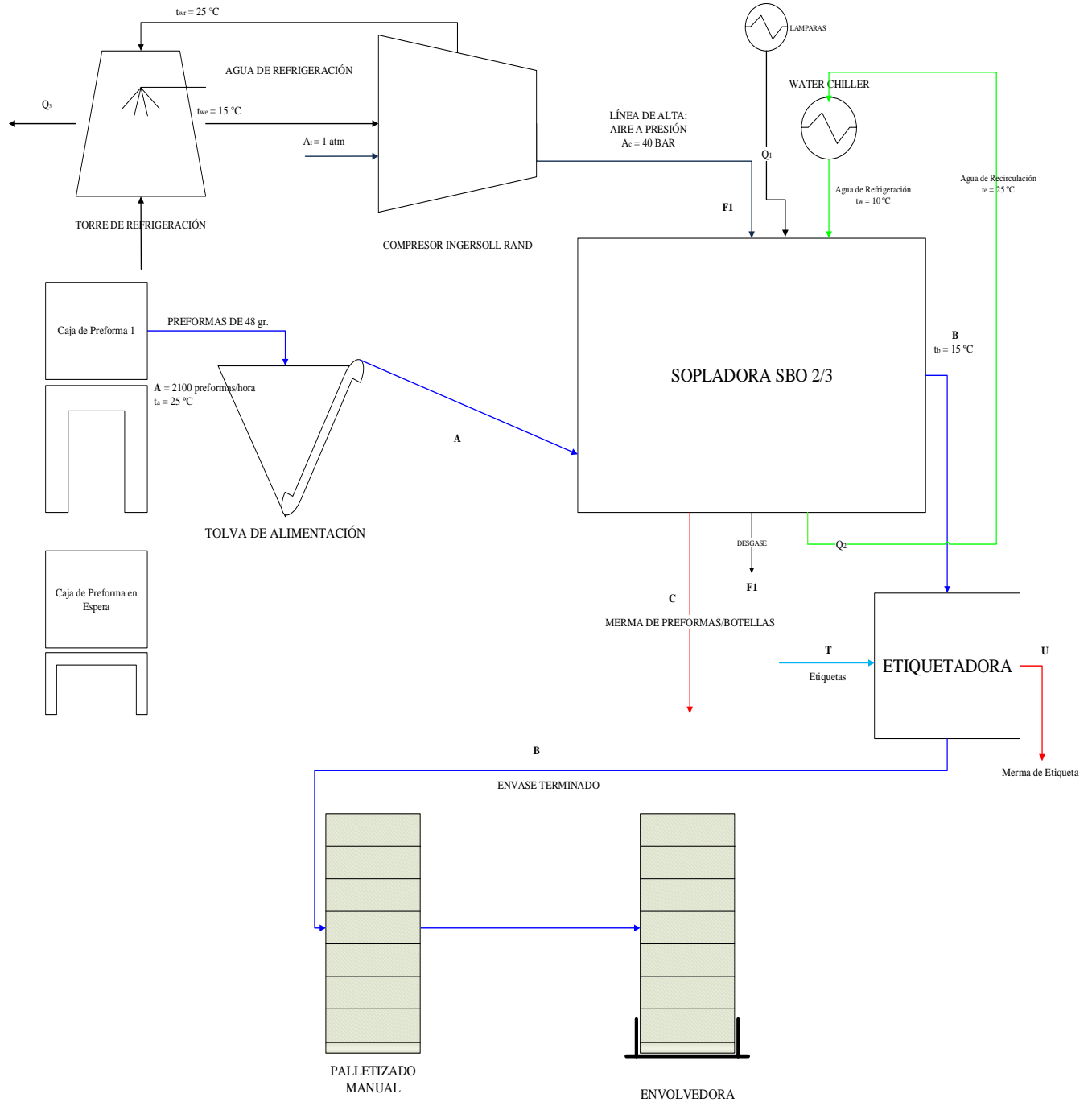
La atemperación de la caja de preformas que entrará a línea de producción de soplado, es fundamental para un ahorro de materia prima y energía, pues la temperatura ideal para el soplado de las preformas es entre 20° C y 30° C, siendo la más conveniente a 25 °C.

El área de soplado se encuentra a temperatura mayor que la del ambiente, razón por la cual una solución sencilla, siempre y cuando se cuente con el espacio disponible, es colocar dentro del área de soplado un lugar para almacenar temporalmente la caja que entrará a línea de soplado (caja en espera o en stand by), es decir adicional a la caja que ya se encuentra en el proceso de soplado; se deberá dejar dentro del área, una caja extra en espera, en este sentido, la caja puesta en espera, comenzará a intercambiar energía con el área de soplado (puesto que la misma está a temperatura ambiente) de tal forma que el delta de temperatura entre la caja y el área de soplado tiendan a igualarse en el tiempo, logrando un equilibrio térmico, entre las mismas.

Debemos tomar en cuenta que una caja de preformas contiene 10000 unidades, razón por la cual entre cambio de caja existe un tiempo aproximado de 4 horas, tiempo suficiente para lograr una buena transferencia de energía entre la caja en espera y el área de soplado.

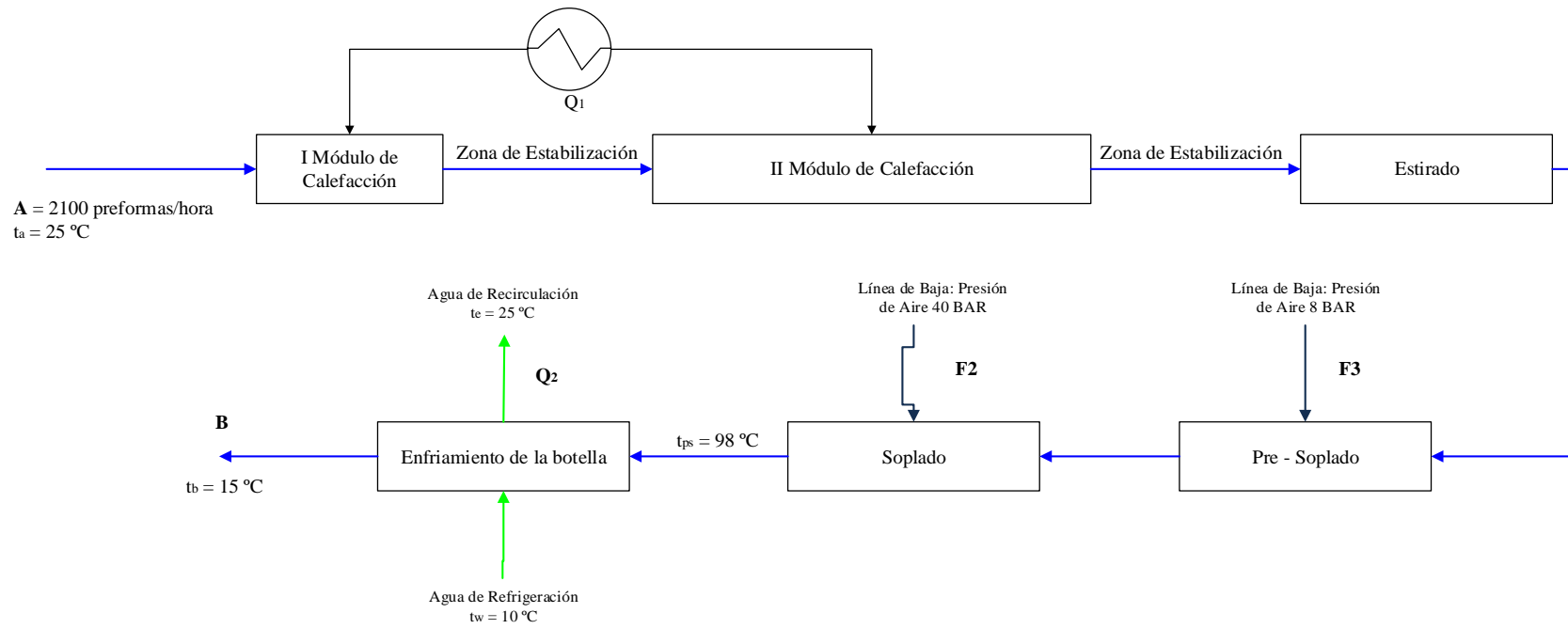
3.2. Diagrama de Flujo del Proceso de Soplado de Envases PET en EMBOL S.A. Tarija.

Figura 3-1: Diagrama de flujo del proceso de soplado



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Figura 3-2: Diagrama de Bloques dentro de la Máquina Sopladora



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

3.3. Balance de Materia y Energía del Proceso de Soplado de Envases PET en EMBOL S.A. Tarija.

Los siguientes datos son tomados en cuenta para cumplir el trabajo de Balance de Materia y Energía:

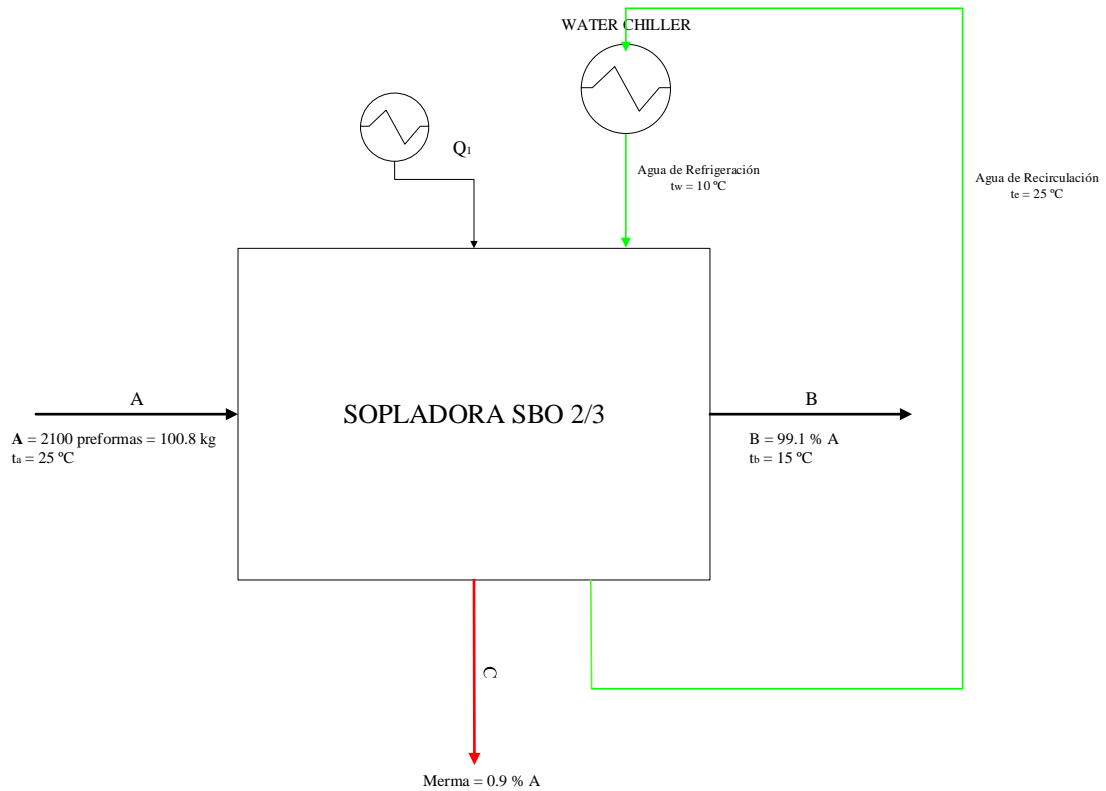
Tabla III-1: Datos del Proceso de Soplado

LA BASE DE CÁLCULO ES DE 1 HORA			
DATO	ABREVIATURA	VALOR	UNIDAD
SOPLADORA			
FLUJO MÁSCICO DE ENTRADA DE PREFORMAS	A	100800	gr
TEMPERATURA DE ENTRADA DE LA PREFORMA	T _a	25	°C
AGUA DE REFRIGERACIÓN	T _w	10	°C
TEMPERATURA DE SALIDA DE LAS PREFORMAS	T _{ps}	98	°C
TEMPERATURA DE SALIDA DE LAS BOTELLAS	T _b	15	°C
MERMA DE PREFORMAS	C	907,2	gr
PRODUCCIÓN DE PREFORMAS	B	99892,8	gr
TORRE DE ENFRIAMIENTO			
AGUA DE SALIDA	t _{we}	15	°C
AGUA DE RECIRCULACIÓN	t _{wr}	25	°C
POTENCIA	P _{te}	120	KW
COMPRESOR INGERSOLL RAND			
AGUA DE ENTRADA	t _{we}	15	°C
AGUA DE SALIDA	t _{wr}	25	°C
AIRE DE ENTRADA	A _t	1	atm
AIRE DE SALIDA	A _c	40	BAR
POTENCIA	P _c	280	KW
WATER CHILLER			
AGUA DE SALIDA	T _w	10	°C
AGUA DE ENTRADA	T _e	25	°C
POTENCIA	P _{wc}	180	KW

Fuente: Elaboración Propia, 2015

3.3.1. Balance de Materia y Energía para las Preformas de 48 gr.

Balance de Materia²⁰:



$$A = B + C$$

$$B = A - C \Rightarrow B = 100,8\text{ kg} - 0,9072\text{ kg}$$

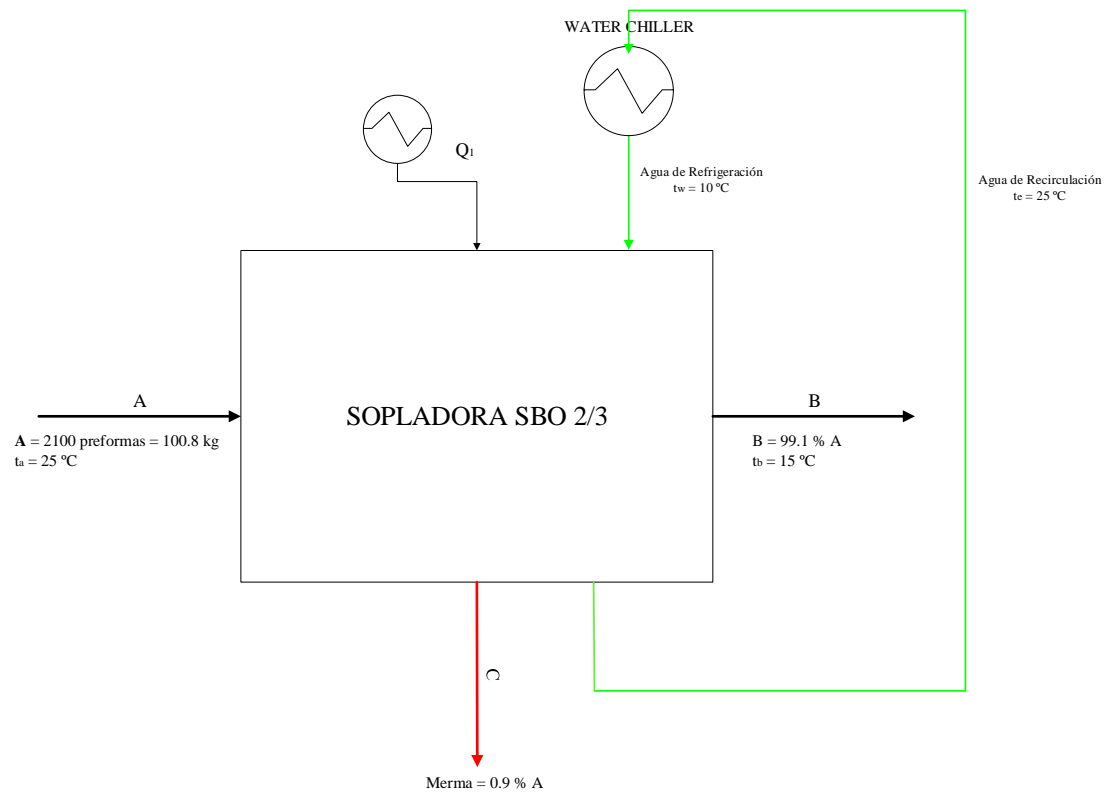
$$B = 99,9\text{ kg}$$

$$C = 100,8\text{ kg} * 0,009$$

$$C = 0,9072\text{ kg}$$

²⁰ Se utiliza como referencia de los flujos, el diagrama de flujo del proceso en el punto 4.2

BALANCE DE ENERGÍA DEL HORNO:



$$E_e - E_s + Q + W = E_a$$

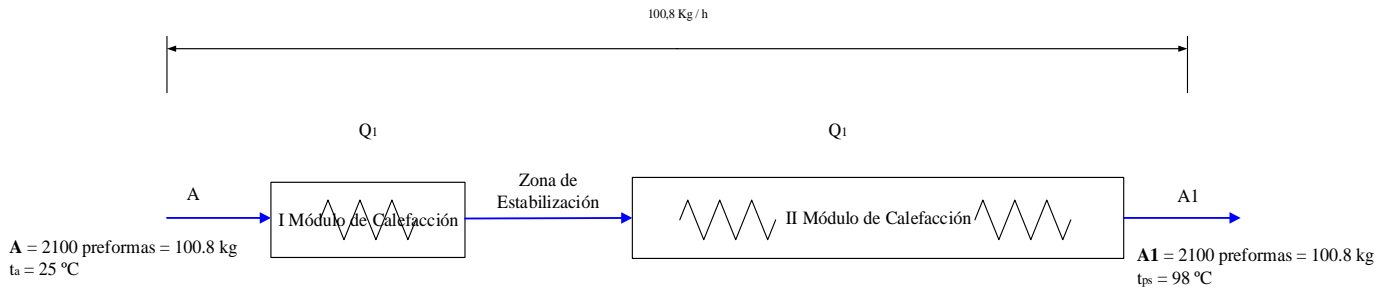
$$\left(\frac{1}{2}mv^2 + mgz + U\right)_E - \left(\frac{1}{2}mv^2 + mgz + U\right)_S + Q + W = E_a$$

$$Q - W_{ext} = (U_2 - U_1) + (P_2V_2 - P_1V_1) + (m_2gz_2 - m_1gz_1) + \frac{1}{2}(m_2v_2^2 - m_1v_1^2)$$

$$Q - W_{ext} = \Delta H + \Delta E_p + \Delta E_c$$

$$Q = \Delta H$$

- Calor ganado por la Pieza:



$$Q_{pi} = m \sum C_{p_{pi}} * \Delta T$$

Donde:

Q_{pi} = Es el calor que ganan las preformas, que se someten al tratamiento (kJ).

m = Es la masa total de las preformas que serán calentadas durante el tiempo de 1 hora (kg).

$C_{p_{pi}}$ = Es el calor específico de la pieza, en este caso PET (kJ/kg°C).

ΔT = Es la Diferencia de la temperatura inicial de entrada de la preforma y la temperatura final de la salida de la preforma (°C).

Por hora entran 2100 preformas y cada preforma tiene un peso de 48 gr., entonces:

$$\text{Masa de preformas en el horno} = 100800 \text{ g} \Rightarrow 100800 \text{ g} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \Rightarrow \boxed{m = 100,8 \text{ kg}}$$

$$C_{p_{pet}} = 0,25 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * \frac{1 \text{ J}}{0,0002 \text{ kCal}} * \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} \Rightarrow 1,04598 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \Rightarrow$$

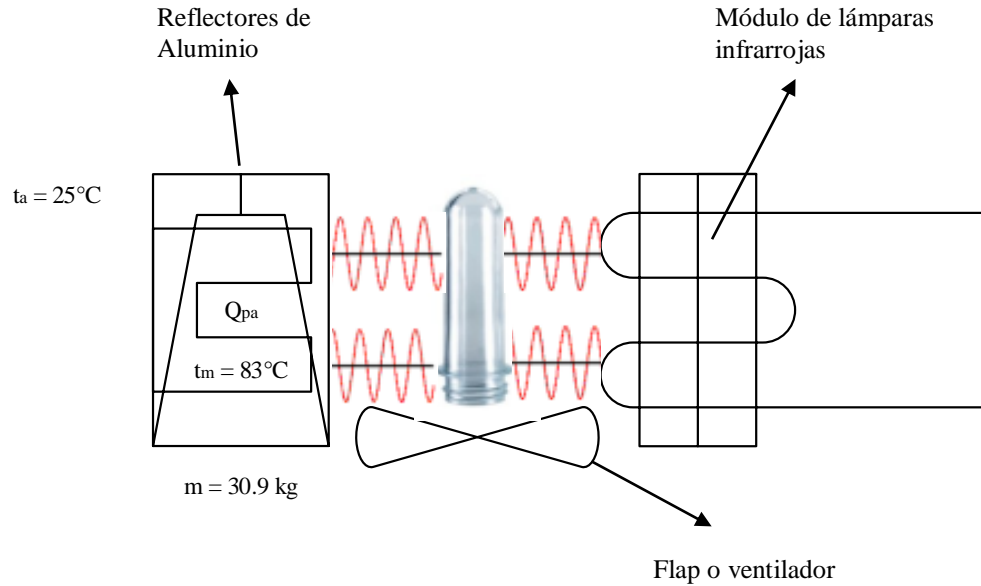
$$\boxed{C_{p_{pet}} = 1,046 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}}$$

$$\boxed{T_a = 25^\circ\text{C}}$$

$$\boxed{T_{ps} = 98^\circ\text{C}}$$

$$Q_{pi} = 100,8 \text{ kg} * 1,046 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (98 - 25)^\circ\text{C} \Rightarrow \boxed{Q_{pi} = 7696,75 \text{ kJ}}$$

- Calor almacenado en las paredes del horno:



$$Q_{Pa} = mCp_{Pa} * \Delta T$$

Donde:

Q_{pa} = Es el calor almacenado en las paredes del horno (kJ).

m = Es la masa total de las paredes del horno (kg).

Cp_{pa} = Es el calor específico del material, del que está compuesto el horno (kJ/kg°C).

ΔT = Es la diferencia entre la temperatura media de las paredes del horno y la temperatura ambiente (°C).

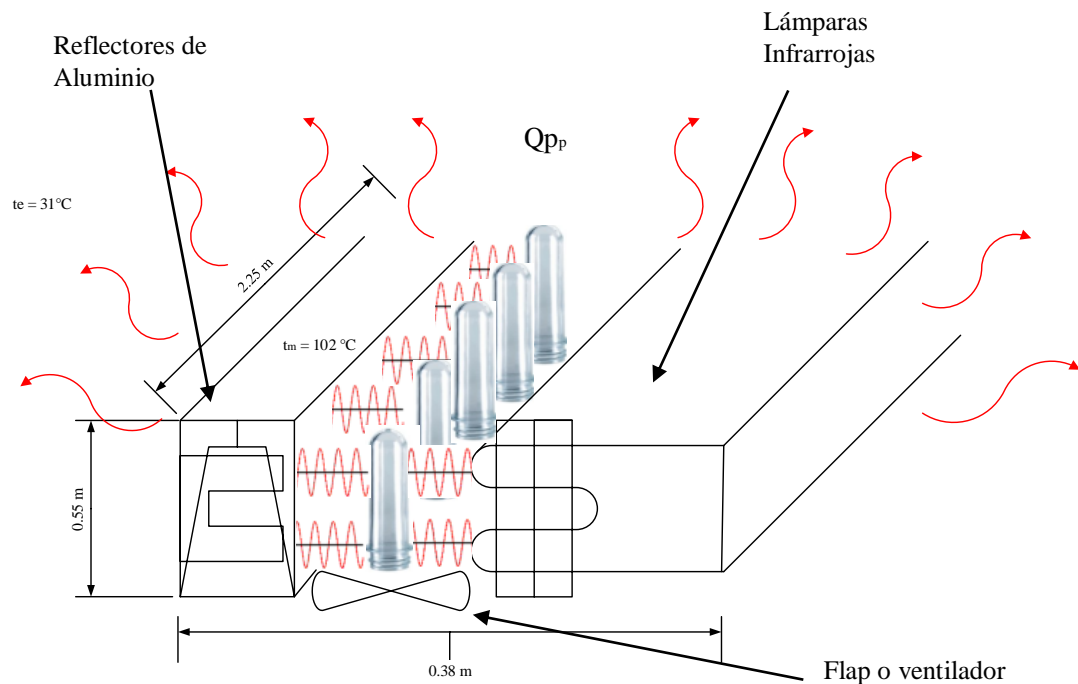
Según planos del fabricante, cada juego de lámparas, tiene un peso aproximado de 6800 g.; como se tienen 3 juegos, la masa total sería de 20400 g. y los reflectores de aluminio tienen un peso de 10500 g., entonces:

$$m = 30900 \text{ g} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \Rightarrow \boxed{m = 30,9 \text{ kg}}$$

$$C_{p_{ps}} = 0,21 \frac{kCal}{kg^{\circ}C} * \frac{1 kJ}{1000 J} * \frac{1 J}{0,0002 kCal} \Rightarrow C_{p_{ps}} = 0,879 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}$$

$$Q_{ps} = 30,9 kg * 0,879 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} * (83 - 25)^{\circ}C \Rightarrow Q_{ps} = 1575 kJ$$

- Calor perdido por las paredes del horno:



$$Q_{pp} = kF\Delta T$$

Donde:

Q_{pp} = Es el calor que se pierde a través de las paredes del horno (W).

k = Es la conductividad térmica promedio del material del que está compuesta la pared (W/m°C).

F = Es el factor de forma, tomando en cuenta las aristas, las esquinas y las paredes (m).

ΔT = Es la diferencia entre las temperaturas de la superficie interior y exterior del horno (°C).

$$k = 0,15 \frac{W}{m^{\circ}C}$$

Las medidas del horno son: Longitud = 2,25 m ; Ancho = 0,38 m ; Alto = 0,55 m

El factor de forma para un rectángulo es: $F=6/5$

$$F = 1,2 \text{ m}$$

$$Q_{pp} = 0,15 \frac{W}{m^{\circ}C} * 1,2 \text{ m} * (102 - 31)^{\circ}C \Rightarrow$$

$$Q_{pp} = 12,78 \frac{J}{s} * \frac{1 \text{ kJ}}{1000 J} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \Rightarrow \boxed{Q_{pp} = 46,008 \text{ kJ}}$$

- Calor perdido por aberturas:

$$Q_{paber} = Q_r(AET)$$

$$Q_r = \alpha(T_G^4 - T_a^4)$$

Donde:

Q_{paber} = Es el calor que se pierde por radiación a través de las aberturas que existen en el horno (kJ/h).

Q_r = Es el calor radiado (kJ/h*m²).

AET = Es el área total efectiva por la cual se pierde calor (m²), en nuestro caso se tienen las aberturas en la entrada y salida del horno.

α = Es la constante de Stefan – Boltzmann.

T_G = Es la temperatura de los gases dentro del horno (°C).

T_a = Es la temperatura del ambiente (°C).

$$T_G = 104,2 \text{ }^{\circ}C$$

$$T_a = 25 \text{ }^{\circ}C$$

$$Q_r = 0,0000000567 \frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}C^4} * (104,2^4 - 25^4)^{\circ}C \Rightarrow Q_r = 6,6621 \frac{W}{m^2} \Rightarrow$$

$$\boxed{Q_r = 23,98 \frac{kJ}{hm^2}}$$

La entrada y salida del horno, tiene la siguiente área: entrada = 0,209 m² y salida = 0,209 m²

Por encima del horno se tiene la siguiente área = 0,855 m²

$$AET = 2,128 \text{ m}^2$$

$$Q_{paber} = 23,984 \frac{\text{kJ}}{\text{hm}^2} * 2,128 \text{ m}^2 \Rightarrow Q_{paber} = 51,0372 \text{ kJ}$$

Entonces la energía total requerida para las lámparas, será la suma de todos los flujos calculados

$$Q_t = Q_{pi} + Q_{pa} + Q_{pp} + Q_{paber}$$

Qt= Es el calor total requerido en el horno

$$Q_t = (7696,7 + 1574,671 + 46,01 + 51,03) \text{ kJ} \Rightarrow Q_t = 9668,5 \text{ kJ}$$

BALANCE DE ENERGÍA WATER CHILLER:

$$E_e - E_s + Q + W = E_a$$

$$\left(\frac{1}{2}mv^2 + mgz + U \right)_E - \left(\frac{1}{2}mv^2 + mgz + U \right)_S + Q + W = E_a$$

$$Q - W_{ext} = \Delta H + \Delta E_p + \Delta E_c$$

$$Q = \Delta H$$

Como no se conoce el caudal o flujo de agua necesario, para enfriar las preformas, se calculará el calor que debe ser absorbido de las preformas.

$$Q = mC_p(T_2 - T_1) \Rightarrow Q = 100,8 \text{ kg} * 1,046 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (15 - 98)^\circ\text{C}$$

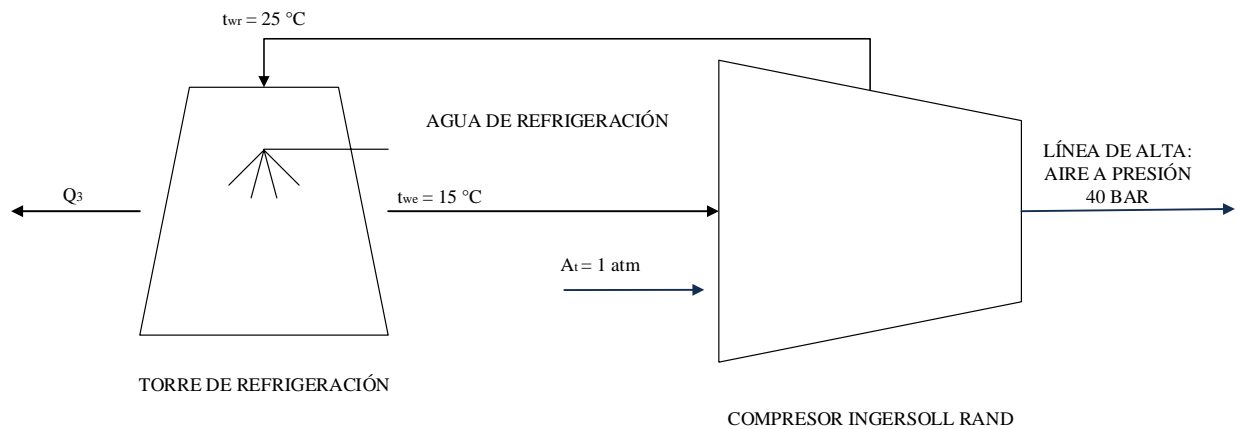
$$Q = -8751 \text{ kJ} \text{ Energía que necesita ser absorbida.}$$

Con el dato de la energía necesaria a absorber, se puede calcular el flujo másico, el calor cambia de signo a positivo puesto que ahora se entiende como un flujo que entra al sistema.

$$Cp_{H_2O} = 4180 \frac{J}{kg^{\circ}C} * \frac{1 kJ}{1000 J} \Rightarrow Cp_{H_2O} = 4,18 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}$$

$$m = \frac{8757 kJ}{4,18 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} * (25 - 10)^{\circ}C} \Rightarrow \boxed{m = 139,6 kg}$$

BALANCE DE ENERGÍA TORRE DE REFRIGERACIÓN:



$$Q = mC_p(T_2 - T_1)$$

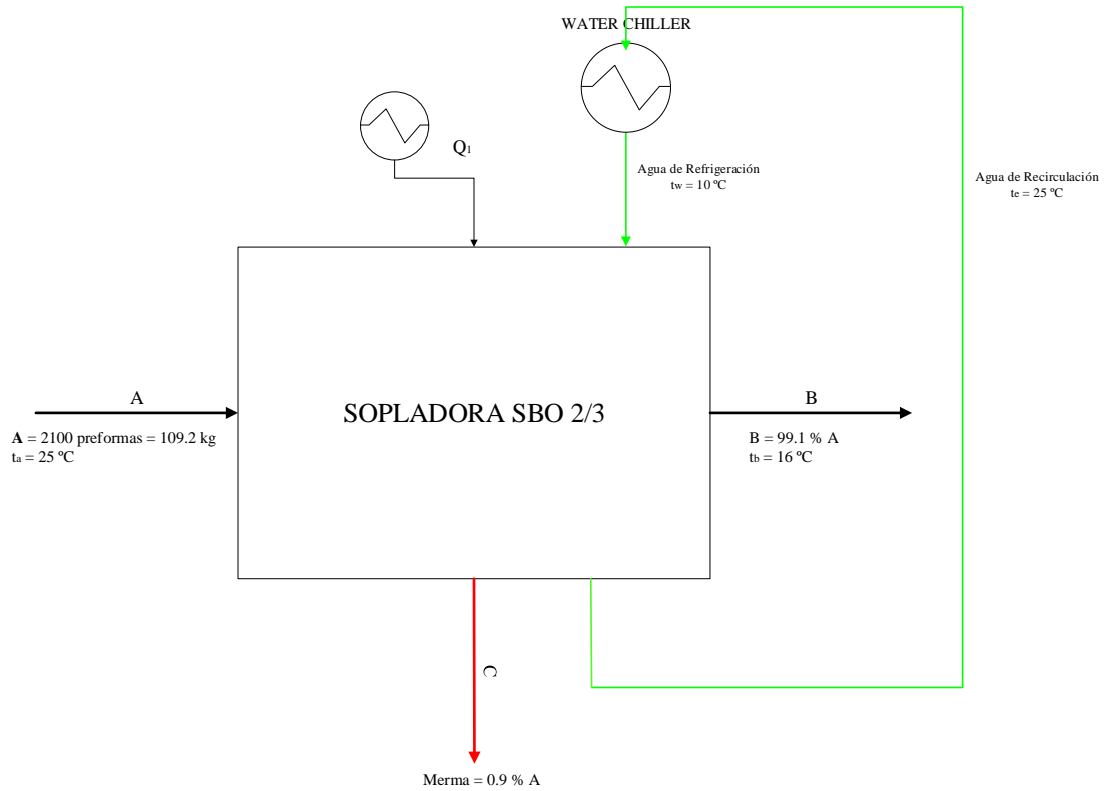
A continuación se describe cómo calcular el calor a disipar:

El caudal de agua de la torre de refrigeración = $0,79 \frac{m^3}{h}$, $\rho_{H_2O} = 1000 \frac{kg}{m^3}$

$$m = 1000 \frac{kg}{m^3} * 0,79 m^3 \Rightarrow \boxed{m = 790 kg \text{ de agua}}$$

$$Q = 790 kg * 4,18 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} * (25 - 18)^{\circ}C \Rightarrow \boxed{Q = 23115,4 kJ}$$

3.3.2. Balance de materia y energía para las preformas de 52 gr.



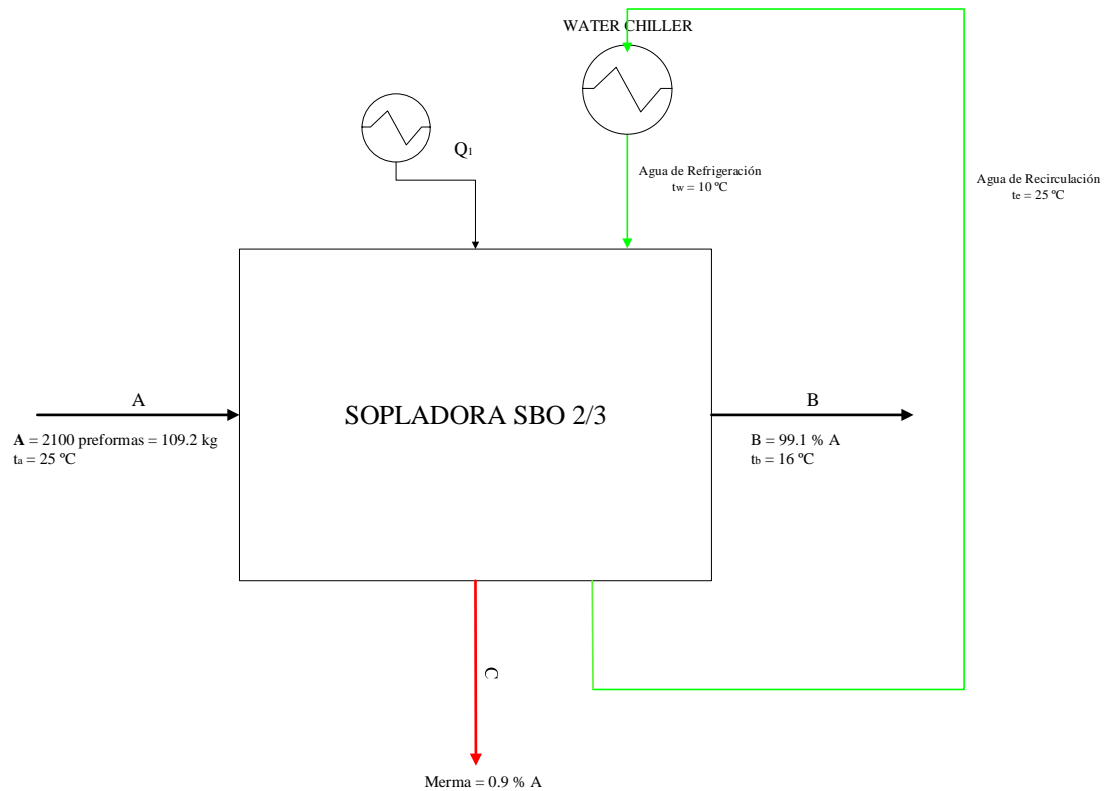
Balance de Materia:

$$A = B + C$$

$$B = A - C \Rightarrow B = 109,2\text{ kg} - 0,9828\text{ kg}$$

$$B = 108,22\text{ kg}$$

BALANCE DE ENERGÍA DEL HORNO



$$E_e - E_s + Q + W = E_a$$

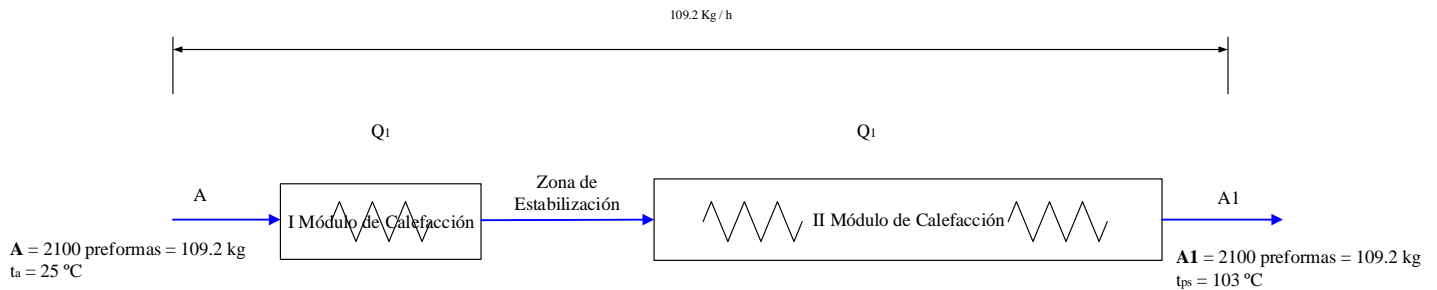
$$\left(\frac{1}{2}mv^2 + mgz + U \right)_E - \left(\frac{1}{2}mv^2 + mgz + U \right)_S + Q + W = E_a$$

$$Q - W_{ext} = (U_2 - U_1) + (P_2V_2 - P_1V_1) + (m_2gz_2 - m_1gz_1) + \frac{1}{2}(m_2v_2^2 - m_1v_1^2)$$

$$Q - W_{ext} = \Delta H + \Delta E_p + \Delta E_c$$

$$Q = \Delta H$$

- Calor ganado por la Pieza:



$$Q_{pi} = m \sum C_{p_{pi}} * \Delta T$$

Donde:

Q_{pi} = Es el calor que ganan las preformas, que se someten al tratamiento (kJ).

m = Es la masa total de las preformas que serán calentadas durante el tiempo de 1 hora (kg).

$C_{p_{pi}}$ = Es el calor específico de la pieza, en este caso PET (kJ/kg°C).

ΔT = Es la Diferencia de la temperatura inicial de entrada de la preforma y la temperatura final de la salida de la preforma (°C).

Por hora entran 2100 preformas y cada preforma tiene un peso de 52 gr., entonces:

$$\text{Masa de preformas en el horno} = 109200 \text{ g} \Rightarrow 109200 \text{ g} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \Rightarrow \boxed{m = 109,2 \text{ kg}}$$

$$C_{p_{pet}} = 0,25 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * \frac{1 \text{ J}}{0,0002 \text{ kCal}} * \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} \Rightarrow 1,04598 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \Rightarrow$$

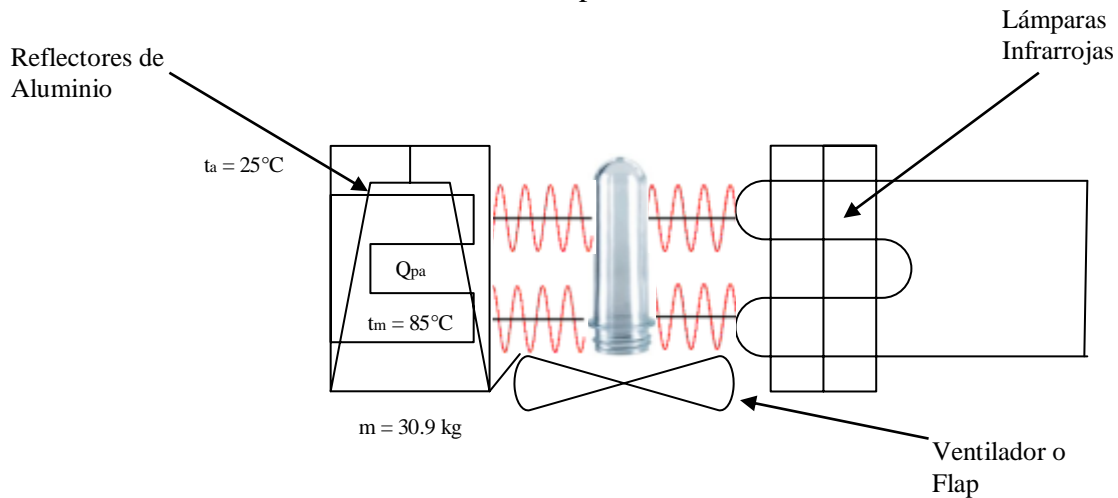
$$\boxed{C_{p_{pet}} = 1,046 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}}$$

$$\boxed{T_a = 25^\circ\text{C}}$$

$$\boxed{T_{ps} = 103^\circ\text{C}}$$

$$Q_{pi} = 109,2 \text{ kg} * 1,046 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (103 - 25)^\circ\text{C} \Rightarrow \boxed{Q_{pi} = 8909 \text{ kJ}}$$

- Calor almacenado en las paredes del horno:



$$Q_{pa} = m C_{p_{pa}} * \Delta T$$

Donde:

Q_{pa} = Es el calor almacenado en las paredes del horno (kJ).

m = Es la masa total de las paredes del horno (kg).

$C_{p_{pa}}$ = Es el calor específico del material, del que esta compuesto el horno (kJ/kg°C).

ΔT = Es la diferencia entre la temperatura media de las paredes del horno y la temperatura ambiente (°C).

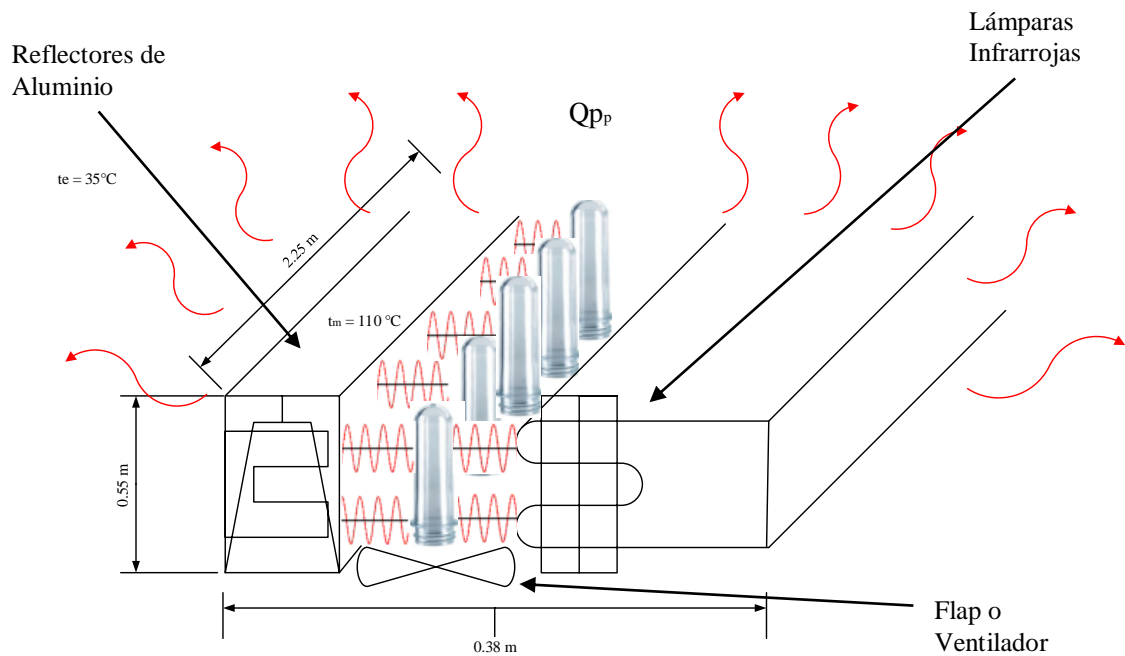
Según planos del fabricante, cada juego de lámparas, tiene un peso aproximado de 6800 g.; como se tienen 3 juegos, la masa total seria de 20400 g. y los reflectores de aluminio tienen un peso de 10500 g., entonces:

$$m = 30900 \text{ g} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \Rightarrow m = 30,9 \text{ kg}$$

$$C_{p_{ps}} = 0,21 \frac{\text{kCal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} * \frac{1 \text{ J}}{0,0002 \text{ kCal}} \Rightarrow C_{p_{ps}} = 0,879 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$Q_{ps} = 30,9 \text{ kg} * 0,879 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (85 - 25)^\circ\text{C} \Rightarrow Q_{ps} = 1630 \text{ kJ}$$

- Calor perdido por las paredes del horno:



$$Q_{pp} = kF\Delta T$$

Donde:

Q_{pp} = Es el calor que se pierde a través de las paredes del horno (W).

k = Es la conductividad térmica promedio del material del que está compuesta la pared ($\text{W}/\text{m}^\circ\text{C}$).

F = Es el factor de forma, tomando en cuenta las aristas, las esquinas y las paredes (m).

ΔT = Es la diferencia entre las temperaturas de la superficie interior y exterior del horno ($^\circ\text{C}$).

$$k = 0,15 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}$$

Las medidas del horno son: Longitud = 2,25 m ; Ancho = 0,38 m ; Alto = 0,55 m

El factor de forma para un rectángulo es: $F=6/5$

$$F = 1,2 \text{ m}$$

$$Q_{pp} = 0,15 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} * 1,2 \text{ m} * (110 - 35)^\circ\text{C} \Rightarrow$$

$$Q_{pp} = 13,5 \frac{J}{s} * \frac{1 kJ}{1000 J} * \frac{3600 s}{1 h} \Rightarrow \boxed{Q_{pp} = 48,6 kJ}$$

- Calor perdido por aberturas:

$$Q_{paber} = Q_r(AET)$$

$$Q_r = \alpha(T_G^4 - T_a^4)$$

Donde:

Q_{paber} = Es el calor que se pierde por radiación a través de las aberturas que existen en el horno (kJ/h).

Q_r = Es el calor radiado (kJ/h*m²).

AET = Es el área total efectiva por la cual se pierde calor (m²), en nuestro caso se tienen las aberturas en la entrada y salida del horno.

α = Es la constante de Stefan – Boltzmann.

T_G = Es la temperatura de los gases dentro del horno (°C).

T_a = Es la temperatura del ambiente (°C).

$$T_G = 108,2 \text{ °C}$$

$$T_a = 25 \text{ °C}$$

$$Q_r = 0,0000000567 \frac{W}{m^2 \cdot C^4} * (108,2^4 - 25^4) \cdot C^4 \Rightarrow Q_r = 7,7491 \frac{W}{m^2} \Rightarrow$$

$$\boxed{Q_r = 27,897 \frac{kJ}{hm^2}}$$

La entrada y salida del horno, tiene la siguiente área: entrada = 0,209 m² y salida = 0,209 m²

Por encima del horno se tiene la siguiente área = 0,855 m²

$$\boxed{AET = 2,128 m^2}$$

$$Q_{paber} = 27,897 \frac{kJ}{hm^2} * 2,128 m^2 \Rightarrow \boxed{Q_{paber} = 59,04 kJ}$$

Entonces la energía total requerida para las lámparas será la suma de todos los flujos calóricos calculados

$$Q_t = Q_{pi} + Q_{pa} + Q_{pp} + Q_{Paber}$$

$Q_t =$ Es el calor total requerido en el horno

$$Q_t = (8909,3 + 1630 + 48,6 + 59,36)kJ \Rightarrow \boxed{Q_t = 10646,9 kJ}$$

BALANCE DE ENERGÍA WATER CHILLER:

Como no se conoce el caudal o flujo de agua necesario, para enfriar las preformas, se calculará el calor que debe ser absorbido de las preformas.

$$Q = mC_p(T_2 - T_1) \Rightarrow Q = 109,2 \text{ kg} * 1,046 \frac{kJ}{kg^\circ C} * (16 - 103)^\circ C$$

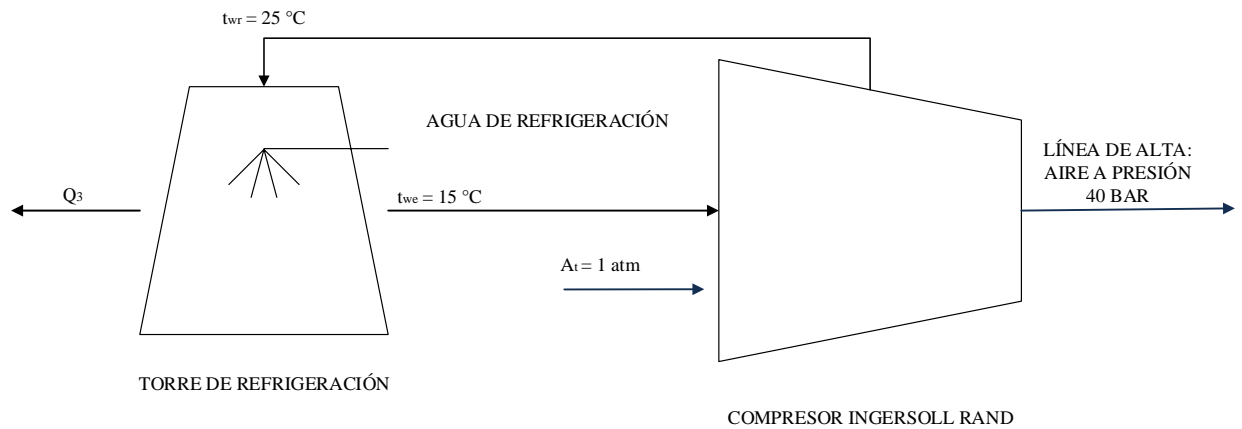
$$\boxed{Q = -9173 kJ} \text{ Energía que necesita ser absorbida.}$$

Con el dato de la energía necesaria a absorber, se puede calcular el flujo másico, el calor cambia de signo a positivo, puesto que, ahora se entiende como un flujo que entra al sistema.

$$Cp_{H_2O} = 4180 \frac{J}{kg^\circ C} * \frac{1 kJ}{1000 J} \Rightarrow Cp_{H_2O} = 4,18 \frac{kJ}{kg^\circ C}$$

$$m = \frac{9173 kJ}{4,18 \frac{kJ}{kg^\circ C} * (25 - 10)^\circ C} \Rightarrow \boxed{m = 139,6 kg}$$

BALANCE DE ENERGÍA TORRE DE RERIGERACIÓN:



$$Q = mC_p(T_2 - T_1)$$

A continuación se describe cómo calcular el calor a disipar:

El caudal de agua de la torre de refrigeración = $0,79 \frac{m^3}{h}$, $\rho_{H_2O} = 1000 \frac{kg}{m^3}$

$$m = 1000 \frac{kg}{m^3} * 0,79 m^3 \Rightarrow \boxed{m = 790 \text{ kg de agua}}$$

$$Q = 790 \text{ kg} * 4,18 \frac{kJ}{kg\text{°C}} * (25 - 18)\text{°C} \Rightarrow \boxed{Q = 74822 \text{ kJ}}$$

Los cálculos desarrollados, fueron realizados con una temperatura ambiente promedio, del departamento de Tarija de 25 °C , en verano. En el Anexo 4, se muestran los cálculos realizados con una temperatura promedio de 18°C , en invierno, esto con la finalidad de comparación con los dos extremos de temperatura ambiente en el departamento de Tarija.

3.4. Desarrollo del Estudio Técnico y Control de Calidad en los Envases de Gramaje Reducido.

El estudio se desarrollará enfatizándose con los criterios de Apariencia General, Dimensiones del Finish, Capacidad (Volumen), Dimensiones de la botella, Distribución de Resina PET, Impacto de Caída, Carga Vertical, Perpendicularidad, Stress Cracking, Estabilidad Térmica, Presión Interna y Retención de Carbonatación. Los mismos son considerados, debido a que son las pruebas que determinarán la durabilidad del envase, conservando todas las propiedades del producto íntegro, sin una elevada percepción de cambios y la resistencia mecánica y química.

3.4.1. Apariencia General

Al ser el empaque el primer punto de contacto entre la marca y el cliente, este factor es muy importante para determinar que el envase no haya sufrido o surjan cambios durante el tiempo de vida útil del producto. La botella deberá mantenerse con la apariencia, coloración y decoración, normales, sin ningún tipo de defecto visual. Se debe visualizar las botellas a través de una fuente de luz, para detectar cualquier tipo de defecto que pueda tener, ya sea en su decoración, coloración y/o apariencia.

A continuación, a modo de ejemplo, se presentan algunos tipos de defectos visuales, como referencia:

- **Contaminación:** suciedad interna no removible por el normal proceso de enjuague de botellas. Tiene una tolerancia de Cero.

Figura 3-3: Defecto Visual – Contaminación.



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2015.

- Fuera de Perpendicularidad: la botella se desvía en su eje central de la perpendicularidad con la superficie:

Figura 3-4: Defecto Visual – Fuera de Perpendicularidad.



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2015.

- Rosca Mal Formada: trayectoria incompleta del hilo del finish.

Figura 3-5: Defecto Visual – Rosca Mal Formada.



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2015

- Opalescencia: botella que está totalmente opaca o deslúcida, la cual es debido a un recalentamiento.

Figura 3-6: Defecto Visual – Opalescencia.



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2015.

- Perlescencia: botella con apariencia aperlada, se distingue este defecto debido a que la causa es un sobre-estiraje en frío.

Figura 3-7: Defecto Visual – Perlescencia.



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2015

- Anillo en el Cuello: excesivo espesor en la zona del cuello con forma de anillo.

Figura 3-8: Anillo en el Cuello.



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2015

- Punto de Inyección descentrado: Punto de inyección descentrado de su posición

Figura 3-9: Punto de Inyección Descentrado.



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2015.

3.4.2. Dimensiones del Finish.

Esta prueba es esencial para garantizar que la misma cumpla con todas las especificaciones técnicas y garantizar de esta manera un correcto proceso de soplado, como así también el cierre completamente hermético entre el envase y la tapa.

El Finish utilizado para todas las producciones es el estándar FINISH 28 MM PCO STD 1816 para las cuales se cuenta con un calibre de aprobación o rechazo diseñado específicamente para este tipo de Finish, o también puede ser utilizado un vernier o pie de rey, para medir las longitudes y diámetros y los mismos se encuentren dentro de las especificaciones técnicas.

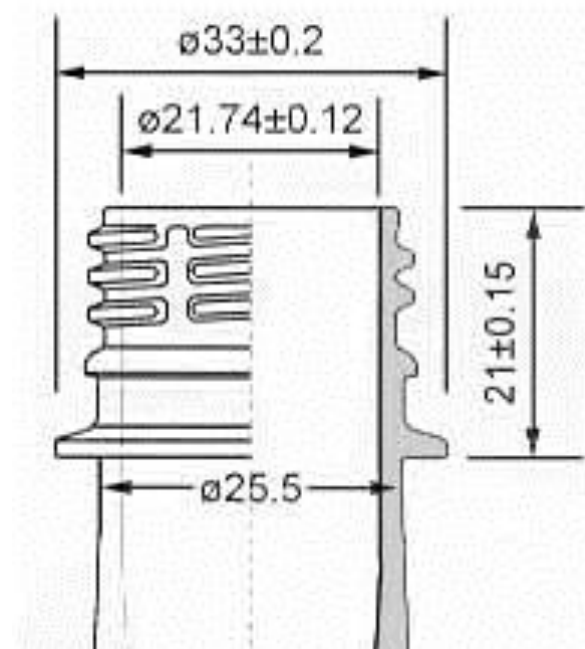
A continuación se presentan las imágenes del calibre de aprobación o rechazo y de las dimensiones del FINISH 28 MM PCO:

Figura 3-10: Calibre de Aprobación para el Finish 28 PCO.



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2015.

Figura 3-11: Dimensiones del Finish 28 PCO



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2015

3.4.3. Capacidad (Volumen).

Esta prueba sirve para determinar el contenido neto de la botella, en el punto de llenado²¹, para garantizar que se encuentre dentro de las especificaciones de la empresa. Se entiende como nivel de llenado a la distancia entre la superficie de sellado de la botella y la parte inferior del menisco del líquido.

Para realizar esta prueba se debe tarar la balanza a cero y pesar la botella seca vacía, este peso debemos registrarlo. Luego se debe ver la altura de llenado para el formato correspondiente; a continuación se presentan las alturas de llenado ya establecidas por la compañía para cada formato de 2000 ml. de las pruebas:

Tabla III-2: Nivel de punto de Llenado.

FORMATO	PUNTO DE LLENADO (mm)
CC 2000	53,5
FN 2000	53,5
SP 2000	56
SB 2000	56
MN 2000	56

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Con el dato de la altura de llenado se debe llenar la botella con agua hasta este punto (utilizar el medidor de profundidad del vernier para determinar el límite de llenado), evitando mojar la pared exterior de la misma, con un termómetro medir la temperatura del agua, para determinar la densidad de la misma en función de su temperatura (este dato se lo puede sacar de tablas). Pesar la botella llena en la balanza y registrar este dato. El contenido neto (volumen) en el punto de llenado se determina con la siguiente fórmula:

²¹ El nivel en el punto de llenado, se entiende como la distancia entre la superficie de sellado de la botella y la parte inferior del menisco del líquido.

$$V = \frac{m_{\text{punto de llenado}} - m_{\text{botella vacia}}}{\rho_{H_2O}}$$

3.4.4. Dimensiones de la Botella.

Estas pruebas sirven para determinar que las medidas de la botella en general se encuentren dentro de las especificaciones, según cada formato y por modelo de la botella.

A continuación se presentan las medidas estándar de las botellas para cada formato:

Tabla III-3: Dimensiones y Límites Permisibles para los Envases.

FORMATO	DIMENSIONES				
	ALTURA (mm)	DIÁMETRO HOMBRO (mm)	DIÁMETRO PANEL DE ETIQUETA (mm)	DIÁMETRO DE CINTURA (mm)	DIÁMETRO DE TALÓN (mm)
CC 2000	343,40 +1,2/-1,5	104,0 +0,75/-1,0	102 +0,75/-1,0	92,1 +0,75/-1,0	104,0 +0,75/-1,0
FN 2000	343,0 +1,2/-1,5	98,0 +0,75/-1,0	74,89 +0,75/-1,0	74,89 +0,75/-1,0	104,0 +0,75/-1,0
SP 2000	344,0 +1,2/-1,5	104,0 +0,75/-1,0	103,0 +0,75/-1,0	91,5 +0,75/-1,0	104,0 +0,75/-1,0
SB 2000	344,0 +1,2/-1,5	104,0 +0,75/-1,0	101,2 +0,75/-1,0	N/A	104,0 +0,75/-1,0
MN 2000	344,0 +1,2/-1,0	104,0 +0,75/-1,0	102,0 +0,75/-1,0	N/A	104,0 +0,75/-1,0

Fuente: Elaboración Propia 2015

Primero se comienza a determinar la altura de la botella, es importante que la base de medición sea firme y tenga una superficie plana y horizontal. Bajar el medidor de altura hasta tocar la base, en ese punto colocar el medidor de altura a cero, reseteando el medidor. Subir el medidor hasta sobre de la botella y volver a bajar hasta tocar levemente la botella.

3.4.5. Distribución de la Resina PET.

Esta prueba es importante, en el sentido de que nos indica cómo está distribuido el material en toda la superficie de la botella, la cual garantizará un óptimo desempeño en sus propiedades mecánicas, buena barrera al CO₂, disminución de material amorfo en el fondo, etc.

Se debe proceder con el corte de la botella en tres secciones, de acuerdo a la altura indicada a continuación:

Tabla III-4: Altura del Corte de Sección

FORMATO	CORTES POR SECCIONES	
	SECCIÓN INFERIOR (mm)	SECCIÓN SUPERIOR (mm)
CC 2000	53,40	220,00
FN 2000	51,00	220,00
SP 2000	45,00	220,00
SB 2000	45,00	220,00
MN 2000	40,00	195,00

Fuente: Elaboración Propia 2015

Quedando como se muestran en la siguiente imagen:

Figura 3-12: Corte por Secciones.



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2015.

Medir el espesor con un micrómetro de punto²², para tal caso se debe cerrar completamente el micrómetro, tarar a cero y comenzar a determinar los espesores de la pared de la botella.

3.4.6. Impacto de Caída.

Esta prueba de caída vertical y horizontal de la botella es para determinar su resistencia mecánica, se debe proceder con las pruebas de caídas vertical y horizontal, luego de haber estado en un reposo mínimo de 16 horas almacenada a una temperatura de 0 °C, procediendo de la siguiente forma:

La botella llena con producto debe ser soltada a una altura de 1.8 metros, en la prueba de caída vertical, debe impactar el fondo de la botella contra el suelo y en la prueba de caída horizontal debe impactar el lado de la botella contra el suelo.

²² La medición debe realizarse en las 8 partes de la botella (Centro de Fondo, Base del Pétalo, Curvatura de Radio, Talón, Cintura, Panel de Etiqueta, Hombro y Curvatura de Hombro).

Figura 3-13: Prueba de Caída Vertical.



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2015

3.4.7. Carga Vertical.

En esta prueba se analiza la cantidad de carga vertical soportada (fuerza sobre el área de la botella) y la zona de fracaso, que se traduce en el rendimiento del envase al momento de ser almacenado en pallets uno sobre otro.

Para realizar esta prueba es importante que la botella haya reposado al menos 72 horas, esto para que las moléculas del PET hayan alcanzado el equilibrio en su nueva forma.

Se debe proceder a colocar la botella en el dispositivo neumático para ejercer la presión sobre la botella y se debe proceder con la apertura de la línea de presión de aire a una velocidad constante, tomando nota al momento del fracaso del envase.

3.4.8. Perpendicularidad.

Esta prueba determina la correcta orientación de la botella, es decir que el Finish de la botella forme un ángulo de 90° con la superficie de descanso de la botella.

Con el equipo de medidor de perpendicularidad, se debe sacar el indicador de prueba de contacto o la punta de trazar del medidor de altura y colocar en el soporte del medidor de profundidad.

Acercar la punta del medidor a la altura del Finish de la botella, acercando la parte que más se aleja y girar la botella.

3.4.9. Stress Cracking.

En esta prueba se evalúa la resistencia al stress crack (esfuerzo – tensión) de la botella y el tiempo de explosión y la aparición de crazes, si hubiera. De esta manera se puede simular el fallo asociado con el agrietamiento por esfuerzo, garantizando que la botella pueda soportar las diferentes condiciones del ambiente durante el tiempo de vida útil.

Para realizar la prueba se debe tener una solución de NaOH al 2% P/P.

Llenar la botella con agua hasta el punto de llenado y luego colocar las válvulas de cierre hermético y aumentar la presión interna hasta 5.24 atm. y cerrar las válvulas, observando que la botella no pierda presión interna, durante un tiempo de 5 min.

Se debe proceder a sumergir la botella en el recipiente que contiene NaOH y tapar herméticamente durante los 10 minutos que dura la prueba. Una vez

terminado este tiempo se debe inspeccionar de manera visual las bases de las botellas.

Para que exista un agrietamiento por esfuerzo en el PET, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Amorformidad del PET: Hace referencia a las zonas del PET que no tuvieron una buena distribución, razón por la cual se encuentran en estado amorfo y las hacen susceptibles a ataques de hidrólisis de manera más rápida.

La amorformidad del PET se da a causa de un mal procesado; a medida que la botella es almacenada el PET tiende a desorganizarse poco a poco encogiéndose y aumentando el índice de amorformidad en las zonas de la base.

- Reacción Química: El PET tiende a hidrolizarse con muchos tipos de agentes químicos, lubricantes de cintas, agua con pH elevado, soluciones caústicas, etc. Entre todos estos el más dañino es el NaOH.
- Esfuerzos Mecánicos: Hace referencia a las distintas fuerzas a la que está sometida la botella ya sea en su sistema o en su entorno, como por ejemplo: presión interna, incremento de la presión interna a causa de un incremento de temperatura, golpes o rudos tratos realizados a la botella, etc.

Estos factores son acumulativos y una vez juntados los 3 y sobrepasado el límite de resistencia del PET empiezan a formarse los Crazes y después viene la ruptura total de la base.

3.4.10. Estabilidad Térmica del Envase PET.

En esta prueba se determina, la estabilidad de la botella a diferentes cambios de temperatura, pues a medida que aumenta también lo hace la presión interna del envase, provocando un aumento de su volumen y trayendo consigo la disminución de la altura de llenado del líquido.

Si el aumento de volumen del envase es elevado, el nivel líquido disminuye notoriamente, dando un mal aspecto al consumidor.

La prueba de estabilidad térmica, tiene tres etapas, la primera consiste en medir todas las dimensiones de la botella vacía y la perpendicularidad de la misma, en la segunda etapa, la botella debe ser llenada con producto Coca Cola, a un volumen de 4.28 %V CO₂ y dejarla reposar durante 1 hora a una temperatura de 22 °C, después del reposo se debe medir todas las dimensiones de la botella, midiendo también la altura del punto de llenado. En la última etapa las botellas deben ser dejadas en reposo durante un tiempo de 24 horas a una temperatura de 38 °C; posteriormente, las botellas deben ser sacadas, para nuevamente medir todos los atributos realizados en la segunda etapa. Es necesario mencionar que las botellas para las tres etapas son las mismas.

3.4.11. Presión Interna del Envase PET.

Esta prueba determina la presión interna máxima soportada por la botella, garantizando la seguridad del empaque y su entorno, aun en condiciones totalmente negativas para el envase.

Para realizar esta prueba se debe proceder con el llenado completo de la botella con agua, posteriormente se debe conectar la botella, a una bomba hidráulica con un cierre adaptado para el tipo de Finish.

Una vez conectada la botella a la bomba, se procede con el bombeo del mismo, hasta alcanzar una presión de 8.61 BAR. dejar reposar por 15 segundos y después incrementar la presión hasta alcanzar una presión de 20.67 BAR o falla de la botella.

3.4.12. Retención de Carbonatación del Envase PET.

Esta prueba sirve para determinar el % en volumen de CO₂ que es retenido por el envase, durante un tiempo de evaluación de 18 semanas (4.5 meses); de esta manera se puede determinar el tiempo de vida útil del producto.

Para realizar la prueba se debe embotellar el envase con producto a 4.2 % V CO₂, en donde se debe proceder a determinar el % V CO₂ de los envases embotellados en 7 puntos de control, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla III-5: Tiempo de ejecución para las pruebas de Retención de Carbonatación

PUNTOS DE CONTROL	TIEMPO PARA EJECUCIÓN	UNIDAD
1	0	horas
2	24	horas
3	2	semanas
4	4	semanas
5	6	semanas
6	12	semanas
7	18	semanas

Fuente: Elaboración Propia 2015

Figura 3-14: Muestras para Realizar la Prueba de Retención de Carbonatación.



Fuente: EMBOL S.A. Tarija 2014

Los equipos y materiales utilizados para elaborar todas las pruebas descritas, se encuentran en el Anexo 2 “Requerimiento y Disponibilidad de equipos y materiales”.

De igual forma, se trabajó en base al cronograma descrito en el Anexo 1.

3.5. Desarrollar los Sistemas de Seguimiento, Vigilancia y Control de la Optimización de la Planta de Soplado de Envases PET en EMBOL S.A. Tarija.

Las pruebas fueron realizadas de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla III-6: Plan de Seguimiento y Criterio de Éxito para las Pruebas de Validación.

Tipo de pruebas a realizar	Método de Recolección	Cantidad de datos	Especificaciones de Salida	Criterio de Éxito
Apariencia General.	Se procede con el muestreo de 108 botellas, que se tomarán al momento de la producción.	Se pone énfasis en la observación de la apariencia, color y decoración de la botella, generando de esta manera 324 datos	La botella debe presentar apariencia, coloración y decoración, normales, sin ningún tipo de defecto visual.	Sin ningún defecto visual, consecutivo o crítico.
Dimensionales (Finish).	Se procede con el muestreo de 12 botellas, que son tomadas al momento de la producción.	Se analiza el diámetro de la rosca y del anillo de la pollera, altura externa del Finish, diámetro externo de la boca y diámetro del anillo del cierre, generando un total de 60 datos.	Las mediciones se realizan con el calibre "pasa no pasa" 28-PCO, las cuales todas los atributos medidos por el calibre, deben ser satisfactorias.	Todas las pruebas deben estar dentro de las especificaciones exigidas por la Firma.
Capacidad.	Se procede con el muestreo de 12 botellas, al momento de la producción.	Se analiza el cont. Neto de la botella llena y en el punto de llenado, generando un total de 24 datos.	El Cont. Neto en la altura del punto de llenado deberá encontrarse dentro de las siguientes especificaciones: $< 1\text{lt} \dots \pm 0,75 \%$ $> 1\text{lt} \dots \pm 0,5\%$	El promedio del Cont. Neto debe encontrarse dentro de las especificaciones exigidas por la Firma.

Tabla III-6: Plan de Seguimiento y Criterio de Éxito para las Pruebas de Validación.

Tipo de pruebas a realizar	Método de Recolección	Cantidad de datos	Especificaciones de Salida	Criterio de Éxito																
Dimensionales.	Se procede con el muestreo de 12 botellas, al momento de la producción.	Se procede con el análisis de las dimensiones de la botella (diámetro talón, cintura, panel, hombro y altura de la botella), generando un total de 60 datos	<p>Los datos de diámetro y altura deberán encontrarse dentro de los siguientes parámetros:</p> <table border="1" data-bbox="1050 487 1743 649"> <thead> <tr> <th>Tamaño</th> <th>Altura (mm)</th> <th>Diámetro (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 a 510 ml</td> <td>+0,6 -1,25</td> <td>+0,5 -0,65</td> </tr> <tr> <td>510 a 1480 ml</td> <td>+0,75 -1,60</td> <td>+0,60 -0,85</td> </tr> <tr> <td>1481 a 4000 ml</td> <td>+1,20 -1,50</td> <td>+0,75 -1,00</td> </tr> </tbody> </table>	Tamaño	Altura (mm)	Diámetro (mm)	0 a 510 ml	+0,6 -1,25	+0,5 -0,65	510 a 1480 ml	+0,75 -1,60	+0,60 -0,85	1481 a 4000 ml	+1,20 -1,50	+0,75 -1,00	El promedio de las pruebas dimensionales debe encontrarse dentro de las especificaciones exigidas por la Firma.				
Tamaño	Altura (mm)	Diámetro (mm)																		
0 a 510 ml	+0,6 -1,25	+0,5 -0,65																		
510 a 1480 ml	+0,75 -1,60	+0,60 -0,85																		
1481 a 4000 ml	+1,20 -1,50	+0,75 -1,00																		
Distribución de resina	Se procederá con el muestreo de 12 botellas, al momento de la producción	Se analizará el espesor de la botella en: centro de fondo; base de pétalo; curvatura de ratio; talón; cintura; panel; hombro y curvatura de hombro), generando un total de 96 datos	<p>Los límites extremos mínimos, de espesor admitidos, son:</p> <table border="1" data-bbox="1134 747 1680 1136"> <tbody> <tr> <td>Centro de fondo</td> <td>1,33</td> </tr> <tr> <td>Base de pétalo</td> <td>0,18</td> </tr> <tr> <td>Curvatura de ratio</td> <td>0,22</td> </tr> <tr> <td>Talón</td> <td>0,22</td> </tr> <tr> <td>Panel</td> <td>0,22</td> </tr> <tr> <td>Curvatura de Hombro</td> <td>0,22</td> </tr> <tr> <td>Hombro</td> <td>0,26</td> </tr> <tr> <td>Cintura</td> <td>0,26</td> </tr> </tbody> </table>	Centro de fondo	1,33	Base de pétalo	0,18	Curvatura de ratio	0,22	Talón	0,22	Panel	0,22	Curvatura de Hombro	0,22	Hombro	0,26	Cintura	0,26	El promedio de los espesores deberán encontrarse dentro de especificaciones.
Centro de fondo	1,33																			
Base de pétalo	0,18																			
Curvatura de ratio	0,22																			
Talón	0,22																			
Panel	0,22																			
Curvatura de Hombro	0,22																			
Hombro	0,26																			
Cintura	0,26																			

Tabla III-6: Plan de Seguimiento y Criterio de Éxito para las Pruebas de Validación.

Tipo de pruebas a realizar	Método de Recolección	Cantidad de datos	Especificaciones de Salida	Criterio de Éxito
Impacto caída.	Se procede con el muestreo de 24 botellas, tomadas al momento de la producción.	Se debe evaluar la caída de la botella en forma vertical y horizontal. 12 para cada prueba respectivamente, generando un total de 24 datos	La botella no debe presentar explosión, grietas o grandes deformaciones.	Ninguna botella rota o agrietada.
Carga vertical.	Se procede con el muestreo de 12 botellas, tomadas al momento de la producción.	Se debe analizar la cantidad de carga vertical soportada y el lugar de fracaso, generando un total de 24 datos.	Las botellas deben ser capaces de soportar una carga mínima de 30 Kg.	El promedio de la carga soportada debe ser como mínimo 30 kg.
Perpendicularidad.	Se procede con el muestreo de 12 botellas, tomadas al momento de la producción.	Se debe realizar la medición de perpendicularidad de las botellas, generando un total de 24 datos	Las botellas no deben presentar una desviación mayor a 6.4 mm en perpendicularidad.	En promedio las botellas deben tener como máximo una perpendicularidad de 6.4 mm.

Tabla III-6: Plan de Seguimiento y Criterio de Éxito para las Pruebas de Validación.

Tipo de pruebas a realizar	Método de Recolección	Cantidad de datos	Especificaciones de Salida	Criterio de Éxito														
Stress Cracking.	Se procede con el muestreo de 12 botellas, tomadas al momento de la producción.	Se debe evaluar la resistencia al stress crack de la botella y el tiempo de explosión o la aparición de crazes, generando un total de 12 datos.	La botella, no debe presentar explosión o grietas.	Ninguna botella rota o agrietada.														
Estabilidad Térmica.	Se procede con el muestreo de 12 botellas, tomadas al momento de la producción.	Se debe evaluar la resistencia a la deformación de la botella, tras un aumento de temperatura durante un periodo de tiempo, generando un total de 12 datos.	<p>Las botellas no deben presentar un excesivo aumento de sus dimensiones, los límites máximos permitidos son:</p> <table border="0" data-bbox="1081 771 1732 1136"> <tr> <td>Aumento de altura</td> <td>3,50%</td> </tr> <tr> <td>Aumento de diámetro (Hombro)</td> <td>3,00%</td> </tr> <tr> <td>Aumento de diámetro (Panel de Etiqueta)</td> <td>3,00%</td> </tr> <tr> <td>Aumento de diámetro (Cintura)</td> <td>3,00%</td> </tr> <tr> <td>Aumento de diámetro (Talón)</td> <td>3,00%</td> </tr> <tr> <td>Caída del Punto de llenado</td> <td>40 mm (Max)</td> </tr> <tr> <td>Perpendicularidad</td> <td>6 mm (Max)</td> </tr> </table>	Aumento de altura	3,50%	Aumento de diámetro (Hombro)	3,00%	Aumento de diámetro (Panel de Etiqueta)	3,00%	Aumento de diámetro (Cintura)	3,00%	Aumento de diámetro (Talón)	3,00%	Caída del Punto de llenado	40 mm (Max)	Perpendicularidad	6 mm (Max)	El promedio de las desviaciones deben encontrarse dentro de especificaciones exigidas por la Firma.
Aumento de altura	3,50%																	
Aumento de diámetro (Hombro)	3,00%																	
Aumento de diámetro (Panel de Etiqueta)	3,00%																	
Aumento de diámetro (Cintura)	3,00%																	
Aumento de diámetro (Talón)	3,00%																	
Caída del Punto de llenado	40 mm (Max)																	
Perpendicularidad	6 mm (Max)																	
Presión Interna.	Se procede con el muestreo de 12 botellas, tomadas al momento de la producción.	Se debe determinar la presión interna soportada por la botella, generando un total de 12 datos	La botella, después de ser sometida a una presión de 125 psi, no debe presentar explosión o grietas.	Ninguna botella rota o agrietada.														

Tabla III-6: Plan de Seguimiento y Criterio de Éxito para las Pruebas de Validación.

Tipo de pruebas a realizar	Método de Recolección	Cantidad de datos	Especificaciones de Salida	Criterio de Éxito
Descarbonatación.	Se procede con el muestreo de 126 botellas, al momento de la producción. Posteriormente dichas botellas deben ser llenadas con producto a 4.2 volúmenes de CO ₂ .	Se determinará el ratio de pérdida de carbonatación en el transcurso de 18 semanas. Donde se realizarán 7 puntos de control, en cada punto serán analizadas 18 botellas, generando un total de 126 datos	La botella no debe presentar una pérdida de CO ₂ mayor a 0,65 volúmenes de CO ₂ .	Al concluir 14 semanas la botella debe encontrarse dentro de las especificaciones exigidas por la Firma.

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de EMBOL S.A. Tarija. 2015.

Como se puede observar en la “Tabla IV-6”, son pruebas que sirvieron para evaluar las propiedades mecánicas, físicas y químicas, en ese sentido muchas de las pruebas mencionadas nos pueden dar con gran acierto, como se está desarrollando el proceso de Soplado, y garantizar que la botella cumpla con las especificaciones que se necesitan. En la siguiente tabla, se muestran las frecuencias que se recomienda establecer:

Tabla III-7: Plan de Seguimiento y Control de la Reducción de Gramaje.

Pruebas a Realizar	Método de Recolección	Frecuencia de la Prueba	Especificaciones de Salida			Criterio de Éxito
Apariencia General.	Se debe tomar de la línea de producción una botella por molde.	1 hora.	La botella debe presentar apariencia, coloración, olor y decoración, normales, sin ningún tipo de defecto visual.			Sin ningún defecto visual, consecutivo o crítico.
Dimensionales.	Una vez realizada la prueba de Apariencia General, con las mismas muestras, proceder con esta prueba.	1 hora.	Los datos de diámetro y altura deberán encontrarse dentro de los siguientes parámetros:			Los datos de las pruebas dimensionales deberán encontrarse dentro de las especificaciones.
			Tamaño	Altura (mm)	Diámetro(mm)	
			0 a 510 ml 510 a 1480 ml 1481 a 4000 ml	+0,6 -1,25 +0,75 -1,60 +1,20 -1,50	+0,5 -0,65 +0,60 -0,85 +0,75 -1,00	
Capacidad.	Realizar esta prueba, una vez terminada, la prueba de dimensiones.	1 hora.	El Cont. neto en la altura del punto de llenado deberá encontrarse dentro de las siguientes especificaciones: < 1lt.....± 0,75 % > 1lt.....±0,5%			El Cont. Neto deberá encontrarse dentro de especificaciones.

Tabla III-7: Plan de Seguimiento y Control de la Reducción de Gramaje.

Pruebas a Realizar	Método de Recolección	Frecuencia de la Prueba	Especificaciones de Salida		Criterio de Éxito
Stress Cracking.	Utilizar las botellas, con el agua en el punto de llenado (prueba de Cont. Neto).	4 horas	La botella, no deberá presentar explosión o grietas.		Ninguna botella rota o agrietada, por un tiempo de 10 minutos.
Presión Interna.	Sacar una muestra por molde.	4 horas	La botella, después de ser sometida a una presión de 125 psi, no deberá presentar explosión o grietas.		Ninguna botella rota o agrietada a 125 psi.
Perpendicularidad.	Tomar una muestra por molde.	1 hora	Las botellas no deberán presentar una desviación mayor a 6.4 mm en perpendicularidad.		Los resultados de las botella deben tener como máximo una perpendicularidad de 6.4 mm
Distribución de resina.	Utilizar las botellas utilizadas para la prueba de perpendicularidad.	1 hora.	Los límites extremos mínimos, de espesor admitidos, son (todo en mm):		Los valores de los espesores deben encontrarse dentro de especificaciones exigidas por la Firma.
			Centro de fondo	1,33	
			Base de pétalo	0,18	
			Talón	0,22	
			Panel	0,22	
			Curvatura de Hombro	0,22	
Hombro	0,26				

Tabla III-7: Plan de Seguimiento y Control de la Reducción de Gramaje.

Pruebas a Realizar	Método de Recolección	Frecuencia de la Prueba	Especificaciones de Salida		Criterio de Éxito
			Cintura	0,26	
Impacto caída.	Tomar una muestra por molde.	4 horas	La botella no deberá presentar explosión, grietas o grandes deformaciones.		Ninguna botella rota o agrietada.
Carga vertical.	Tomar una muestra por molde.	4 horas	Las botellas deberán ser capaces de soportar una carga mínima de 30 Kg.		Los datos de la carga soportada debe ser como mínimo 30 kg.

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de EMBOL S.A. Tarija. 2015

Todas las pruebas deben volver a realizarse en caso de existir algún cambio en las condiciones de proceso de soplado. Si se hace un estudio sobre la capacidad real de proceso²³ de soplado de envases PET, y el resultado de este estudio, el C_{pk} , es menor a 1,33 entonces se puede dar frecuencias de pruebas más amplias, dado que es un proceso confiable.

En el Anexo 3 se encuentran la estandarización de los datos de los procesos para los 5 tipos de formatos.

3.6. Interpretación de los Resultados Obtenidos, de la Optimización del Proceso de Soplado de Envases PET en EMBOL S.A. Tarija.

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas de acuerdo al desarrollo de estudio técnico y control de calidad:

²³ C_{pk} : Es un cálculo estadístico sobre la capacidad del proceso para producir un resultado dentro de límites predefinidos, esto con la finalidad de demostrar que el proceso es fiable y está bajo control.

Tabla III-8: Resumen de resultados de los formatos 2000 OW.

CC 2000 OW						
Detalle de las Pruebas Realizadas						
Prueba		Resultados	Especificación			Comentario
			LEI	OBJ	LES	
Apariencia		OK	OK			Conforme
Capacidad punto de llenado	Max Min Prom	2004,06 1999,52 2001,25	1990 ml	2000 ml	2010 ml	Conforme
Altura	Max Min Prom	344,59 344,14 344,43	341,9 mm	343,4 mm	344,6 mm	Conforme
Diámetro :						
Hombro	Max Min Prom	103,54 103,17 103,36	103,00 mm	104,00 mm	104,75 mm	Conforme
Panel de etiqueta	Max Min Prom	102,47 101,99 102,26	101,00 mm	102,00 mm	102,75 mm	Conforme
Cintura	Max Min Prom	92,84 92,00 92,48	91,10 mm	92,10 mm	92,85 mm	Conforme
Talón	Max Min Prom	104,62 103,32 104,07	103,00 mm	104,00 mm	104,75 mm	Conforme
Diámetro cuello	Max Min Prom	25,69 25,59 25,64	25,16 mm	26,16 mm	26,91 mm	Conforme
Perpendicularidad	Max Min Prom	4,32 1,27 3,07	< 6,40 mm			Conforme

Estabilidad térmica --- (38°C Temp)				
1- Explosión:		Ninguna	Ninguna	Conforme
2- Desarrollo de fondos de mecedora		Ninguna	Ninguna	Conforme
3- Apariencia inamisible:		Ninguna	Ninguna	Conforme
4- Aumento de altura: (Prom %)		0,64%	3,5%	Conforme
5- Aumento de diametro: (Prom %)				
Hombro		0,65%	3,0%	Conforme
Panel de etiqueta		0,77%	3,0%	Conforme
Cintura		1,04%	3,0%	Conforme
Talón		0,35%	3,0%	Conforme
6- Caída del punto de llenado (Prom mm)		5,91	40 mm	Conforme
7- Perpendicularidad (Prom mm)		0,36	9 mm	Conforme
Carga vertical (Prom Kg)		35,00	Min 30,00 Kg	Conforme
Caída impacto a 4 °C				
Botelas rotas	Vertical	Ninguna	Ninguna	Conforme
	Horizontal	Ninguna	Ninguna	Conforme
Presión interna		9,16	> 8,62 BAR	Conforme
Peso de la botella (Prom gr)		47,84	47,50 48,00 48,50	Conforme
Distribución resina (Prom mm)				
Curvatura Hombro		0,29	> 0,26	Conforme
Hombro		0,22	> 0,22	Conforme
Panel		0,25	> 0,22	Conforme
Talón		0,25	> 0,22	Conforme
Cintura		0,30	> 0,26	Conforme
Curvatura Radio		0,19	> 0,19	Conforme
Base del petalo		0,28	> 0,18	Conforme
Centro fondo		2,76	> 1,33	Conforme
Retención carbonatación				
Tiempo de caducidad		14	14 Semanas	Conforme

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla III-9: Resumen de resultados de FN 2000 OW.

FN 2000 OW						
Detalle de las Pruebas Realizadas						
Prueba		Resultados	Especificación			Comentario
			LEI	OBJ	LES	
Apariencia		OK	OK			Conforme
Capacidad punto de llenado	Max Min Prom	2009,97 2006,02 2007,56	1990 ml	2000 ml	2010 ml	Conforme
Altura	Max Min Prom	344,19 343,29 343,96	341,5 mm	343 mm	344,2 mm	Conforme
Diámetro :						
Hombro	Max Min Prom	98,72 97,52 98,47	97,00 mm	98,00 mm	98,75 mm	Conforme
Panel de etiqueta	Max Min Prom	101,67 100,72 101,13	100,36 mm	101,36 mm	102,11 mm	Conforme
Cintura	Max Min Prom	75,16 74,12 74,70	73,89 mm	74,89 mm	75,64 mm	Conforme
Talón	Max Min Prom	104,74 104,16 104,51	103,00 mm	104,00 mm	104,75 mm	Conforme
Diámetro cuello	Max Min Prom	25,69 25,62 25,65	25,19 mm	26,19 mm	26,94 mm	Conforme
Perpendicularidad	Max Min Prom	4,57 1,52 2,75	< 6,40 mm			Conforme

Estabilidad térmica --- (38°C Temp)				
1- Explosión:		Ninguna	Ninguna	Conforme
2- Desarrollo de fondos de mecedora		Ninguna	Ninguna	Conforme
3- Apariencia inamisible:		Ninguna	Ninguna	Conforme
4- Aumento de altura:	(Prom %)	0,64%	3,5%	Conforme
5- Aumento de diámetro:	(Prom %)			
Hombro		0,16%	3,0%	Conforme
Panel de etiqueta		1,11%	3,0%	Conforme
Cintura		2,73%	3,0%	Conforme
Talón		0,71%	3,0%	Conforme
6- Caída del punto de llenado	(Prom mm)	5,45	40 mm	Conforme
7- Perpendicularidad	(Prom mm)	0,66	9 mm	Conforme
Carga vertical	(Prom Kg)	35,00	Min 30,00 Kg	Conforme
Caída impacto a 4 °C				
Botelas rotas	Vertical Horizontal	Ninguna Ninguna	Ninguna Ninguna	Conforme Conforme
Presión interna		9,31	> 8,62 BAR	Conforme
Peso de la botella	(Prom gm)	47,89	47,50 48,00 48,50	Conforme
Distribucion resina	(Prom mm)			
Curvatura Hombro		0,28	> 0,26	Conforme
Hombro		0,23	> 0,22	Conforme
Panel		0,26	> 0,22	Conforme
Talón		0,26	> 0,22	Conforme
Cintura		0,26	> 0,26	Conforme
Curvatura Radio		0,19	> 0,19	Conforme
Base del petalo		0,25	> 0,18	Conforme
Centro fondo		2,93	> 1,33	Conforme
Retención carbonatación				
Tiempo de caducidad		16,49	14 Semanas	Conforme

Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla III-10: Resumen de resultados de MN 2000 OW.

MN 2000 OW						
Detalle de las Pruebas Realizadas						
Prueba		Resultados	Especificación			Comentario
			LEI	OBJ	LES	
Apariencia		OK	OK			Conforme
Capacidad punto de llenado	Max Min Prom	2010,03 2006,35 2008,70	1990 ml	2000 ml	2010 ml	Conforme
Altura	Max Min Prom	345,33 342,06 344,26	342,5 mm	344 mm	345,2 mm	Conforme
Diámetro :						
Hombro	Max Min Prom	104,33 104,02 104,20	103,00 mm	104,00 mm	104,75 mm	Conforme
Panel de etiqueta	Max Min Prom	102,89 102,31 102,60	101,00 mm	102,00 mm	102,75 mm	Conforme
Cintura	Max Min Prom	0,00 0,00 #;DIV/0!	N/A	N/A	N/A	
Talón	Max Min Prom	104,38 104,06 104,20	103,00 mm	104,00 mm	104,75 mm	Conforme
Diámetro cuello	Max Min Prom	25,71 25,66 25,69	25,2 mm	26,2 mm	26,95 mm	Conforme
Perpendicularidad	Max Min Prom	2,56 1,14 1,55	< 6,40 mm			Conforme

Estabilidad térmica --- (38°C Temp)						
1- Explosión:		Ninguna	Ninguna		Conforme	
2- Desarrollo de fondos de mecedora		Ninguna	Ninguna		Conforme	
3- Apariencia inamisible:		Ninguna	Ninguna		Conforme	
4- Aumento de altura: (Prom %)		0,11%	3,5%		Conforme	
5- Aumento de diametro: (Prom %)						
Hombro		0,35%	3,0%		Conforme	
Panel de etiqueta		0,23%	3,0%		Conforme	
Cintura		#¡DIV/0!	N/A			
Talón		0,29%	3,0%		Conforme	
6- Caída del punto de llenado (Prom mm)		2,12	40 mm		Conforme	
7- Perpendicularidad (Prom mm)		0,03	9 mm		Conforme	
Carga vertical (Prom Kg)		35,00	Min 30,00 Kg		Conforme	
Caida impacto a 4 °C						
Botelas rotas	Vertical	Ninguna	Ninguna		Conforme	
	Horizontal	Ninguna	Ninguna		Conforme	
Presión interna		9,38	> 8,62 BAR		Conforme	
Peso de la botella (Prom gm)		47,91	47,50	48,00	48,50	Conforme
Distribución resina (Prom mm)						
Curvatura Hombro		0,30	> 0,26		Conforme	
Hombro		0,22	> 0,22		Conforme	
Panel		0,25	> 0,22		Conforme	
Talón		0,25	> 0,22		Conforme	
Cintura		#¡DIV/0!	N/A			
Curvatura Radio		0,19	> 0,19		Conforme	
Base del pétalo		0,26	> 0,18		Conforme	
Centro fondo		2,78	> 1,33		Conforme	
Retención carbonatación						
Tiempo de caducidad		14,25	14 Semanas		Conforme	

Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla III-11: Resumen de resultados de SB 2000 OW.

SB 2000 OW						
Detalle de las Pruebas Realizadas						
Prueba	Resultados	Especificación			Comentario	
		LEI	OBJ	LES		
Apariencia	OK	OK			Conforme	
Capacidad punto de llenado	Max Min Prom	2009,98 2007,49 2008,72	1990 ml	2000 ml	2010 ml	Conforme
Altura	Max Min Prom	345,17 344,43 344,98	342,5 mm	344 mm	345,2 mm	Conforme
Diámetro :						
Hombro	Max Min Prom	104,58 104,11 104,37	103,00 mm	104,00 mm	104,75 mm	Conforme
Panel de etiqueta	Max Min Prom	101,75 101,35 101,56	100,20 mm	101,20 mm	101,95 mm	Conforme
Cintura	Max Min Prom	0,00 0,00 #;DIV/0!	N/A	N/A	N/A	
Talón	Max Min Prom	104,63 104,25 104,47	103,00 mm	104,00 mm	104,75 mm	Conforme
Diámetro cuello	Max Min Prom	25,77 25,66 25,70	25,2 mm	26,2 mm	26,95 mm	Conforme
Perpendicularidad	Max Min Prom	4,06 1,02 2,79	< 6,40 mm			Conforme

Estabilidad térmica --- (38°C Temp)						
1- Explosión:		Ninguna		Ninguna	Conforme	
2- Desarrollo de fondos de mecedora		Ninguna		Ninguna	Conforme	
3- Apariencia inamisible:		Ninguna		Ninguna	Conforme	
4- Aumento de altura: (Prom %)		0,83%		3,5%	Conforme	
5- Aumento de diámetro: (Prom %)						
Hombro		0,09%		3,0%	Conforme	
Panel de etiqueta		0,88%		3,0%	Conforme	
Cintura		#¡DIV/0!		N/A		
Talón		0,21%		3,0%	Conforme	
6- Caída del punto de llenado (Prom mm)		5,45		40 mm	Conforme	
7- Perpendicularidad (Prom mm)		0,12		9 mm	Conforme	
Carga vertical (Prom Kg)		35,00		Min 30,00 Kg	Conforme	
Caída impacto a 4 °C						
Botelas rotas	Vertical	Ninguna		Ninguna	Conforme	
	Horizontal	Ninguna		Ninguna	Conforme	
Presión interna		9,76		> 8,62 BAR	Conforme	
Peso de la botella (Prom grm)		47,89	47,50	48,00	48,50	Conforme
Distribución resina (Prom mm)						
Curvatura Hombro		0,30		> 0,26	Conforme	
Hombro		0,23		> 0,22	Conforme	
Panel		0,28		> 0,22	Conforme	
Talón		0,25		> 0,22	Conforme	
Cintura		#¡DIV/0!		N/A		
Curvatura Radio		0,22		> 0,19	Conforme	
Base del petalo		0,29		> 0,18	Conforme	
Centro fondo		2,79		> 1,33	Conforme	
Retención carbonatación						
Tiempo de caducidad		13,92		14 Semanas	Conforme	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla III-12: Resumen de resultados de SP 2000 OW.

SP 2000 OW						
Detalle de las Pruebas Realizadas						
Prueba	Resultados	Especificación			Comentario	
		LEI	OBJ	LES		
Apariencia	OK	OK			Conforme	
Capacidad punto de llenado	Max Min Prom	2009,93 2007,96 2009,15	1990 ml	2000 ml	2010 ml	Conforme
Altura	Max Min Prom	345,42 344,92 345,16	342,5 mm	344 mm	345,2 mm	Conforme
Diámetro :						
Hombro	Max Min Prom	104,07 103,49 103,89	103,00 mm	104,00 mm	104,75 mm	Conforme
Panel de etiqueta	Max Min Prom	102,86 102,35 102,66	102,00 mm	103,00 mm	103,75 mm	Conforme
Cintura	Max Min Prom	91,85 91,07 91,50	90,50 mm	91,50 mm	92,25 mm	Conforme
Talón	Max Min Prom	104,55 103,99 104,23	103,00 mm	104,00 mm	104,75 mm	Conforme
Diámetro cuello	Max Min Prom	25,77 25,66 25,70	25,16 mm	26,16 mm	26,91 mm	Conforme
Perpendicularidad	Max Min Prom	4,83 1,27 3,32	< 6,40 mm			Conforme

Perpendicularidad	Max Min Prom	4,83 1,27 3,32	< 6,40 mm			Conforme
Estabilidad térmica --- (38°C Temp)						
1- Explosión:		Ninguna	Ninguna			Conforme
2- Desarrollo de fondos de mecedora		Ninguna	Ninguna			Conforme
3- Apariencia inamisible:		Ninguna	Ninguna			Conforme
4- Aumento de altura: (Prom %)		1,07%	3,5%			Conforme
5- Aumento de diámetro: (Prom %)						
Hombro		1,00%	3,0%			Conforme
Panel de etiqueta		1,03%	3,0%			Conforme
Cintura		1,20%	3,0%			Conforme
Talón		0,60%	3,0%			Conforme
6- Caída del punto de llenado (Prom mm)		3,46	40 mm			Conforme
7- Perpendicularidad (Prom mm)		0,30	9 mm			Conforme
Carga vertical (Prom Kg)		35,00	Min 30,00 Kg			Conforme
Caída impacto a 4 °C						
Botelas rotas						
Vertical		Ninguna	Ninguna			Conforme
Horizontal		Ninguna	Ninguna			Conforme
Presión interna		9,19	> 8,62 BAR			Conforme
Peso de la botella (Prom grm)		47,74	47,50	48,00	48,50	Conforme
Distribución resina (Prom mm)						
Curvatura Hombro		0,30	> 0,26			Conforme
Hombro		0,23	> 0,22			Conforme
Panel		0,23	> 0,22			Conforme
Talón		0,22	> 0,22			Conforme
Cintura		0,27	> 0,26			Conforme
Curvatura Radio		0,19	> 0,19			Conforme
Base del petalo		0,26	> 0,18			Conforme
Centro fondo		3,23	> 1,33			Conforme
Retención carbonatación						
Tiempo de caducidad		14,45	14 Semanas			Conforme

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Las planillas completas de los resultados de las pruebas elaboradas, pueden encontrarse en el Anexo 5 “Resultados de las Pruebas”

Como se observa en los resultados de las pruebas, se puede entrar dentro de las especificaciones requeridas por la compañía. A continuación se detallan las

observaciones de cada prueba:

- **Apariencia.-** Los resultados para todos los formatos fueron satisfactorios excepto en 3 botellas de 540 botellas, pero la no conformidad en apariencia, se debe a preformas que contienen irregularidades en la distribución de los pellets, lo cual da seguridad para tener un proceso con pocas mermas por apariencia del envase y que el empaque se encuentre presentable dentro de las especificaciones.
- **Capacidad en el punto de llenado.-** Se trabajó con contenidos netos por encima del objetivo, pero dentro de especificaciones. No se tienen mayores inconvenientes en este punto. Cabe mencionar que los moldes fueron hechos para ese rango de contenido neto.
- **Dimensiones de la botella.-** Las dimensiones se encuentran dentro de especificaciones, para todos los formatos.
- **Perpendicularidad.-** Los resultados se encuentran dentro de las especificaciones, como los moldes se encuentran diseñados para cumplir con las características y requisitos de la empresa, no se tuvieron problemas en estas pruebas, aunque un mal resultado en esta prueba, tendría que haber sido debido a una mala refrigeración o temperatura elevada en la zona superior.
- **Estabilidad Térmica.-** Al ser los resultados de esta prueba satisfactorios, se puede esperar un buen desempeño de la botella, aunque se encuentre en zonas con elevada temperatura. La botella no pierde las cualidades y características en apariencia del empaque, garantizando una presentación óptima.
- **Carga Vertical.-** Los resultados para todos los formatos se encuentran por encima de los 30 kg de resistencia por botella, en ese sentido las, 120 botellas que se encuentran en la primera camada, soportan un peso máximo de 4200 kg y como norma en EMBOL la máxima cantidad en apilamiento de pallets de PET es 2 camadas, lo que nos da factor de

seguridad de 0.5, ya que cada pallet de producto pesa 980 kg.

- **Caída.-** Todas las botellas que fueron sometidas a las caídas de impacto, salieron sin ninguna ruptura, aunque sí, sufrieron daños, como raspaduras en el envase y etiqueta, también existieron la ruptura de dos botellas, pero esto debido a que después de caer, rebotan en el piso y nuevamente impactan en la zona del Finish, donde se encuentra la tapa y la misma colapsó partiéndose en dos partes (tapa).
- **Presión interna.-** Las botellas en todos los formatos pueden soportar una presión interna mayor a 8.62 BAR, lo que asegura que la botella podrá resistir las presión interna generada por la liberación de los gases de equilibrio dentro del envase, que en una temperatura ambiente de 28 °C la presión máxima alcanzada es 4.14 BAR.
- **Peso de la Botella.-** El peso de la botella, depende de manera directa del peso de la preforma usada, en ese sentido el departamento de control de calidad, especializado en el sector de recepción de materias primas, se encarga de verificar que las mismas cumplan con las especificaciones.
- **Distribución de la Resina.-** De la misma forma se pudo entrar dentro de las especificaciones con los espesores de la pared del envase, aunque se tuvo problemas en entrar a las condiciones de espesor en la zona de la curvatura de radio, pero se solucionaron disminuyendo los porcentajes de la potencia de las lámparas de la zona inferior o aumentado un poco en la zona superior.

Los resultados son muy buenos, pues los mismos son reflejados en las otras pruebas que dependen de manera indirecta o directa de la distribución de la resina.

- **Retención de Carbonatación.-** Las muestras de todos los formatos evaluados, se encuentran dentro de especificación, es decir cumplen los 3 meses de vida útil, que es el requerimiento de EMBOL. En el caso del formato de FN 2000 OW que dura aproximadamente un tiempo de 16

semanas, se da debido al bajo punto de carbonatación del formato pues el recomendado para el mismo es de 3.15 volúmenes de CO₂, lo que da a entender que el objetivo de carbonatación de cada formato es un punto importante para determinar el tiempo de retención de CO₂ del envase.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1. Análisis Económico de la Optimización del Proceso de Soplado de Envases PET en EMBOL S.A. Tarija.

Se planteó el análisis económico, comparando la reducción a 48 gr y la anterior de 52 gr, razón por la cual se pondrán ambos datos para ver las diferencias de los diferentes procesos.

4.1.1. Valor del Proyecto.

4.1.1.1. Obra Civil

Para el presente proyecto, no se necesitarán cambios en la infraestructura, puesto que ya se cuenta con la planta de soplado.

4.1.2. Gastos

Los gastos necesarios para el funcionamiento del proceso productivo, se detallan a continuación:

4.1.2.1. Compra de Materia Prima y Suministros

A continuación se detallan los materiales y suministros energéticos necesarios para la producción:

Tabla IV-1: Materiales Directos, Indirectos y Suministro Energético, Requeridos para la Producción con Preformas de 48 gr.

Detalle de Materiales Directos e Indirectos Para la Producción con preformas de 48 gr.					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(Bs)	Valor Total (Bs)
Materia Prima					
1	Preformas 48 gr	Unidad	16632000	0,74	12307680
2	Etiqueta	Unidad	16632000	0,065	1081080
3	Energía	KW	185904	0,45	83656,8
				Total \$	13.472.416,80

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Tabla IV-2: Detalle de Materiales Directos, Indirectos y Suministro Energético, Requeridos para la Producción con Preformas de 52 gr.

Detalle de Materiales Directos e Indirectos Para la Producción con preformas de 52 gr.					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(Bs)	Valor Total (Bs)
Materia Prima					
1	Preformas 52 gr	Unidad	16632000	0,84	13970880
2	Etiqueta	Unidad	16632000	0,065	1081080
3	Energía	KW	189288	0,45	85179,6
				Total \$	15.137.139,60

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Como se observa en los cuadros, la diferencia entre los gastos para los materiales e insumos necesarios, para la producción de botellas con preformas de 48 gr. es 13472416 Bs/año., mientras que para la producción de botellas con preformas de 52 gr. es 15137139 Bs/año., teniendo una diferencia de 1664722 Bs/año.

Un ahorro importante, se da gracias al menor costo por unidad de preforma, pues tiene menos materia prima y gracias a esta disminución de materia prima, la energía necesaria para alcanzar la temperatura de transición vítrea

es menor y esto se traduce en una disminución del consumo energético.

4.1.2.2. Gastos por mano de Obra

En los gastos por mano de obra, no existe variación, frente a la producción de botellas con preformas de 48 gr., vs preformas de 52 gr.

Tabla IV-3: Detalle de mano de Obra Directa e Indirecta.

Detalle de Mano de Obra Directa e Indirecta					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(Bs)	Valor Total (Bs)
1	Personal Contratado(4 empleados)	mes	56	1600	89600
2	Supervisor	mes	14	4.500,00	63000
3	Técnico	mes	14	2200	30800
				Total \$	183.400,00

Fuente: Elaboración Propia, 2015

4.1.3. Ingresos

Como primer punto se debe calcular el saldo capital (capital de trabajo) o la cantidad de financiación que se requiere para el proyecto.

Tabla IV - 4: Estructura de Financiamiento				
DETALLE	VALOR	Aporte Propio	Aporte Solicitado	TOTAL
Inversión (a + b)	14.078.841	8.443.104	5.635.736	14.078.841
a) Inversión Fija	190.400	110.040	80.360	
-Maquinaria y Equipos	-	-	-	
-Terreno Obras Civiles-Montaje (tabla b)	-	-	-	
- Mano de Obra Directa e Indirecta	183.400	110.040	73.360	
-Muebles y Enseres	-	-	-	
-Vehículos	7.000	-	7.000	
b) Inversión Diferida	13.888.441	8.333.064	5.555.376	

Tabla IV - 4: Estructura de Financiamiento

DETALLE	VALOR	Aporte Propio	Aporte Solicitado	TOTAL
-Gastos de Organización	8.000	2.153	-	
-Detalle de Mano de Obra	-	-	-	
- Materiales Directos e Indirectos	15.760	4.242	-	
-Insumos Generales y Materias Primas	13.472.417	3.626.114	-	
-Montaje de Instalación	-	-	-	
- Montaje e Instalación de Equipos	28.000	7.536	-	
- Imprevistos	364.264	-	-	
Capital de Trabajo	13.472.417	3.640.046	9.430.692	

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Como se observa el aporte solicitado para el capital de trabajo es 9430692 Bs.

La inversión diferida, se determina de la siguiente tabla:

Tabla IV-5: Inversión Total Requerida	
DETALLE	VALOR
Inversión (a+b)	14.078.840,77
a) Inversión Fija	190.400,00
-Maquinaria y Equipos	0,00
-Terreno Obras Civiles-Montaje (tabla b)	0,00
- Mano de Obra Directa e Indirecta	183.400,00
-Muebles y Enseres	0,00
-Vehículos	7.000,00
b) Inversión Diferida	13.888.440,77
-Gastos de Organización	8000
-Detalle de Mano de Obra montaje	0
- Materiales Directos e Indirectos	15.760,00
-Insumos Generales y Materias Primas	13.472.416,80
-Montaje de Instalación	0
- Montaje e Instalación de Equipos	28000
- Imprevistos	364264
Capital de Trabajo	3.368.104,20
Inversión Total Requerida (1+2)	17.446.944,97

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

De acuerdo a la tabla inversión diferida representa un monto de 13888440 Bs y es la suma de los consumos variables.

La amortización diferida, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Amortización Diferida} = \frac{\text{Inversión Diferida}}{\text{años de crédito}}$$

$$\text{Amoritización Diferida} = \frac{13888440}{5}$$

$$\text{Amortización Diferida} = 2777688 \text{ Bs}$$

El costo financiero se calcula con la siguiente forma:

$$\text{Costo Financiero} = \text{Saldo Capital} * \text{Interés del prestamo}$$

Y se puede calcular con los datos de la siguiente tabla:

Tabla IV-6: Plan de Pagos				
Año	Saldo Capital	Interés "I"	Amortización "A"	Total (I+A)
1	9430692	943069	0	943069
2	9430692	943069	1886138	2829208
3	7544553	754455	1886138	2640594
4	5658415	565842	1886138	2451980
5	3772277	377228	1886138	2263366

Tabla IV-6: Plan de Pagos

Año	Saldo Capital	Interés "I"	Amortización "A"	Total (I+A)
6	1886138	188614	1886138	2074752
		2829208	9430692	12259899

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Con la fórmula del costo financiero y los datos de las tablas descritas anteriormente, se puede elaborar el siguiente cuadro:

Tabla IV-7 Costos Anuales.

Detalle	Instalación	Producción				
	Año					
	0	1	2	3	4	5
Costos Totales (a+b)	0	17.747.238	17.558.624	17.370.010	17.181.397	16.992.783
a) Costos Fijos	0	3.727.157	3.538.543	3.349.930	3.161.316	2.972.702
Depreciación	0	0	0	0	0	0
Amort. Inver. Dif.	0	2.777.688	2.777.688	2.777.688	2.777.688	2.777.688
Costo Financiero	0	943.069	754.455	565.842	377.228	188.614
Otros	0	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400
b) Costos Variables	0	14.020.081	14.020.081	14.020.081	14.020.081	14.020.081
Mat. Prima Directa	0	13.472.417	13.472.417	13.472.417	13.472.417	13.472.417
Mano de Obra Dir.	0	183.400	183.400	183.400	183.400	183.400
Otros	0	364.264	364.264	364.264	364.264	364.264

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Teniendo el dato de los costos fijos y costos variables, se puede calcular el precio de Venta de la Botella.

Tabla IV-8: Costo Unitario de Producción

Año	Costo Total CT= CF + CV (A)	Cantidad Total unidades (B)	Costo Unitario de Producción C.U.P. = A/B
1	17.747.238,10	16632000	1,1
2	17.558.624,26	17688000	1,0
3	17.370.010,43	15840000	1,1
4	17.181.396,59	15879600	1,1
5	16.992.782,76	17028000	1,0

$$P_v = CUP(1 + h)$$

h= Porcentaje de utilidad que se espera obtener por cada Unidad del producto

$$P_v = 1,44$$

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Y finalmente con el precio de venta, se puede calcular los ingresos proyectados:

Tabla IV-9: Ingresos con producción de preformas de 48 gr.

Año	Producción "Q"	Precio de Venta "P"	Ingreso Total I= QxP
1	16632000	1,44	23958771
2	17688000	1,44	25479963
3	15840000	1,44	22817878
4	15879600	1,44	22874922
5	17028000	1,44	24529218

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Realizando el mismo procedimiento, pero con los datos de preforma de 52 gramos, se tiene:

Tabla IV-10 Ingresos con producción de preformas de 52 gr-			
Año	Producción "Q"	Precio de Venta "P"	Ingreso Total I= QxP
1	16632000	1,62	26886433
2	17688000	1,62	28593508
3	15840000	1,62	25606127
4	15879600	1,62	25670142
5	17028000	1,62	27526586

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Como se puede observar en los cuadros, se tiene una diferencia aproximada de 2.93 millones de Bs., a favor de la producción de preformas de 52 gr., esto debido a que el precio unitario de venta es 0.18 ctvs. mayor. Pero esto es contradictorio, puesto que es la misma empresa la que va a adquirir las botellas de PET, así que un precio unitario menor, significa mayor ganancia para la empresa.

4.1.4. Evaluación Económica del Proyecto.

Tabla IV-11: Detalle de Beneficios, Costos y Flujos						
No. Ítem	Detalle	Producción				
		Año				
		1	2	3	4	5
1	Ingresos	23.958.771	25.479.963	22.817.878	22.874.922	24.529.218
	Ventas	23.958.771	25.479.963	22.817.878	22.874.922	24.529.218
2	Costos Totales (a+b)	17.747.238	16.804.169	16.724.082	16.804.169	16.804.169
	a) Fijos	3.727.157	2.784.088	2.704.001	2.784.088	2.784.088
	Amortización					

Tabla IV-11: Detalle de Beneficios, Costos y Flujos

No. Ítem	Detalle	Producción				
		Año				
		1	2	3	4	5
	Inversión Diferida(sin Interés de pre operación)	2.777.688	2.777.688	2.697.601	2.777.688	2.777.688
	Otros Ingresos	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400
	b) Variables	14.020.081	14.020.081	14.020.081	14.020.081	14.020.081
	Materia prima Dir.	13.472.417	13.472.417	13.472.417	13.472.417	13.472.417
	Mano de ob. Dir.	183.400	183.400	183.400	183.400	183.400
	Otros	364.264	364.264	364.264	364.264	364.264
3	Utilidad Bruta (1-2)	6.211.533	8.675.794	6.093.796	6.070.753	7.725.049
4	Impuestos	993.845	1.388.127	975.007	971.321	1.236.008
5	Utilidad Neta (3-4)	5.217.688	7.287.667	5.118.788	5.099.433	6.489.042

Fuente: Elaboración Propia, 2015

El VAN, se calcula con la siguiente fórmula:

$$V.A.N = \frac{FN_0}{(1+i)^0} + \frac{FN_1}{(1+i)^1} + \frac{FN_2}{(1+i)^2} + \frac{FN_3}{(1+i)^3} + \frac{FN_4}{(1+i)^4} + \frac{FN_5}{(1+i)^5}$$

$$V.A.N = 16.817.550$$

La TIR se calcula con la misma fórmula del VAN, con la diferencia de que se debe modificar la tasa de interés, hasta que el VAN adquiera un valor negativo.

$$T.I.R = 48,51$$

Al calcular el VAN con una $i=48,51\%$ se obtiene un valor igual a cero, se supone que el costo de oportunidad del capital invertido es del 16% , de esta forma se tiene que el dinero invertido, rinde el $32,5\%$ anual.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se ha procedido a la sistematización de la información de EMBOL, misma que se encontraba en los archivos, registros físicos y biblioteca virtual de la empresa, de tal manera que una vez ordenada y clasificada, ha servido para apoyar la realización del presente trabajo.
- Para la identificación y caracterización del problema, se ha realizado un diagnóstico del proceso actual, observándose las bondades y deficiencias que presenta el mismo, por lo que en el capítulo IV se tiene un reporte de la caracterización de los problemas y alternativas de solución planteada.
- Se ha desarrollado y presentado el diagrama de flujo del proceso de soplado de envases PET en la planta de EMBOL S.A. Tarija, mismo que se mantiene con alguna sugerencia para optimizar el ahorro de energía y la disminución de pérdidas por defectos.
- De acuerdo al diagrama de flujo del proceso, se realizó el balance de materia y energía, lo cual permitió determinar las diferentes cantidades de energía y materia utilizada para el proceso de preformas con 48 gr. y 52 gr.
- El proceso de pre soplado se constituye en una parte importante para llegar al punto tope del radio normal de estiramiento del PET, y en consecuencia la botella se mantiene más estable en el tiempo.
- El control de calidad de los envases fue desarrollado, caracterizado y puntualizando las distintas situaciones de proceso y manipulación que se realizan y puedan afectar la vida útil del envase.
- Las pruebas usadas en el control de calidad, son las que se implementan en EMBOL S.A. Tarija y las que dan en tiempo real una representación del estado del proceso.

- Se ha propuesto los sistemas de seguimiento, vigilancia y control para la optimización de la planta de soplado, mismo que se muestra en el capítulo IV, Tabla IV-7.
- En base al análisis económico realizado, se tiene que como consecuencia de la reducción en el peso de la preforma y la menor demanda energética para la misma, se alcanzara un beneficio anual por encima de 1500000 Bs.
- En cada uno de las alternativas de solución planteadas, se ha realizado el análisis de los resultados alcanzados a través de las mejoras propuestas respecto al proceso anterior.
- Con el estudio de la reducción concluida y con óptimos resultados, se puede viabilizar la producción de botellas con preformas de 48 gr., teniendo de esta forma un menor consumo de materia prima y por ende un mayor beneficio económico.

5.2. Recomendaciones

- Realizar un estudio de Capacidad Real del Proceso, para demostrar un proceso estable durante un tiempo de producción más elevado; de esta forma se pueden disminuir los tiempos de los puntos de control de calidad del envase.
- Se recomienda tener dentro del área de soplado una caja de preforma en espera, mientras se está produciendo, para que de esta forma la misma logre entrar en equilibrio térmico con el área de soplado.
- Se debe hacer un estudio sobre los ahorros energéticos y de materia prima de los demás equipos utilizados, como por ejemplo la torre de enfriamiento.
- En forma periódica realizar los mantenimientos preventivos y predictivos a los equipos, para tener un mejor control sobre el proceso.
- Cuando se cambie de proveedor de preformas, se recomienda evaluar las

características de la calidad de la resina, para tomar las correcciones pertinentes al proceso.

- Realizar un estudio para ver la posibilidad de cambiar el diseño de las lámparas de la cámara de calefacción a otras más ecológicas de menor consumo energético.
- Realizar un estudio para migrar a las preformas estándar de 28 PCO “Short Finish”, que traen beneficios aligeramiento de la preforma y la tapa.