



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ANÁLISIS DE VARIABILIDAD PARA EL NIVEL DE LLENADO EN UNA LÍNEA DE SOPLADO
DE ENVASE PRODUCIDO CON POLITEREFTALATO DE ETILENO**

Jonathan Jossue Zetina Casasola

Asesorado por la Inga. Sonia Aparicia García Pérez

Guatemala, noviembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE VARIABILIDAD PARA EL NIVEL DE LLENADO EN UNA LÍNEA DE
SOPLADO DE ENVASE PRODUCIDO CON POLITEREFTALATO DE ETILENO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JONATHAN JOSSUE ZETINA CASASOLA

ASESORADO POR LAINGA. SONIA APARICIA GARCÍA PÉREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Chistian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
EXAMINADOR	Ing. Alex Suntecún Castellanos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS DE VARIABILIDAD PARA EL NIVEL DE LLENADO EN UNA LÍNEA DE SOPLADO DE ENVASE PRODUCIDO CON POLITEREFTALATO DE ETILENO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial, con fecha 31 de mayo de 2016.

Jonathan Jossue Zetina Casasola

Guatemala, 11 de julio de 2017


Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director de escuela
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor director:

Por medio de la presente me dirijo a usted para informarle que he tenido a bien asesorar el trabajo de graduación: **ANÁLISIS DE VARIABILIDAD PARA EL NIVEL DE LLENADO EN UNA LÍNEA DE SOPLADO DE ENVASE PRODUCIDO CON POLITEREFTALATO DE ETILENO** elaborado por el estudiante Jonathan Jossue Zetina Casasola; previo a optar al título de Ingeniero Industrial.

Al respecto quiero indicarle que dicho trabajo cumple con los requisitos establecidos por las Facultad de Ingeniería, luego de efectuadas las revisiones y correcciones del caso, por lo anterior me permito APROBARLO, y remitirlo a usted para su trámite correspondiente.

Atentamente,



Sonia Aparicia García Pérez
INGENIERA INDUSTRIAL
COLEGIADA No. 6828

Inga. Sonia Aparicia García Pérez

Colegiado No. 6828

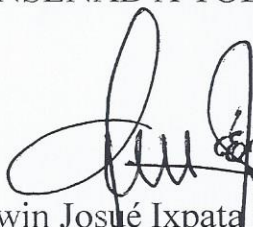
Asesor



REF.REV.EMI.122.017

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE VARIABILIDAD PARA EL NIVEL DE LLENADO EN UNA LÍNEA DE SOPLADO DE ENVASE PRODUCIDO CON POLITEREFTALATO DE ETILENO**, presentado por el estudiante universitario **Jonathan Jossue Zetina Casasola**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Edwin Ixpata Reyes
Ing. Mec-Industrial
Colegiado No. 7128

Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2017.

/mjp



REF.DIR.EMI.181.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS DE VARIABILIDAD PARA EL NIVEL DE LLENADO EN UNA LÍNEA DE SOPLADO DE ENVASE PRODUCIDO CON POLITEREFTALATO DE ETILENO**, presentado por el estudiante universitario **Jonathan Jossue Zetina Casasola**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.532-2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DE VARIABILIDAD PARA EL NIVEL DE LLENADO EN UNA LÍNEA DE SOPLADO DE ENVASE PRODUCIDO CON POLITEREFTALATO DE ETILENO**, presentado por el estudiante universitario: **Jonathan Jossue Zetina Casasola**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

9/27/2017
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, noviembre de 2017



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por la darne la fuerza necesaria para concretar esta meta.
Mi madre	Amanda Azucena Casasola, por su apoyo incondicional. Ser inspiración y ejemplo.
Mi tío	Ovidio Casasola, por ser una importante influencia en mi carrera.
Mis hermanos	Jackelinee y Mario por fomentar este logro.
Mis amigos	Por hacer amena mi vida universitaria.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Facultad de Ingeniería	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Ing. Andrés García Lic. Alejandro Galindo	Por su apoyo en la elaboración del presente trabajo de graduación.
Inga. Sonia García Pérez	Por su asesoría y apoyo incondicional en mi carrera universitaria.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Inicios de la empresa.....	1
1.1.1. Información general.....	1
1.1.2. Ubicación	3
1.1.3. Misión	4
1.1.4. Visión.....	4
1.2. Tipo de organización	4
1.2.1. Organigrama.....	4
1.2.2. Descripción de puestos	5
1.2.3. Áreas de la empresa.....	7
1.3. Planteamiento de la distribución interna y del manejo de materiales	8
1.3.1. Accidentes laborales.....	8
1.3.2. Diagrama de operaciones.....	9
1.4. Políticas	10
1.4.1. Políticas de calidad.....	11
1.5. Calidad	12
1.5.1. Concepto	12

1.5.2.	Sistema de calidad total	12
1.5.3.	Costos de calidad dentro de la empresa	13
1.5.4.	Responsabilidad de la calidad.....	13
1.6.	Administración de la calidad.....	14
1.6.1.	Satisfacción del cliente	14
1.6.2.	Mejora continua del proceso	15
1.6.3.	Control estadístico del proceso (SPC)	15
1.6.4.	Muestreo de aceptación	15
1.7.	Fundamentos de estadística	16
1.7.1.	Distribución de frecuencia	16
1.7.2.	Medidas de tendencia central.....	17
1.7.3.	Medidas de dispersión	17
1.7.4.	Pruebas de normalidad	18
1.7.5.	Diagrama de dispersión	19
1.8.	Tipos de Gráficos	19
1.8.1.	Gráfico de Pareto	19
1.8.1.1.	Descripción.....	19
1.8.1.2.	Elaboración	20
1.8.2.	Gráficos de control	20
1.8.2.1.	Gráficos por variables	21
1.8.2.1.1.	Gráfico X	21
1.8.2.1.2.	Gráfico R	23
1.8.2.2.	Gráficos por atributos	24
1.8.2.2.1.	Gráficos P y nP	24
2.	SITUACIÓN ACTUAL	29
2.1.	Sopladora.....	29
2.1.1.	Descripción.....	30
2.1.2.	Proceso de soplado.....	32

2.2.	Especificaciones del envase PET	36
2.2.1.	Dimensiones del envase.....	37
2.2.1.1.	Altura del envase	38
2.2.2.	Peso	38
2.3.	Control de calidad actual	39
2.3.1.	Defectos o causas	39
2.3.2.	Especiales de variación	40
2.3.3.	Procedimientos actuales.....	41
2.3.3.1.	Muestreo.....	41
2.3.3.1.1.	Técnica de muestreo	41
2.4.	Determinación del contenido neto	41
2.4.1.	Instrumentación	41
2.4.1.1.	Simulador de caña.....	42
2.4.1.2.	Balanza.....	42
2.5.	Diagnóstico actual	42
2.5.1.	Ventajas.....	49
2.5.2.	Desventajas	50
3.	PROPUESTA DE MEJORA	53
3.1.	Determinación de focos críticos de control.....	53
3.1.1.	Definición	53
3.1.2.	Justificación	53
3.1.3.	Diagramación.....	54
3.2.	Herramientas estadísticas para el control de la calidad.....	55
3.2.1.	Hojas de verificación.....	56
3.2.1.1.	Diseño	56
3.2.1.2.	Tabulación	56
3.2.1.3.	Clasificación.....	56
3.2.2.	Diagrama de Pareto.....	58

3.2.3.	Muestreo por aceptación	60
3.2.3.1.	Desarrollo del plan	60
3.2.3.1.1.	Tamaño de muestra	60
3.2.3.1.2.	Niveles de inspección ...	61
3.2.3.1.3.	Nivel de aceptación de calidad.....	61
3.2.4.	Gráficos de control	62
3.2.4.1.	Gráfico X	62
3.2.4.2.	Gráfico R	64
4.	IMPLEMENTACION.....	67
4.1.	Resultados	67
4.1.1.	Hojas de verificación	67
4.1.1.1.	Resultados	67
4.1.1.2.	Interpretación	68
4.1.2.	Diagrama de pareto.....	68
4.1.2.1.	Resultados	68
4.1.2.2.	Interpretación	69
4.1.3.	Gráficos de control	71
4.1.3.1.	Resultados	74
4.1.3.2.	Interpretación	74
4.1.4.	Muestreo de aceptación	74
4.1.4.1.	Selección de un plan	75
4.1.5.	Análisis y discusión de resultados	76
5.	SEGUIMIENTO.....	79
5.1.	Auditorías de calidad.....	79
5.1.1.	Internas	79
5.1.2.	Externas	81

5.2.	Acciones correctivas.....	83
5.2.1.	Capacitación.....	85
5.3.	Análisis de los resultados.....	89
5.3.1.	Ventajas.....	90
5.3.2.	Desventajas.....	90
	CONCLUSIONES.....	91
	RECOMENDACIONES.....	93
	BIBLIOGRAFÍA.....	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la planta	3
2.	Organigrama del área de producción	5
3.	Diagrama de flujos de operación, proceso de soplado de PET.....	10
4.	El pin de soplado con el disco de corte choca con la guillotina del molde para hacer el corte del plástico en la boca del envase	30
5.	Proceso de inyección por tensionado-soplado.....	31
6.	Diagrama de operaciones soplado.....	36
7.	Gráfico de control X. Peso de la preforma	43
8.	Gráfico de control de R. Peso de la preforma	44
9.	Carta de control P. Defectos en el espesor de la preforma.....	45
10.	Gráfico de control X. contenido neto	46
11.	Dispersión de contenido neto vrs tiempo de soplado	46
12.	Capacidad del proceso de soplado de envase PET.....	47
13.	Diagrama de Ishikawa.....	55
14.	Diagrama de Pareto	59
15.	Ejemplo de gráfico de control.....	62
16.	Coeficientes para gráficos de control	63
17.	Ejemplo de gráfico R de control	65
18.	Gráfico de Pareto	70
19.	Gráfico de control X, Control de temperatura de soplado	72
20.	Gráfico de contenido neto vrs temperatura de soplado.....	72
21.	Gráfico de contenido neto vrs. temperatura de presoplado.....	73
22.	Proceso de logística inversa	83

23.	Orden de producción para máquina de inyección.....	84
24.	Plan estratégico	89

TABLAS

I.	Tabla de frecuencia	16
II.	Espesores mínimos recomendados en las diversas áreas del envase PET	37
III.	Valores de resistencia a la carga vertical.....	38
IV.	Altura del envase Vrs. capacidad nominal y diámetro	38
V.	Peso del envase contra su capacidad.	38
VI.	Peso de la preforma.....	42
VII.	Espesor de la preforma.....	44
VIII.	Registro de contenido neto	45
IX.	Hoja de control para medición de peso.....	57
X.	Hoja de control para defectos	57
XI.	Plantilla de verificación para controles en proceso	58
XII.	Plantilla de verificación para controles en proceso	58
XIII.	Coeficientes para gráficos de control.....	63
XIV.	Datos para el análisis de Pareto	68
XV.	Registro de controles en proceso	71
XVI.	Hoja de control para auditoría interna.....	80
XVII.	Plan de capacitación maquinaria de extrusión.....	85
XVIII.	Plan de capacitación maquinaria de termoformado	86
XIX.	Plan de capacitación de maquinaria de inyección	87

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
g	Gramo
m	Metro
Tg	Temperatura de transición vítrea

GLOSARIO

Cuello	Región ubicada entre el hombro y el anillo de soporte.
Cintura	Diámetro inferior ubicado entre el borde inferior del panel y el talón.
Descentrado del punto de inyección	Distancia entre periferias del punto de inyección de la preforma, el fondo y el centro del molde.
Hombro	Corresponde al diámetro mayor de las partes superiores de la botella, ubicado sobre el borde superior del panel de la etiqueta.
Panel	Área del cuerpo del panel de la etiqueta, corresponde a la pared lisa central, sobre la cual es colocada la etiqueta.
Perlescencia	Pérdida de transparencia del envase y partes del mismo adoptan una tonalidad gris o blanca.
Región de Gate	Zona interior de la botella que se encuentra alrededor del punto de inyección. Normalmente, dicha región es circular.

<i>Stress crecking</i>	Ruptura en el material PET de una botella ocasionado por la influencia de químicos alcalinos fuertes como soda cáustica.
Talón	Es el diámetro mayor de la parte baja de la botella, el cual se ubica entre la parte superior de la base y la cintura.
Zona de transición	Parte inferior de la botella situada entre los petaloides y la región de gate.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación se realizó con el fin de minimizar la variabilidad obtenida en el contenido de los envases PET soplados en la línea de producción de la empresa Sacos Agroindustriales. Porque la calidad es primordial para la empresa, conocer el comportamiento del material a lo largo del tiempo para determinar el periodo de vida óptimo para las especificaciones del cliente. Por lo cual es de suma importancia aprovechar al máximo cada uno de los recursos asignados; es necesario examinar el proceso productivo para evitar errores y fallas dentro del mismo proceso.

Debido a la exigente demanda de sus clientes por el volumen de los pedidos, la empresa se ve en la necesidad de agilizar procesos. Surge la necesidad de analizar y controlar su calidad, para no apartarse de la ingeniería inmersa. Existe la posibilidad de agregarle valor al producto. Por lo cual la elaboración de este trabajo de graduación beneficiará a la empresa y a sus clientes; generará para la empresa teorías sobre el comportamiento del envase, como al cliente minimizar las variables propias de su proceso productivo.

OBJETIVOS

General

Analizar la variabilidad en el nivel de llenado de una línea de soplado de envase producido con politereftalato de etileno.

Específicos

1. Determinar la curva de encogimiento del envase.
2. Establecer un modelo matemático que describa la curva de encogimiento.
3. Evaluar la variabilidad del contenido neto entre lotes de soplado.
4. Realizar un estudio de estabilidad del proceso de soplado.
5. Desarrollar un estudio de capacidad de proceso.
6. Efectuar un análisis para las causas de variabilidad.
7. Diagnosticar las condiciones en la cuales labora la línea de producción.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la empresa Sacos Agroindustriales se dedica a la fabricación y comercialización de productos para envase y empaque; cuenta con plantas de producción en México y Centroamérica, lo cual les permite prestar un servicio innovador y de alta calidad en sus productos. Se encuentra a la vanguardia en la tecnología con equipos de última generación y trabajan con sus socios estratégicos en la misma línea de alta calidad en sus requerimientos, por lo cual se encuentra constantemente en búsqueda de acciones que brinden un valor agregado. La seguridad e inocuidad se encuentra presente en los productos que procesan para proporcionar confiabilidad.

Es de suma importancia que en la producción del envase se siga un orden lógico en las diferentes áreas para disminuir el error humano y optimizar los recursos disponibles. Cuando se produce en altos volúmenes de producción, la variabilidad es inevitable, lo cual dificulta cumplir con la satisfacción de sus clientes, debido a que no sólo depende de la entrega del producto, también al grado en el cual se ajuste a los requerimientos.

Es necesario controlar el proceso, identificando las causas de variabilidad, las causas pequeñas, comunes y no asignables, y la variabilidad accidental producida por causas asignables, especiales o atribuibles, las cuales se pueden investigar con el motivo de reducir la desviación del proceso.

El control estadístico de la calidad es una herramienta potente para identificar dónde, cómo y cuándo se presentan las principales causas de variabilidad en la línea de producción; generando la oportunidad de reducir

costos provenientes de la falta de calidad; plasmar los acontecimientos en forma de datos lo cual posibilita el plantear objetivos y tomar decisiones que impacten en una mejora del proceso.

Se plantea el aprovechamiento del control estadístico de la calidad, como principal herramienta para poder mitigar la variabilidad en el contenido, proveniente del soplado en el envase PET.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Inicios de la empresa

En el año de 1986 es fundada la empresa bajo el nombre de Sacos Agrícolas, con la misión fundamental de comercializar sacos de polipropileno en el sector industrial de Guatemala, cuya visión es el crecimiento de la empresa e incursiona en la fabricación de bolsas de polietileno y sacos de yute.

1.1.1. Información general

Se inician operaciones en el área de soplado en el año de 1990, en el mismo año se realiza la ampliación en el área de polipropileno.

En el año de 1991 se expande la empresa con un área de reciclaje, siempre en vías de la mejora continua, operaciones sostenibles y amigables con el medio ambiente. En el año de 1992 se apertura el departamento de hilo multifilamento de polipropileno.

Para el año de 1996 es concedida la licencia para comercializar sacos laminados con tecnología AD-Star, en el área de América Central. Es la primera empresa en el área capaz de realizar su fabricación y comercialización. En el año de 1998 se da una alianza estratégica entre las empresas Sacotex y Sacos Agrícolas, que pasó a la empresa Sacos Agroindustriales, nombre con el cual se conoce la empresa hasta la actualidad. En el mismo año, y siguiendo la misión de una mejora continua, se inicia con un nuevo proceso en las líneas de producción, el soplado del envase PET.

En 2001, se realiza una expansión hacia América Central que pasó a la creación de Sacos Agroindustriales en el país de Honduras.

Para 2002, la necesidad de cumplir con los requerimientos del cliente lleva a la empresa a buscar la certificación ISO 9001, con la finalidad de optimizar el proceso, y obtener un control de calidad del producto terminado.

En el año 2003, buscando la consolidación de sus operaciones en el área regional, se logra la adquisición de Rafytica en Costa Rica y Macsa en Nicaragua; de igual forma para finales de ese año, se inician operaciones en México para ampliar la línea de productos disponibles.

En el año 2005, es instalada una línea de soplado que incrementa así la capacidad de la empresa para nuevas expectativas y alta demanda del cliente; por lo cual es instalada en la empresa, una nueva línea de soplado vanguardista para su época.

Con base en la creciente demanda, en el año 2009, surge el departamento de logística, siempre en busca de la satisfacción del cliente.

Del año 2011 al año 2013, es necesario implementar una mejora continua; por lo cual se instalan nuevas líneas de soplado e inyectado, impresión de sacos y producción de polietileno coextruido.

Para el año 2011, la empresa forma parte de la Asociación de Fabricantes y Comercializadores de Súper Sacos en Estados Unidos.

Es implementado en el año 2012 una solución ambiental oxobiodegradable, el cual permite determinar la duración de la vida útil del

empaque y la forma de su degradación para mantener la calidad de los productos.

Para el año 2015, se cuenta con una capacidad instalada de 180 millones de sacos por año, que la hace así la empresa más grande de Centro América y del Caribe.

1.1.2. Ubicación

La planta de producción de envase se encuentra ubicada en el anillo periférico 17-36 zona 11 de la ciudad de Guatemala, Guatemala.

Figura 1. Ubicación de la planta



Fuente: GoogleEarth. <https://earth.google.com>. Fecha: 12 diciembre de 2015.

1.1.3. Misión

“En Sacos Agroindustriales S.A., fabricamos y comercializamos productos de calidad mundial para empaque, con la finalidad de conservar los productos e imagen de nuestros clientes.”¹

1.1.4. Visión

“Ser reconocidos a nivel mundial como líderes de calidad, eficiencia, servicio e innovación en la fabricación y comercialización de productos para envase y empaque.

Teniendo un crecimiento sostenido y bien planificado. Participando con la comunidad con programas de orientación para el uso de productos seguros y reciclables. Contando con recurso humano competente, comprometido y motivado.”²

1.2. Tipo de organización

La empresa utiliza un organigrama vertical donde la autoridad está en el gerente quien designa las funciones a las gerencias de logística y calidad para la elaboración de los productos que comercializa la empresa en estudio.

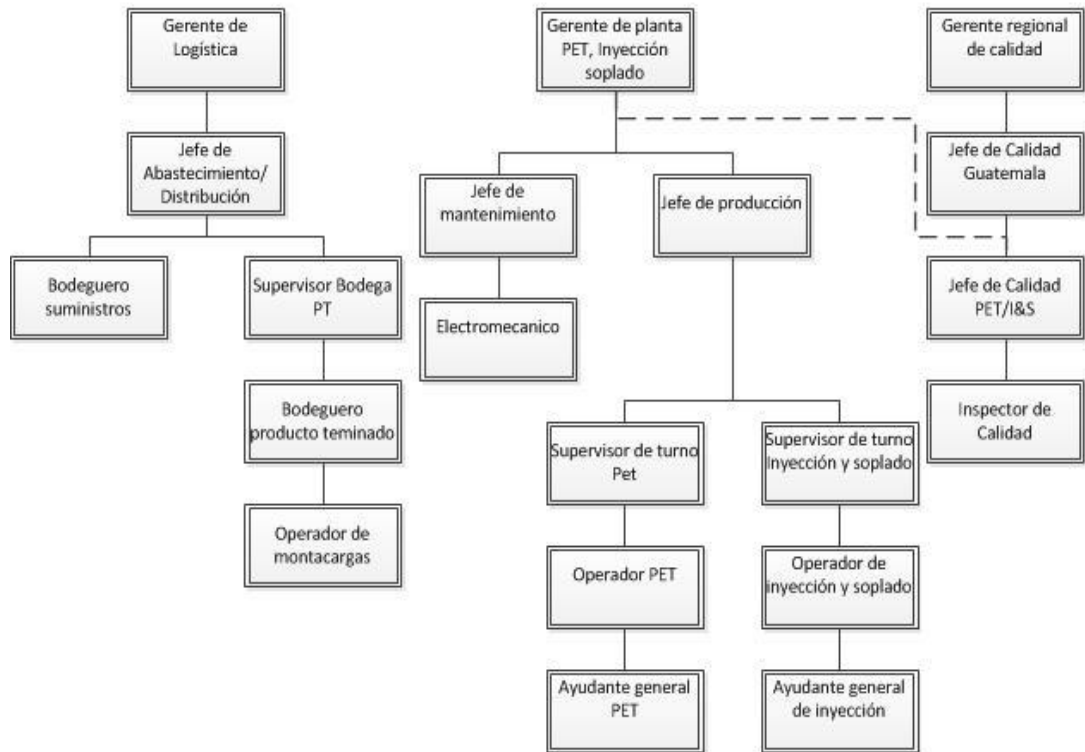
1.2.1. Organigrama

A continuación, se presenta el organigrama del área de producción de la empresa en estudio.

¹ Sacos Agroindustriales. Fecha: 15 diciembre de 2015.

² Sacos Agroindustriales. Fecha: 15 diciembre de 2015.

Figura 2. Organigrama del área de producción



Fuente: elaboración propia utilizando Visio 2010.

1.2.2. Descripción de puestos

A continuación, se describen los puestos de la planta de producción, con el cual se ha determinado el orden jerárquico.

- **Gerente planta PET, inyección y soplado:** encargado de planificar, organizar, supervisar la producción de los diferentes productos que la empresa comercializa. Está encargado de velar por la calidad del producto, así como la asignación de personal en las diferentes áreas que conforman la planta de producción.

- Jefe de mantenimiento: toma decisiones oportunas y acertadas para el negocio; tiene un buen razonamiento y manejo de la información; sus decisiones han trascendido a otros niveles de la organización; se le confía decisiones de mucho impacto en la compañía. Redefine estrategias de su área o en el negocio para aprovechar las oportunidades existentes en el mercado creando contactos internos y externos que le permitan alcanzar oportunidades de crecimiento.
- Electromecánico: encargado de realizar las reparaciones de tipo eléctricas y mecánicas en el área de trabajo.
- Jefe de producción: encargado de administrar, gestionar y dirigir el departamento productivo; generar los programas de producción; administrar el personal; trazar objetivos que deberán alcanzar sus subordinados; llevar un control de los suministros, encargado de la calidad del producto terminado. Es el que cumple el programa de producción optimizando sus recursos; cumple con los estándares de calidad; mantiene la armonía en el lugar de trabajo y va en busca de la innovación de los procesos; es una persona que observa y analiza los puntos críticos de la operación para hacer un programa de entrenamiento fijando metas y evaluaciones; motiva a elevar la capacidad técnica y las relaciones interpersonales de su personal con el objetivo de mejorar el análisis, objetividad, conocimientos técnicos y trabajo en equipo para fortalecer a la empresa.
- Supervisor de turno: es una persona que observa y analiza los puntos críticos de la operación para hacer un programa de entrenamiento que fija metas y evaluaciones para motivar a elevar la capacidad técnica y las relaciones interpersonales de su personal con el objetivo de mejorar el

análisis, objetividad, conocimientos técnicos y trabajo en equipo para fortalecer a la empresa.

- Operador de inyección y soplado: cumple con las tareas asignadas persona y se esfuerza por cumplir las de su área; es puntual en la entrega de sus resultados y promueve el cumplimiento de tareas; reporta las anomalías y asume las responsabilidades de sus actos.
- Operador PET: cumple con las tareas asignadas y se esfuerza por cumplir las de su área; debe ser puntual en la entrega de sus resultados y compromisos y debe promover el cumplimiento de tareas; reporta anomalías y asume las responsabilidades de sus actos.
- Ayudante de inyección y soplado: cumple con el programa de producción; utiliza eficientemente los recursos; cumple con los estándares de la gestión de la calidad. Debe entregar su trabajo en el tiempo requerido; se debe responsabilizar por sus actos y sus palabras.
- Ayudante general PET: cumple con el programa de producción; utiliza eficientemente los recursos; cumple con los estándares de la gestión de la calidad. Debe entregar su trabajo en el tiempo requerido, se responsabiliza por sus actos y sus palabras.

1.2.3. Áreas de la empresa

La empresa en la actualidad cuenta con las siguientes áreas:

- Almacén de materia prima: lugar designado para el almacenaje de las preformas utilizadas en el proceso productivo. Es ingresada la materia

prima en jaulas transportadas con montacargas, operadas por un conductor capacitado para su traslado.

- Almacén de producto terminado: lugar designado para la colocación y almacenaje del producto soplado y entarimado listo para su traslado hacia el cliente.
- Área productiva: encargada del soplado del envase PET lugar al cual se transportan desde el almacén de materia prima las preformas utilizadas en el proceso productivo.
- Área administrativa: espacio designado para situar al personal directivo de la empresa: gerencia, logística, mantenimiento, entre otros.

1.3. Planteamiento de la distribución interna y del manejo de materiales

A continuación, se describen las operaciones para el manejo de materiales.

1.3.1. Accidentes laborales

Se cuenta con una brigada de auxilio, capacitada frecuentemente que hasta la fecha contabiliza un record de 133 días sin accidentes en las áreas de producción, materia prima, producto terminado y mantenimiento. Se enfocan desde el punto de vista preventivo estudiando las causas, actividades y fuentes comprometidas en los accidentes laborales. El último accidente tuvo lugar el 17 de agosto de 2016.

1.3.2. Diagrama de operaciones

El proceso de inyección es el principal método de la industria moderna en la producción de piezas plásticas, la producción es en serie; principalmente, se moldean termoplásticos y para el moldeo de los duroplásticos se tiene que realizar modificaciones.

La materia prima es recibida en forma de preforma por parte del proveedor, el cual realiza el proceso de inyección y creación de las mismas.

Es transportado el lote de materia prima hacia el área de producción, y colocado en un dispensador de preformas, el cual, elige y eleva las preformas una a una hasta 3 metros de altura hacia un transportador.

Se realiza el presoplado de la preforma en el cual se eleva la temperatura hasta que sea maleable luego se introduce en la maquina sopladora de envase hacia el molde de soplado, en el cual se introduce una varilla que estira la preforma y luego se inyecta aire a presión hasta que la preforma ha tomado la forma de envase.

Se realiza un primer muestreo en línea confirmando características de calidad como pétalos del envase correctamente formado, cuello y hombro sin rastros de perlescencia, en una banda transportadora los envases son enviados al procesó al etiquetado, donde un equipo rotatorio coloca las etiquetas a una velocidad de 2 800 etiquetas cada minuto.

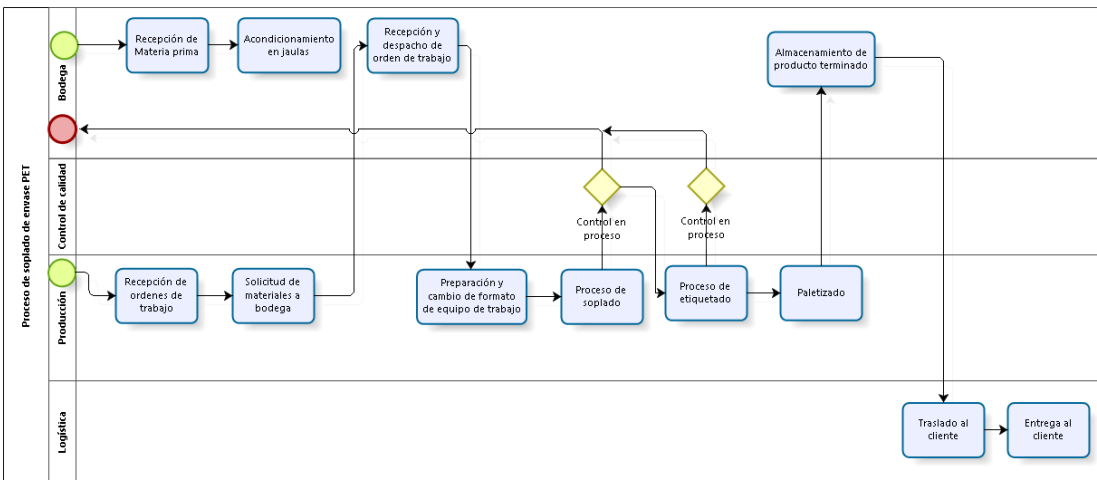
Se realiza una segmentación cada 10 envases y se colocan en la empacadora, para su empaque terciario. Posteriormente, se traslada hacia almacén de producto terminado.

- Procedimiento de operación

El gerente de planta entrega al supervisor de turno la orden de trabajo de inyección.

El supervisor de turno traslada esta información al operador para que prepare su máquina. El operador de la inyectora verifica la formulación exacta según la orden de inyección.

Figura 3. Diagrama de flujos de operación, proceso de soplado de PET



Powered by
bizagi
Modeler

Fuente: elaboración propia utilizando Bizagi.

1.4. Políticas

Se describen las políticas del área de producción de la empresa en estudio.

1.4.1. Políticas de calidad

Para resguardar la integridad física y la inocuidad del producto, el personal debe tomar las siguientes medidas.

Medidas de higiene: bañarse diariamente, cambiarse diariamente la ropa interior y exterior, utilizar desodorante, mantener uñas cortas, limpias y sin esmalte, afeitarse frecuentemente el bigote y barba, hombres deben utilizar el cabello recortado, mujeres utilizar el cabello recogido, utilizar redecilla, cepillarse los dientes después de cada comida, no se permite el uso de joyas ni bisutería, no se permite el uso de perfumes, lociones, ni maquillaje. No expectorar ni escupir. Lavarse las manos con agua y jabón antes de comenzar a trabajar y después de: utilizar los servicios sanitarios, comer y beber, toser, estornudar cada vez que salga y regrese al área asignada 'el uso de guantes no exime del lavado de manos'.

Comunicación efectiva, administración dinámica y la mejora continua del sistema de gestión de calidad e inocuidad, en el diseño, fabricación y comercialización de productos para envase, empaque y plasticultura.

Brindar a los colaboradores, proveedores y visitantes un entorno sano y seguro en las instalaciones.

Usar responsablemente los recursos asociados a la operación de la empresa, respecto al medio ambiente.

Cumplir los requisitos legales aplicables, las especificaciones de los clientes y los compromisos adquiridos.

Satisfacer las necesidades de los clientes internos y externos.

Mejoramiento continuo de los procesos, recursos y servicios.

Reducir los reclamos asociados a inocuidad en un 20 % respecto al año anterior.

Reducir la cantidad de eventos relacionados por medidas de control implementadas en un 10 %.

1.5. Calidad

Se describen los conceptos del sistema de gestión de calidad.

1.5.1. Concepto

La calidad es la disciplina que se encarga de la organización, coordinación, planificación, ejecución y control de todas las actividades que permiten el cumplimiento de las políticas, objetivos y metas de calidad, las cuales se basan en el cumplimiento de los requerimientos y necesidades del cliente o usuario.

1.5.2. Sistema de calidad total

La filosofía de la calidad total proporciona una concepción global que fomenta la mejora continua en la organización y la involucración de todos sus miembros; se centra en la satisfacción del cliente interno y del externo. Se define esta filosofía del siguiente modo: gestión (el cuerpo directivo está totalmente comprometido) de la calidad (los requerimientos del cliente son

comprendidos y asumidos exactamente) total (todo miembro de la organización está involucrado, incluso el cliente y el proveedor, cuando esto sea posible).

1.5.3. Costos de calidad dentro de la empresa

La eficiencia de las empresas se mide en función del dinero generado. En el caso de los costos de producción, de operación, diseño, inspección, mercadeo, calidad; es necesario conocer el costo oculto de una mala calidad.

A una disminución de los costos de la calidad se produce un mayor rendimiento de operación. Los costos de calidad se interrelacionan entre los distintos departamentos de una organización, existen costos directos e indirecto. Los costos indirectos deben cargarse a una cuenta comunal, que varía dependiendo de la magnitud de la operación. A simple vista los costos en cambios de formato, en preparación de equipos, limpiezas e implementos, podrían percibirse excesivos, pero en contraste a la valorización de un lote completo de producción rechazado por el cliente, los costos de calidad cobran sentido.

Existen costos por no contar con la calidad que de no detectarse en el proceso productivo, llegarían al cliente y así afectar la imagen de la compañía. Estos costos son difíciles de cuantificar con base en supuestos de ocurrencia de sucesos.

1.5.4. Responsabilidad de la calidad

La responsabilidad de la calidad recae en la gerencia general la cual quien a través de los diferentes departamentos delega funciones para el proceso

administrativo, productivo y gestión de calidad de los procesos de producción o la prestación de los servicios.

1.6. Administración de la calidad

Determinar los elementos significativos para la satisfacción del cliente, la competitividad de la empresa, la calidad del producto está estrechamente relacionada con la satisfacción del cliente, el precio y la calidad del servicio. Por ende, se es más competitivo ofrecer una mejor calidad a bajo precio y con buen servicio, entonces, inferimos que la calidad está dada por las características, atributos y tecnología inherentes del producto; en tanto, el precio es el cliente final quien está dispuesto a pagar por el producto; en cuanto a la calidad de un servicio, es la experiencia vivida por el cliente al ser atendido por la empresa. La calidad se traduce en competitividad, esta se puede manifestar por:

- Diferenciación del producto o servicio.
- Precio de consumo.
- Calidad en la experiencia, que incluye atención, flexibilidad de entrega, tiempos de entrega y tiempos de servicio además de servicio técnico y reparaciones, soporte para el uso del producto y para conocer sus servicios.

1.6.1. Satisfacción del cliente

La satisfacción al cliente se concreta cuando se presta un servicio o se vende un producto; el cliente está satisfecho con la calidad, tiempo de

respuesta, garantía del servicio, por ende, vuelve a necesitar los servicios de la empresa productora y recomienda a terceros.

1.6.2. Mejora continua del proceso

La mejora continua se da en la medición y evaluación de los procesos. Es necesaria mitigar las causas que generan inestabilidad en la cual la empresa, desarrollando el círculo de la mejora continua planear, hacer, verificar y actuar desarrollado por Edwar Deming. Luego volver a realiza un seguimiento de los proceso y mejoras al sistema.

1.6.3. Control estadístico del proceso (SPC)

La capacidad real de un proceso se puede calcular hasta que las gráficas X de medias y R de rangos logran minimizar las posibles causas de variación, desarrollar posibles puntos de mejora en los procesos y obtener la mejora óptima de la calidad sin necesidad de hacer una considerable inversión en equipo nuevo o en adaptación de este.

1.6.4. Muestreo de aceptación

Para un proceso de grandes volúmenes, la revisión al 100 % es casi imposible, motivo por el cual es necesaria la implementación de planes de inspección, los cuales proporcionan una serie de pasos a seguir. El muestreo de aceptación se realiza para determinar la calidad inherente de un proceso de volúmenes de fabricaciones elevados con base en el establecimiento de parámetros, como defectos en la materia prima, el proceso de soplado temperatura, peso de la preforma.

1.7. Fundamentos de estadística

Se describen los fundamentos estadísticos para la mejora de los procesos del tema planteado.

1.7.1. Distribución de frecuencia

Las distribuciones de frecuencias son tablas en que se disponen las modalidades de la variable por filas. Es representativa únicamente si las variables toman un número grande de valores o la variable es continua. La agrupación de valores con la misma amplitud y en las columnas se dispone el número de ocurrencias por cada valor, porcentajes, las agrupaciones se denominan clases y cuentan con frecuencias y frecuencias acumuladas. La finalidad de las agrupaciones en frecuencias es facilitar la obtención de la información que contienen los datos.

Tabla I. **Tabla de frecuencia**

x	Frecuencia (f)

f: frecuencia (también se simboliza como ni)

x: número de observaciones

Fuente: elaboración propia.

1.7.2. Medidas de tendencia central

Los valores de la tendencia central usualmente se ubican en la parte central de una distribución normal de un conjunto de datos, dato que ayuda a resumir la información de la distribución en un solo número.

- La media de una muestra está definida como la suma de todos los valores observados esto dividido el número total de observaciones.
- El objetivo es describir en un solo valor a una distribución.
- La mediana es el valor central de la distribución, en resumen, es el ordenamiento todos los datos en forma acumulativa. Se ubica como el número medio de un listado de datos.
- La moda de una muestra definido como el valor de la variable normal que se presenta más número de veces, en otras palabras, frecuencia.
- El estudio estadístico de los datos permite la toma efectiva de decisiones.

1.7.3. Medidas de dispersión

Son parámetros estadísticos que ayudan a reflejar como se dispersan los datos respecto de la media aritmética. Su principal función es actuar como indicador de la variabilidad. Las medidas de dispersión más utilizadas son el rango, la desviación estándar y la varianza.

- Dispersión: desviación típica o desviación estándar, definido como la raíz cuadrada positiva de la varianza.

- Rango: indica la dispersión entre los valores extremos de una variable. Se obtiene de calcula como la diferencia entre el número mayor y el número menor de la variable.
- Desviación media: es la media aritmética de los valores absolutos de las diferencias de cada dato respecto a la media.
- Desviación estándar: la desviación estándar mide el grado de dispersión de los datos con respecto a la media, se denota como 's' para una muestra o como ' σ ' para la población. Se define como la raíz cuadrada de la varianza.
- Varianza: parámetro utilizado para medir la dispersión de los valores de una variable respecto a la media calculada. Esta corresponde a la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones respecto a la media. Herramienta principal del control estadístico de procesos.
- Coeficiente de variación: permite determinar la razón existente entre la desviación estándar y la media. Se denota como CV. Permite inferir con mayor certeza sobre la dispersión.

1.7.4. Pruebas de normalidad

La prueba de normalidad genera una gráfica de probabilidad normal y realiza una prueba de hipótesis para examinar si las observaciones siguen o no una tendencia central. El resultado es la inferencia entre la aprobación o rechazo de la hipótesis nula de que los datos provienen de una población distribuida normalmente.

1.7.5. Diagrama de dispersión

Estos diagramas son utilizados para expresar la relación entre datos de dos variables y realizar inferencia basadas en los análisis matemáticos. Los de dispersión muestran valores de datos individuales de la relación entre la ordenada con la coordenada en un plano cartesiano.

1.8. Tipos de gráficos

Se hace una descripción de los diferentes gráficos para el análisis de la situación actual de le empresa segmentando las variables de forma cuantitativa y cualitativa en la que se encuentra un proceso productivo seleccionado, el tipo de medición, el tipo de proceso, la forma de medición, las herramientas y el equipo que se utiliza.

1.8.1. Gráfico de Pareto

Un diagrama de Pareto es una gráfica barras especial donde los valores están organizados de mayor a menor en la gráfica estos contrastados con el porcentaje total acumulado correspondiente.

1.8.1.1. Descripción

El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis que ayuda a tomar decisiones en función de prioridades, el diagrama se basa en el principio enunciado por Vilfredo Pareto:

El 80 % de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20 % de las causas que los originan.

En otras palabras: un 20 % de los errores vitales causan el 80 % de los problemas, o lo que es lo mismo: en el origen de un problema, siempre se encuentran un 20 % de causas vitales y un 80 % de triviales.

1.8.1.2. Elaboración

El diagrama es un gráfico con las categorías en el eje horizontal y dos ejes verticales: el eje de la izquierda con una escala proporcional a la magnitud y el eje de la derecha con una escala porcentual. Se coloca en el gráfico con un punto en cada uno de los porcentajes acumulados y se unen los puntos mediante líneas rectas.

Son segmentadas las pocas categorías que contribuyen a la mayor parte del problema. Esto se realiza en el segmento de la recta donde el porcentaje acumulado asciende entre un total de 70 % y el 90 % del total.

Se puede determinar con la técnica grafico los problemas más importantes según sea su magnitud e importancia asignada, sobre los cuales deben de centrarse los esfuerzos y presentaran una mayor mejora al control del proceso.

1.8.2. Gráficos de control

Es una herramienta grafico para el control de calidad que permite la medición de las características inherente al producto, midiendo de forma cualitativa o cuantitativa según la necesidad. Específicamente el gráfico utilizado será determinar cualitativamente la calidad de un producto será el gráfico p el cual muestra el total de no conformidades por el número total de unidades muestreadas.

El gráfico por atributos del producto terminado se realiza sobre los defectos que se encuentren al final de la línea producción; las variables de calidad a evaluar serán determinadas por las necesidades del cliente, como lo puede ser contenido neto, color de la etiqueta y empaque secundario.

Para calcular los límites central, superior e inferior de los gráficos de control se utilizaran las herramientas estadísticas. Es necesario que los datos muestreados se encuentren dentro de los límites de control para la aprobación de lote.

Si todos los datos se encuentran estar dentro de los límites de control, se puede afirmar que el proceso se encuentra bajo control. Y si algún dato se encuentra fuera de los mismos, se deberá evaluar su razón y si el motivo de variación es una causa no asignable al proceso se procede a eliminar ese dato y volver a hacer los cálculos.

1.8.2.1. Gráficos por variables

Se enlista el procedimiento para la elaboración del análisis estadístico por medio de gráficos por variables. Primero para el control de las medidas de tendencia central y luego para el control de variabilidad de una muestra. Se utiliza el rango de la distribución como medida de variabilidad del proceso. El cálculo es válido únicamente para muestras pequeñas de tamaño menor a 8.

1.8.2.1.1. Gráfico X

El gráfico x tiene como objeto el estudio del comportamiento estadístico del control de calidad para una pieza durante el proceso productivo. El tamaño de muestra 'n' será constante. La frecuencia de muestreo será definida por los cambios en el proceso debido a causas internas. Busca minimizar la aparición

de causas externas. El número de muestras satisface dos criterios fundamentales: la recolección del número de muestras suficientes para confirmar que las causas internas se manifiesten y segundo la estabilidad del proceso es comprobable.

- Planificar la recolección de los datos según el plan establecido. El plan debe contener frecuencia de muestreo, técnica de muestreo, plantillas de verificación de muestreo y las unidades serán recogidas de forma consecutiva para que la muestra sea uniforme y representativa del momento de la toma de datos. Se captura en la plantilla de verificación de muestreo, toda la información y circunstancias que sean relevantes en la toma de los mismos. El muestreo debe ser supervisado y calificado en la objetividad de los datos.

- El procedimiento para la creación de un gráfico x.
 - Calcular la media (\bar{X}) y el recorrido (R) para cada muestra.

 - Cálculo del recorrido: ($X_{\text{maxima}} - X_{\text{minima}}$).

 - El valor A_2 se obtiene de la tabla de constantes.

 - Calcular el límite de control superior (LCS) y el límite de control inferior (LCI):
 - $LCS = \bar{X} + A_2 R$

 - $LCI = \bar{X} - A_2 R$

1.8.2.1.2. Gráfico R

El gráfico de control R es calculado en conjunto con el gráfico x. Determina la amplitud de parámetros. El procedimiento para la creación se detalla a continuación.

- Calcular el límite de control superior (LCS) y el límite de control inferior (LCI)
 - $LCI = D_3 R$
 - $LCS = D_4 R$
 - $LC = R$

El valor de D_4 y D_3 son datos constantes. El valor de D_3 para tamaño de muestras menores o iguales a 6 es cero, esto resulta con un límite de control inferior igual cero.

- Límite control central. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las R, el valor del recorrido medio e identificarlo.
- Límite de control superior. Marcar en el eje vertical, el valor del LCS. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua la cual se identificará con LCS.
- Límite de control inferior. Marcar en el eje vertical correspondiente, el valor de LCI. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua la cual se identificará con LCI.

1.8.2.2. Gráficos por atributos

Se describe el procedimiento para gráficos por atributos.

1.8.2.2.1. Gráficos P y nP

El gráfico p es utilizado en el análisis de proporcionalidad de artículo que no cumplen con las especificaciones en un lote de producción. Se define que un artículo es defectuoso cuando difiere de las especificaciones del producto. Por lo tanto. La gráfica p es utilizada para controlar el desempeño del capital humano, un centro laboral, un turno, una planta, una empresa. Permitirá comparar, unidades similares.

- Procedimiento para elaboración de gráfico p.
 - Para calcular el tamaño del subgrupo y el método que se empleará, el tamaño del subgrupo dependerá la proporción de no conformidad.
 - Recopilación de datos: los datos deben ser proporcionados por las plantillas de verificación.
 - Determinar la proporción de no conformidad de cada subgrupo se calcula mediante la fórmula $p = \frac{np}{p}$.
 - Calcular la línea central, los límites de control. La fórmula para calcular los límites de control es la siguiente:

- $LCS = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{(1-\bar{P})}{n}}$

- $LCS = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{(1-\bar{P})}{n}}$

- La proporción promedio de no conformidad, \bar{p} , es la línea central

y se obtiene a partir de la fórmula $\bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$.

- El cálculo del límite de control inferior si da un resultado menor que cero se toma el valor de cero como límite inferior.

- Definir las escalas del gráfico.

- El eje horizontal representa el número de la muestra en el orden en que ha sido tomada. El eje vertical representa los valores de la fracción de unidades no conformes p.

- La escala de este eje irá desde cero hasta dos veces la fracción de unidades no conformes máxima.

- Representar en el gráfico la línea central y los límites de control.

- Límite de control central. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las p, el valor de la fracción media de unidades no conformes p. Trazar una recta horizontal. Identificarla con LCC.

- Límite de control superior. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las p , el valor de LCS. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua. Identificarla con LCS.
- Límite de Control Inferior. Marcar en el eje vertical, correspondiente a las p , el valor de LCI. A partir de este punto trazar una recta horizontal discontinua. Identificarla con LCI.
- Comprobación de los datos de construcción del Gráfico de Control p .
- Se comprobará que todos los valores de la fracción de unidades no conformes de las muestras utilizadas para la construcción del gráfico correspondiente están dentro de sus límites de control. $LCI < p < LCS$
- Procedimiento para la elaboración del gráfico NP:
 - Calcular el número medio de unidades no conformes np .
 - $np = (np_1 + \dots + np_N) / N$
 - n_{pi} = número de unidades no conformes de la muestra i
 - N = número de muestras.
 - Calcular el límite de control superior (LCS) y límite de control inferior (LCI).

- según la fórmula:

$$LCS = \bar{np} + 3 \sqrt{\frac{\bar{np}(1 - \bar{p})}{p}}$$

$$LCS = \bar{np} + 3 \sqrt{\frac{\bar{np}(1 - \bar{p})}{p}}$$

2. SITUACIÓN ACTUAL

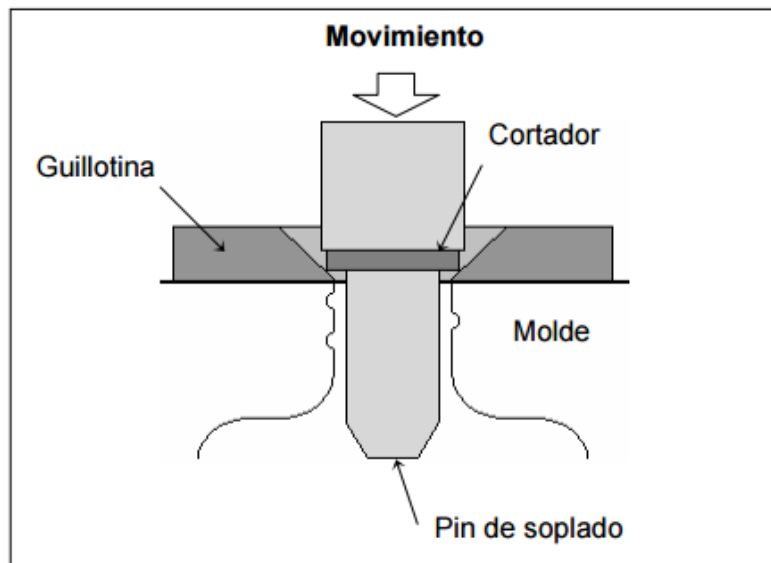
2.1. Sopladora

Se le llama así a equipo encargado de realizar el proceso de soplado del envase PET. Los elementos esenciales del equipo de soplado con: la tolva de alimentación, el sistema de dosificación, plastificación e inyección y la unidad de moldeo-desmoldeo. La tolva de alimentación se conecta mediante un conducto al cilindro donde tiene lugar la refrigeración donde se lleva a cabo el secado de la resina utilizada. Se sopla aire comprimido al parison metido dentro de las paredes del molde para que después tome su forma.

Los equipos de inyección en su gran mayoría cuentan con un pistón de dosificación y plastificación con forma de husillo que gira un cierto número de veces para realizar la carga del material. El husillo cuenta con un anillo que actúa como válvula de retención el cual impide el retroceso del material durante la inyección. El diseño de la punta de soplado tiene una relación directa con que el diámetro externo es el diámetro interno de la botella; por lo cual para aumentar o disminuir el diámetro interno de una botella, basta con aumentar o disminuir el diámetro externo de la punta de soplado.

Además del diámetro, es importante remarcar que el pin de soplado debe tener también un circuito de enfriamiento, pues el estar constantemente en contacto con el material caliente, puede provocar que se pegue o rasgue el parison. Regularmente, las puntas de soplado se fabrican de materiales como bronce, acero inoxidable, acero al carbono, etc.

Figura 4. **El pin de soplado con el disco de corte choca con la guillotina del molde para hacer el corte del plástico en la boca del envase**



Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Moldeo_por_soplado. Fecha: 19 diciembre de 2015.

2.1.1. Descripción

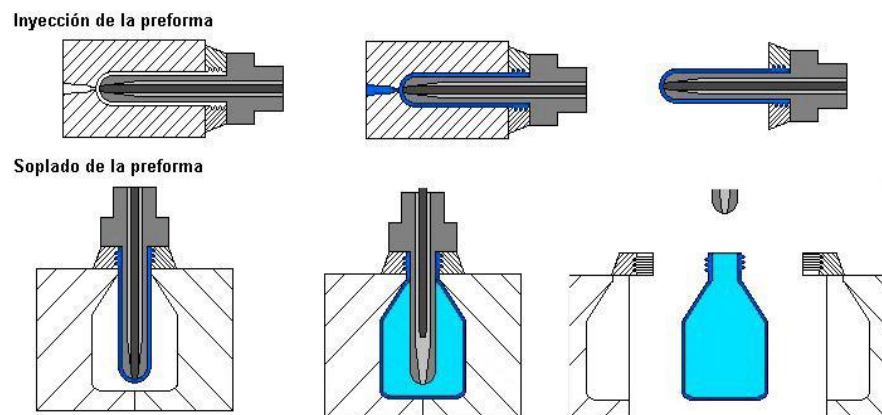
Las etapas del proceso de inyección por tensionado-soplado comprenden básicamente: fusión del material plástico, obtención de la preforma o precursor, introducción de la preforma dentro del molde de soplado, insuflado de aire dentro del precursor, enfriamiento y por último desmoldado.

Se utiliza la cantidad exacta de politereftalato de etileno el cual es inyectado sobre una barra central y aún enlazado químicamente es enviado a la estación de soplado donde es expandido hasta la forma deseada. Se utiliza una mesa rotatoria horizontal donde se monta la parte positiva del molde. La parte negativa del molde se cierra sobre la parte positiva del molde del precursor o preforma los cuales son inyectados por una máquina de inyección. El molde de

inyección se abre y el precursor se traslada usando la barra central para el proceso de enfriamiento. Los pasos anteriores son realizados por un proveedor de preformas el cual transporta hacia la planta de producción en jaulas las preformas a temperatura ambiente.

Luego, se reanuda el proceso productivo colocando las jaulas en una máquina dispensadora de preformas que actuará como la barra central, luego del procesos de inyección en el cual se deberá de precalentar las preformas, luego pasa a la máquina sopladora donde se produce el tensionado del molde y direcciones axiales y radiales soplando a través de la abertura de la barra central y alargándola simultáneamente; el envase ya formado continua su camino a través de una banda transportadora durante el cual se enfría y pasa al proceso de etiquetado, en el cual se codifica la fecha de soplado y el lote de producción. Luego de etiquetado rotativo automático, pasa por una banda transportadora hacia el proceso de paletizado, que distribuye el envase en cantidades iguales y luego lo apila.

Figura 5. **Proceso de inyección por tensionado-soplado**



Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Moldeo_por_soplado. Fecha: 21 diciembre de 2015.

2.1.2. Proceso de soplado

- Procedimiento de operación
 - El Gerente de planta entrega al supervisor de turno la orden de trabajo, según la programación de producción.
 - El Supervisor de turno traslada esta información al operador para que prepare la máquina.
 - El operador verifica la formulación exacta según la orden de trabajo. Una vez llena la tolva, le informa al operador para que arranque la máquina. Se dirige al panel principal y presiona el botón de arranque y verifica que el motor generador esté girando.
 - Se posiciona en la parte superior del dado para recibir la burbuja o película ya inyectada. En este momento procede a inyectar aire comprimido para soplar la película, la recibe con las espátulas correspondientes y la pega al entubado existente en toda la máquina. Se acerca al panel de control y enciende el motor superior que se encuentra en la torre que domina los rodillos superiores de la extrusora, conocidos como NIP ROLL (rodillos jaladores); estos son los que determinan el grosor de la película que relacionan velocidad de inyección de la película con la velocidad de giro. Al mismo tiempo, les da arranque a todos los rodillos del sistema de embobinado y al sistema de tratamiento de la película.

- Moldes de inyección

El operador de la máquina junto con su auxiliar como primer paso en este procedimiento procede a la extracción de los platos del ring de aire, la matriz y el dado que son las partes importantes de la máquina extrusora de la siguiente manera: quitan las mangueras del ventilador; retiran los cables que sujetan el ring de aire a la base de la estructura de la extrusora; quitan los tornillos de la parte inferior del ring y lo dejan en el piso; proceden a aflojar la parte superior del ring de aire desenroscándola y luego la quitan, con este paso se tiene que tener cuidado, ya que el material es muy delicado porque es de aluminio. El equipo de soplado es rotativo y debe de colocarse cada uno de los moldes en secuencia exacta y el volumen de llenado deseado según la orden de producción.

Desde este proceso en adelante se tiene que tener cuidado y ponerse guantes de asbesto porque se tienen que aflojar los tornillos de la base de la matriz que son del centrado del dado y quitar la tuerca y la roldana que sujeta el dado con el muñón roscado del centro del cabezal, tienen que poner la temperatura a 180 grados Celsius en el termostato de la última zona de la extrusora y esperar como mínimo 30 minutos para derretir el plástico que atrapa el dado dentro de la matriz.

Se limpian el dado con una espátula de bronce y se pasan un wye con gas kerosén para quitar todo el plástico adherido.

- Proceso de termoformado

Procedimiento exclusivo para termoplásticos, la resina se proporciona en forma de finas láminas elaboradas por el proceso de extrusión, a esta se le

caliente para conformarlo. Con aire a presión o vacío, se obliga a la hoja a cubrir la cavidad interior del molde y adoptar su configuración; se utiliza para la fabricación de diversos recipientes: vasos, platos, copas, pequeñas botellas, la producción es en serie, utilizándose planchas o láminas del tamaño adecuado para 100 a 200 piezas.

- Procedimiento de operación

El gerente de planta entrega al supervisor de turno la orden de trabajo de termoformado, esto lo hace según la disponibilidad que se tenga de las bobinas extruidas. El supervisor de turno traslada esta información al operador de la termoformadora para que prepare su máquina según el procedimiento establecido.

El operador de la termoformadora verifica que la bobina esté bien colocada en el conducto de alimentación de termoformado y enciende la máquina; espera 20 minutos hasta que esté caliente, entonces, la pone en funcionamiento termoformando la bobina que ha sido puesta en el ducto.

- Preparación de la máquina

Para poner en funcionamiento la máquina de termoformación primero se tienen que realizar las revisiones indispensables como el reapriete de los tornillos que sujetan los moldes de ambos lados; la temperatura del agua fría para que logre el enfriamiento adecuado a los moldes; se debe revisar también que no hayan fugas de agua dentro del molde; chequear el área de lubricación necesaria para el desplazamiento adecuado de los moldes; luego, se procederá a encender la máquina y tendrá que esperarse 20 minutos hasta que logre

calentarse y la temperatura ascienda a un rango de 225 a 250 grados centígrados.

Luego que se han hecho todas las revisiones anteriores, puede ser colocada la bobina en el ducto de alimentación de la máquina y podrá empezar a sacar los primeros ciclos de producción de la película extraída.

- Moldes de termoformado

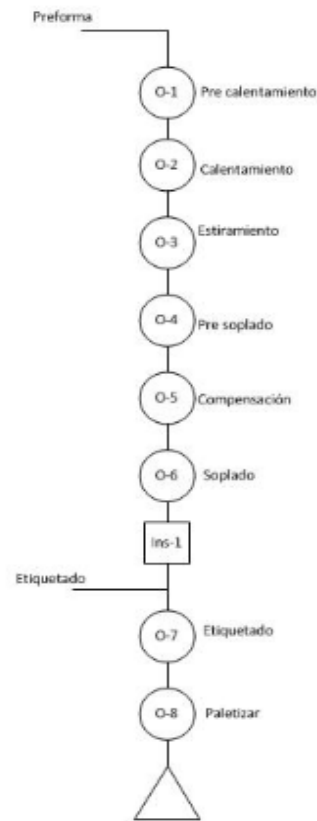
El operario debe asegurarse de que la máquina de termoformado esté totalmente apagada; el molde se forma de dos partes: una parte fija que está en posición horizontal y otra móvil que es la que se eleva verticalmente que forma el producto; cada una de las partes del molde está sujeta por dos tornillos de cada lado; se sujeta el molde con una cadena o polipasto para levantarlo; al estar sujeta la pieza, se quitan los tornillos de los moldes, entonces, la pieza queda libre y puede ser removida con el polipasto; debe quitarse una parte primero y luego se repite el proceso con la otra pieza.

Después de quitar el molde anterior, se procede a levantar el otro molde con el polipasto y colocarlo en la máquina; primero tiene que ser colocada la parte fija horizontal del molde y apretar los tornillos que la sujetan a la máquina; después se levanta la parte móvil y se procede a colocarla; también, los tornillos deben sujetarse correctamente para que el molde no se mueva al momento de operar la máquina; después de estar colocados correctamente, las dos piezas, se puede encender la máquina y realizar las pruebas.

A continuación, se presentan los diagramas de proceso de los diferentes procesos en la planta de producción.

Figura 6. Diagrama de operaciones soplado

Diagrama de Operaciones			
Operación:	Soplado de envase PET		Método: Actual
Departamento:	Soplado		Sección: Producción
Estudio No.	1	Pag. 1/1	Realizado por: JZ



Resumen		
Accion	Cantidad	Tiempo
Operación	8	
Inspeccion	1	

Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Visio 2010.

2.2. Especificaciones del envase PET

Se hace una descripción de las características del envase PET en estudio, acotando el estudio al envase de 2 500 mililitros por presentar mayor número de quejas por parte del cliente.

2.2.1. Dimensiones del envase

Envases de 1 litro o menor capacidad; la especificación individual debe ser de $\pm 1,25$ % de su capacidad nominal y una especificación promedio de $+1,0$ % de la capacidad nominal $-0,0$ %.

Envases con capacidad mayor o igual a 1 litro, $\pm 1,0$ % de la capacidad nominal y una especificación promedio $+0,75$ % de la capacidad nominal deseada, $-0,0$ %.

Tabla II. **Espesores mínimos recomendados en las diversas áreas del envase PET**

Envase	Espesor de la preforma (mm)	
	2,5Lts -52g	2,5Lts -52g
Área del envase		
Hombro superior	0,31	0,26
Hombro inferior	0,27	0,22
Panel de etiquetado	0,30	0,26
Cintura	0,35	0,31
Talón	0,30	0,25
Fondo	0,25	0,23

Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Word 2010.

Resistencia al *stress cracking*, la presión en el envase lleno con agua al punto de llenado debe ser de 60 psi. El pH de la solución debe ser $0,2$ % soda cáustica.

Tabla III. **Valores de resistencia a la carga vertical**

Tipo	Resistencia mínima individual	Resistencia promedio
Botellas PET	44 Lbsf/ 29 kgf	66 lbsf / 30 Kgf

Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Word 2010.

2.2.1.1. **Altura del envase**

Se hace una descripción de la altura del envase con relación a la capacidad nominal y diámetro.

Tabla IV. **Altura del envase vrs capacidad nominal y diámetro**

Altura (mm)	Capacidad nominal (ml)	Diámetro (mm)
-1,50 + 1,20	1 481 – 4 000	-1,00 + 0,75

Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Word 2010.

2.2.2. **Peso**

Se hace una descripción de la relación de capacidad con base en el peso del envase.

Tabla V. **Peso del envase contra su capacidad**

Capacidad de la preforma (mL)	Peso (g)
2 500	52

Fuente: elaboración propia.

2.3. Control de calidad actual

En el proceso de producción se deben cumplir diferentes parámetros de calidad para la aceptación del lote de producción.

2.3.1. Defectos o causas

- Los defectos típicos detectados en la base
 - Contaminación
 - Grietas en las entradas de inyección
 - Dobleces/acumulaciones
 - Orificios en la entrada o en el pie
 - Entradas descentradas
 - Descamación/opacidad/claridad

- Defectos típicos detectados en cuello/hombro
 - Soplado escaso
 - Perlado/opacidad/claridad
 - Contaminación
 - Envase de color incorrecto
 - Envases mal formados
 - Cuellos bloqueados o tosidos

- Defectos típicos detectados en la pared lateral
 - Soplado escaso
 - Dobleces

- Perlado
- Opacidad
- Claridad
- Descamación
- Contaminación
- Envase de color incorrecto
- Orificios
- Envases mal formados

2.3.2. Especiales de variación

Todos los envases tienen lo que se conoce generalmente como un empuje hacia arriba o vertical:

- El centro de la base se curva hacia el interior en varios grados. Esto es para asegurar que la botella se apoye en el borde exterior de la base o, en el caso de botellas para bebidas carbonatadas, en los pies, típicamente cinco grados. Este centro de empuje hacia arriba siempre se reducirá hacia el exterior en cierta medida. Cuando está demasiado caliente después del moldeo, se moverá hacia afuera tanto que empieza a sobresalir más allá de los límites del borde externo y la botella se balancea en vez de sostenerse derecha. También, puede suceder que la presión de aire residual dentro de la botella empuja el centro de la parte inferior cuando se abre el molde, a pesar de que esto es una ocurrencia más bien rara. En algunas máquinas, los chorros de aire de refrigeración soplan en las partes inferiores de las botellas después del moldeo para evitar esta contracción hacia afuera. De lo contrario, el procesador tiene que reducir el calor en la parte inferior de la preforma o aumentar el tiempo de enfriamiento.

2.3.3. Procedimientos actuales

Se hace una descripción del proceso actual en el área de producción de envases PET.

2.3.3.1. Muestreo

El muestreo que se realiza es una inspección visual de la botella, no se realiza pruebas de laboratorio.

2.3.3.1.1. Técnica de muestreo

La técnica es observación, los operarios verifican visualmente si la botella presenta algún defecto, retirada de la línea para que no sea transportada al área de llenado.

2.4. Determinación del contenido neto

Para el análisis de la situación actual, planteamiento y mejora, se hará uso de herramientas de la calidad; gráficos de control y diagramas de dispersión, entre otros; el uso de la estadística descriptiva e inferencial como apoyo a la comprobación de las hipótesis.

2.4.1. Instrumentación

Se utilizará la estadística descriptiva a través de la recolección, agrupación y presentación de datos para el análisis del proceso. Las técnicas de muestreo para la obtención de datos y la capacitación del personal en recolección de muestras para la inferencia de resultados.

2.4.1.1. Simulador de caña

Se coloca el simulador de caña con la especificación deseada que provoca succión dentro del envase limitando el volumen de llenado al volumen teórico deseado se procede a provocar un vacío para que se extraiga el excedente de agua y que el contenido neto sea de acuerdo con la especificación de la caña.

2.4.1.2. Balanza

Instrumento de medición utilizado para pesar el envase vacío para determinar la tara luego se pesa el envase con agua a la altura de llenado de la especificación según el simulador de caña, con el peso y la densidad del agua, se relaciona el peso del agua sin el peso del envase sobre la densidad del agua para conocer su contenido neto.

2.5. Diagnóstico actual

- Se realiza una serie de controles que se detallan a continuación:
 - Control de pesos para la materia prima

Tabla VI. **Peso de la preforma**

Muestra	Peso de la preforma (g)										X	R	LCI	LCS
1	49	51	51	53	51	48	52	53	49	50	50,7	5	50,1	51,9
2	50	52	51	50	53	51	51	53	51	51	51,3	3	50,1	51,9
3	51	49	50	49	50	51	49	53	49	50	50,1	4	50,1	51,9
4	53	53	52	52	52	53	52	53	52	52	52,4	1	50,1	51,9
5	50	53	52	51	51	52	51	50	50	53	51,3	3	50,1	51,9
6	48	48	49	48	49	51	49	49	49	51	49,1	3	50,1	51,9

Continuación de la tabla VI.

7	49	53	52	52	49	51	53	52	50	50	51,1	4	50,1	51,9
8	53	53	51	53	52	53	52	50	50	53	52	3	50,1	51,9
9	50	50	51	49	49	49	50	50	49	51	49,8	2	50,1	51,9
10	53	53	52	53	52	53	53	52	52	52	52,5	1	50,1	51,9

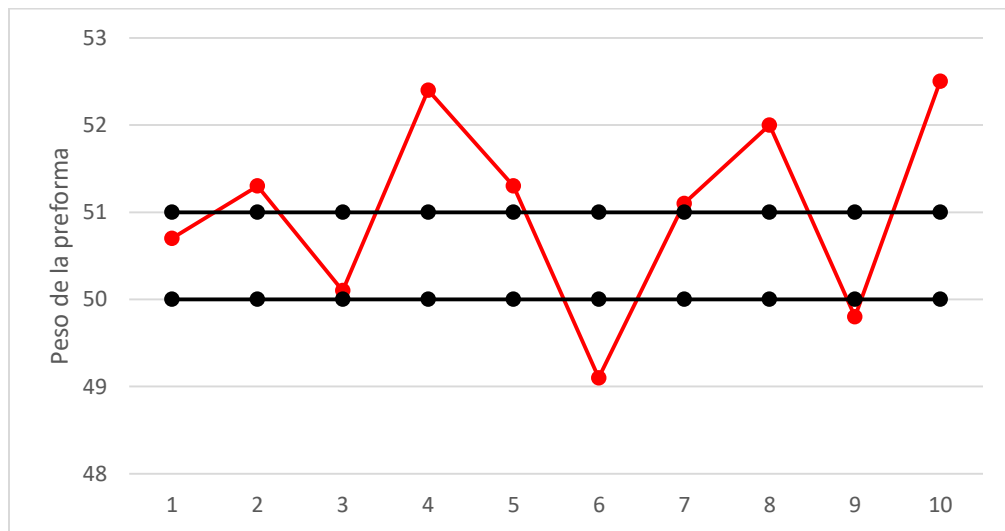
Fuente: elaboración propia.

$$x = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots x_n}{N} = 51,03 \text{ g}$$

$$LCS_x = X + (A_2 * R) = 51,9 \text{ g}$$

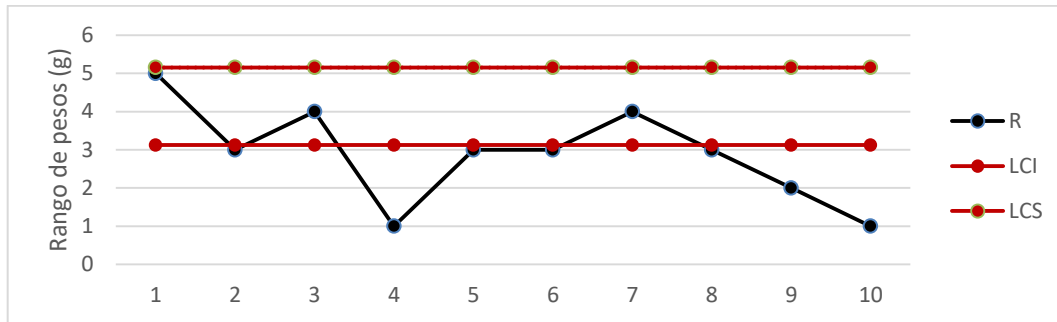
$$LCI_x = X - (A_2 * R) = 50,1 \text{ g}$$

Figura 7. **Gráfico de control X. Peso de la preforma**



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Gráfico de control de R. Peso de la preforma**



Fuente: elaboración propia.

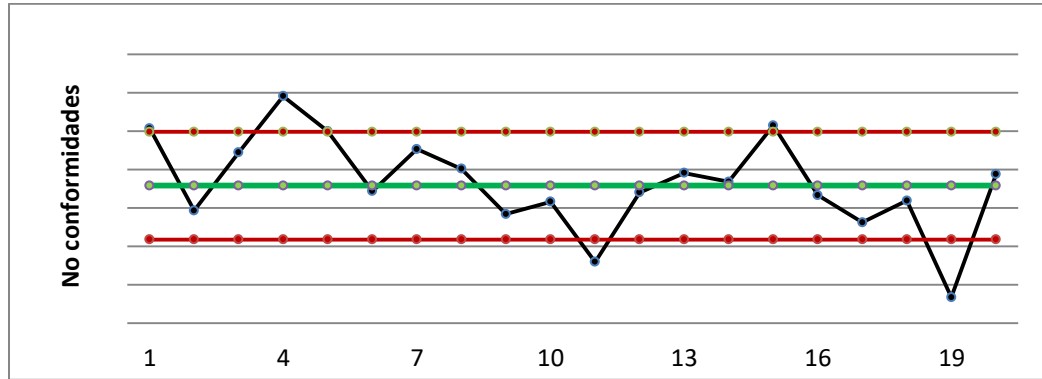
- Habitualmente, se realizan muestreos de materia prima; se detalla a continuación los datos.

Tabla VII. **Espesor de la preforma**

Número subgrupo	Número inspeccionado (n)	Núm. conformidades (d)	Proporción de Núm. conformidades (p)
1	67	34	0,51
2	92	27	0,29
3	72	32	0,44
4	93	55	0,59
5	68	34	0,50
6	96	33	0,34
7	75	34	0,45
8	97	39	0,40
9	88	25	0,28
10	79	25	0,32
11	94	15	0,16
12	91	31	0,34

Fuente: elaboración propia.


Figura 9. **Carta de control P. Defectos en el espesor de la preforma**



Fuente: elaboración propia.

- Se registran los datos una plantilla de inspección del contenido neto.

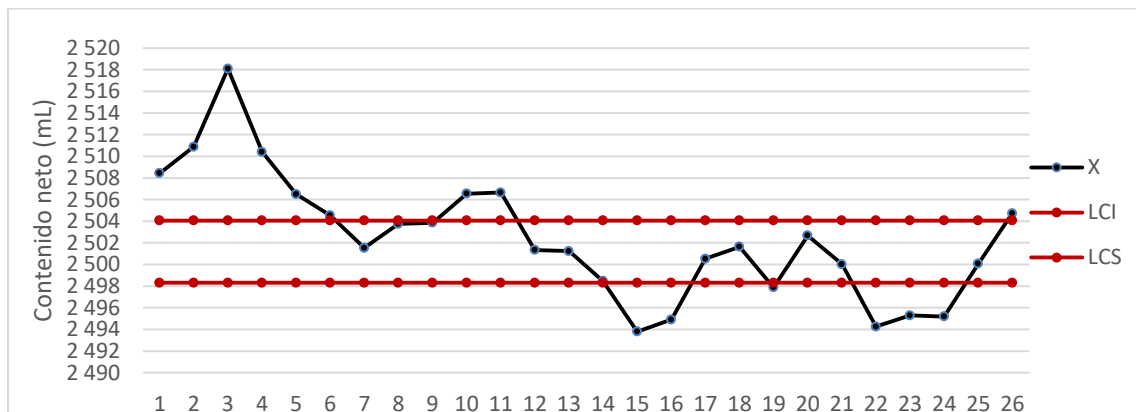
Tabla VIII. **Registro de contenido neto**

 Registro de contenido Neto							
Núm. Envase	Fecha de Producción (dd/mm/aa)	Fecha de estudio (dd/mm/aa)	Temp. del agua (°C)	Densidad	Peso Envas e Vacío (g)	Peso Envas e lleno (g)	CN (mL)
1							
2							
3							

Fuente: elaboración propia.

- Se elabora el gráfico de control del contenido presentado durante el estudio.

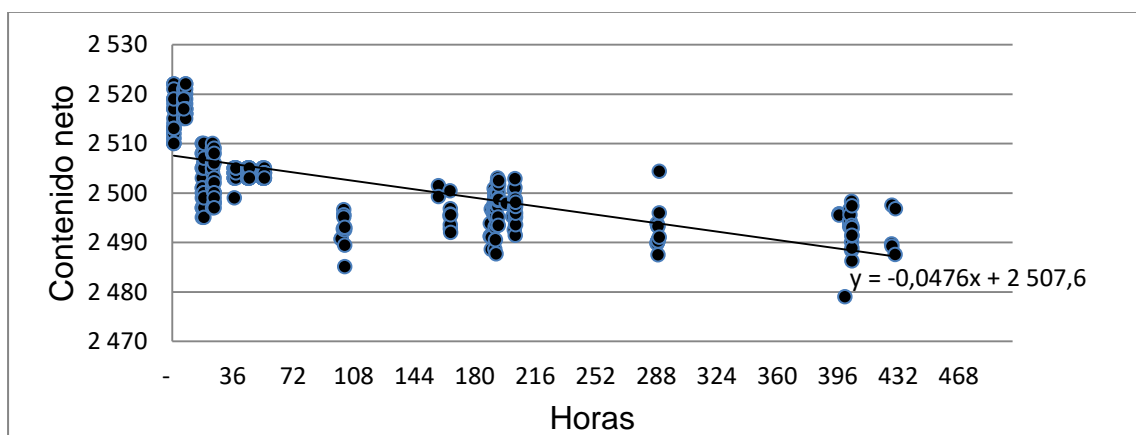
Figura 10. **Gráfico de control X. contenido neto**



Fuente: elaboración propia.

- Se realiza una correlación entre el volumen de llenado y el tiempo.

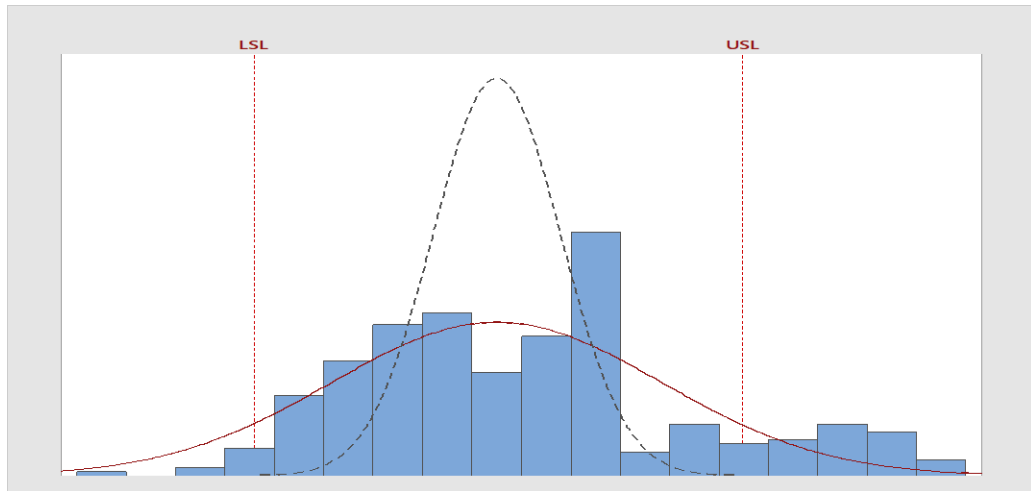
Figura 11. **Dispersión de contenido neto vrs tiempo de soplado**



Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Excel.

- Se grafica la capacidad del sistema.

Figura 12. **Capacidad del proceso de soplado de envase PET**



Fuente: elaboración propia utilizando Minitab 17.

- Se calcula la relación entre la tolerancia especificada y la tolerancia natural del proceso CP y el índice de capacidad del proceso CPK.

$$CP = \frac{(LCS - LCI)}{\sigma} = \frac{(2\,495 - 2\,489)}{3,12} = 1,92$$

$$CpU = \frac{(2\,502 - 2\,489)}{3 * (3,123)} = 1,29$$

$$CpL = \frac{(2\,502 - 2\,495)}{3 * (3,123)} = 0,65$$

$$CPK = \text{Min}(CpU, CpL) = 0,65$$

La empresa ha tenido reclamos e inconformidades de parte del cliente, debido a la presencia de variación en el contenido capaz de almacenar el envase PET que genera inestabilidad en el proceso del cliente. Estos sucesos se dan por la inexistencia de periodos de tiempo específicos en los cuales el envase otorgue un contenido neto óptimo, a la inexistencia de un control del inventario que el cliente utilice para almacenar el producto, únicamente se selecciona el envase a utilizar sin tomar en cuenta su antigüedad. Los muestreos de materia prima son deficientes y no se fundamentan en un proceso estadístico.

El peso de la preforma se encuentra controlado, exceptuando causas especiales cuando se presentan variaciones del peso, apariencia y líneas de flujo detectados en el proceso de inspección. Se determina que los rangos de pesos se encuentran fuera de control debido a las causas antes mencionadas. El espesor de la preforma presenta una tendencia a los límites de control, aunque se presentan puntos fuera de los límites que se deben a causas especiales que deberán ser motivos de estudio; el motivo de dicha tendencia se encuentra fundamentada en la utilización de varios lotes de materia prima para un lote de producto semiterminado.

La correlación del contenido neto y el paso del tiempo permiten conocer el comportamiento bajo condiciones controladas el cual hasta el momento no es del conocimiento del personal. El proceso presenta un decaimiento del contenido neto a lo largo del tiempo; las primeras seis horas son fundamentales para dicho decaimiento.

El proceso de soplado se encuentra fuera de control; presenta varios puntos por fuera de los límites establecidos, tendencias poco predecibles lo cual es un reflejo de las diversas variables que pueden afectar el proceso de

soplado; la desviación de la media no es estable y está por fuera de los límites de especificación que presenta una variabilidad mayor a la natural; es necesario realizar un estudio que permita la reducción de la variabilidad.

Se determina que el proceso de soplado presenta causas asignables de variabilidad lo cual causa que el proceso se encuentre fuera de control; es necesario utilizar los métodos de control estadístico con el fin de encontrar sus causas.

2.5.1. Ventajas

- Se contempla como oportunidad de mejora por analizar cada uno de los factores involucrados en el proceso productivo del envase PET dentro de la línea de producción de la fábrica, desde el ingreso como materia prima a la bodega hasta su almacenamiento como producto terminado, tomando en cuenta las limitaciones que se presenten.
- Se cuenta con equipo de alta tecnología que facilita la toma de datos tanto de temperatura como la presión y el tiempo transcurrido.
- Se cuenta con un proceso ya determinado y repetitivo en el tiempo el cual puede ser replicado cada vez que el pronóstico de ventas lo solicite.
- El macro proceso es delimitado hacia el proceso de soplado de envase.
- Aunque existen varias fuentes de variabilidad es posible atacar las causas más representativas que puedan representar grandes mejoras.

- La capacitación del personal en las técnicas de control de calidad podrá ayudar a la minimización de la variabilidad.

2.5.2. Desventajas

- No se cuenta con un plan de muestreo de aceptación, desarrollado con el fin de minimizar las causas de variabilidad para las operaciones de producción y para el ingreso de materias primas.
- La configuración de los equipos puede variar y el operario del equipo debe estar constantemente a la expectativa de dichos cambios.
- Los defectos en la preformas: agujeros en la base, burbujas de aire y manchas por defectos de inyección crean atrasos en la producción que limitan la capacidad de producción.
- No existe una estrategia para afrontar los desafíos de calidad que representa el proceso de soplado.
- El diverso número de variables y responsables dificulta el análisis segmentado que procesa a la reducción de la variabilidad.
- La falta de capacitación y proactividad de los operarios dificulta la mejora de los resultados.
- La falta de la continua capacitación del personal se ve reflejado en las aprobaciones de lotes de producción defectuosos, por ende, reclamos del cliente externo.

- La resistencia al cambio por parte de los operarios repercute en atrasos para la implementación de mejoras en el proceso.

3. PROPUESTA DE MEJORA

3.1. Determinación de focos críticos de control

Se propone realizar un análisis mediante las siete herramientas de la calidad con el fin de determinar las causas de variabilidad: se delimitan las causas que representan el mayor porcentaje de variabilidad y limitan los esfuerzos para su reducción.

3.1.1. Definición

El control estadístico de proceso es el análisis de los factores que generan variabilidad en el uso de técnicas de probabilidad, para lo cual se utilizan las herramientas de la calidad tales como: diagrama de Pareto, diagrama causa y efecto, diagramas de flujo de proceso, diagramas de dispersión, histogramas y gráficos de Control. Cuando se logra crear confianza con base en la integración de las herramientas antes mencionadas y la toma correcta de decisiones se llega al aseguramiento de la calidad.

3.1.2. Justificación

Se realizará con el fin de minimizar la variabilidad obtenida en el contenido de los envases PET soplados en la línea de producción de la empresa Sacos Agroindustriales. Debido a que la calidad es primordial para la empresa, se busca conocer el comportamiento del material a lo largo del tiempo para determinar el periodo de vida óptimo para las especificaciones del cliente.

Por lo cual es de suma importancia aprovechar al máximo cada uno de los recursos asignados y es necesario examinar el proceso productivo para evitar errores y fallas dentro del mismo proceso.

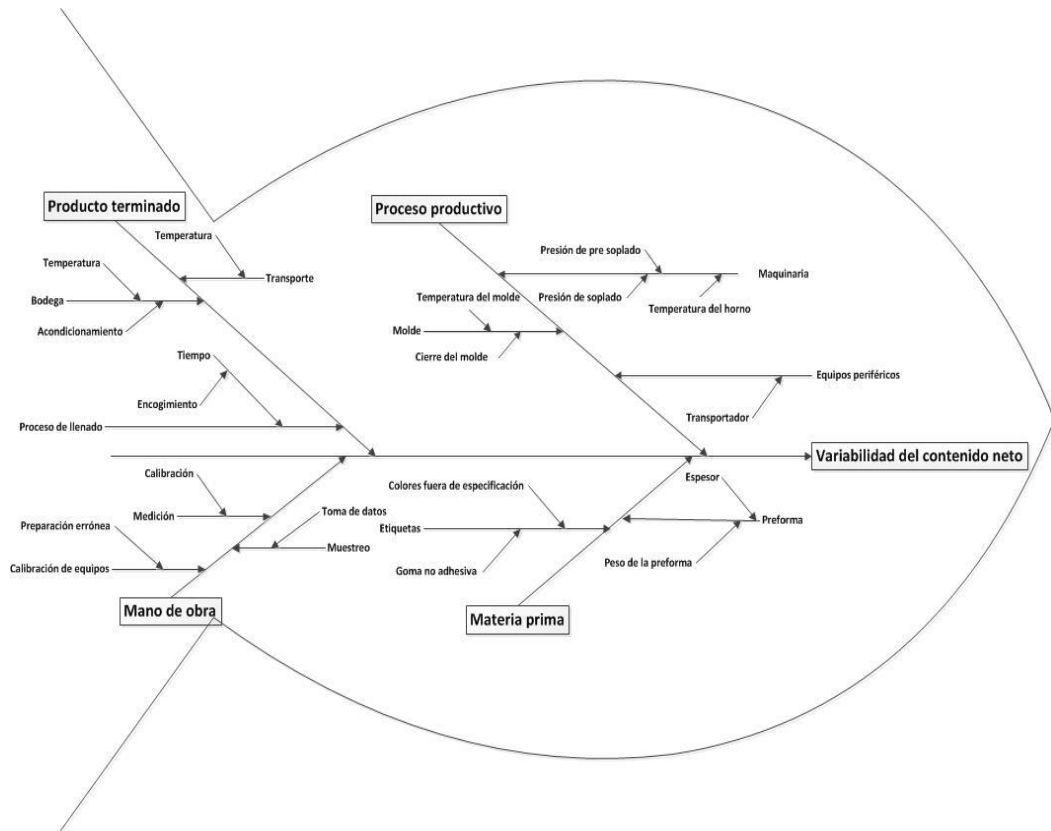
Debido a la exigente demanda de sus clientes por el volumen de los pedidos, la empresa se ve en la necesidad de agilizar procesos. Surge la necesidad de analizar y controlar su calidad, para no apartarse de la ingeniería inmersa. Existe la posibilidad de agregarle valor al producto. Por lo cual, la elaboración de este trabajo de graduación beneficiará a la empresa y a sus clientes; generará para la empresa teorías sobre el comportamiento del envase.

3.1.3. Diagramación

Se realizará por medio de plantillas de inspección para identificar las causas asignables en el proceso de producción y determinar las áreas de mejora.

- Se realiza un diagrama causa – efecto, con el fin de diagramar las causas que supuestamente contribuyen a la variabilidad del contenido neto en los envases producidos con PET; un entendimiento común del problema complejo, los supuestos planteados en el diagrama se verán respaldados de forma cuantitativa más adelante.
- Se ordena de forma principal las causas: materia prima, producto terminado, proceso productivo, mano de obra; estas causas segmentadas en causas secundarias: maquinaria, equipo, molde, preforma, etiqueta, transporte, bodega y medición.

Figura 13. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia utilizando Visio 2010.

3.2. Herramientas estadísticas para el control de la calidad

Para el estudio estadístico del control de calidad del proceso de producción se utilizarán las herramientas de calidad básicas; en el análisis de la operación se determina los puntos de interés plasmados en las hojas de verificación con los parámetros de control específicos para cada plantilla, durante el ingreso de materia prima, el proceso de fabricación de la botella PET y las condiciones de almacenaje, transporte y aprobación del producto terminado.

3.2.1. Hojas de verificación

La hoja de verificación será el elemento impreso presenten en los focos de variabilidad localizados cualitativamente; se desarrolla para recopilar todas las observaciones de forma estructurada con los datos relacionados al proceso de producción.

3.2.1.1. Diseño

El diseño de las hojas de verificación y control de operaciones estará a cargo del jefe de producción en conjunto con el jefe de mantenimiento y el jefe de producción, obteniendo una integración de criterios de medición; contempla la trazabilidad de la medición con la producción; el proceso de medición se lleva a cabo por parte del departamento de calidad.


3.2.1.2. Tabulación

La tabulación de datos estará a cargo de los operarios de calidad asignados previo a capacitación sobre la importancia de la medición y exactitud de datos, equipos y características inherentes a la calidad, posteriormente el análisis de los datos obtenidos estará a cargo del jefe de producción, jefe de calidad y el departamento de mantenimiento presentará los resultados al gerente de producción para su discusión con una frecuencia semanal.

3.2.1.3. Clasificación


Las hojas de verificación se clasifican con base en el parámetro que se desea estudiar del envase PET.

Tabla IX. **Hoja de control para medición de peso**

		Registro de control de pesos de preformas									Versión 2		
Producto:							Turno:						
Supervisor:							Lote:						
Muestra	Hora	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N9	Total	X	r	
1													
2													
3													

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Hoja de control para defectos**

		Registro para el control para defectos							Versión 1			
Producto:							Turno:					
Supervisor:							Lote:					
Núm. Muestra	Fecha	Hora	Lote	Tamaño lote	Número muestreado	Número defectuosos	Tipo defecto	Total				
1												
2												
3												
4												
5												


Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Plantilla de verificación para controles en proceso**

		Registro de contenido neto					Versión 1
Núm. Envase	Fecha de Producción (dd/mm/aa)	Fecha de estudio (dd/mm/aa)	Temp. del agua (°C)	Densidad	Peso envase vacío (g)	Peso envase con agua (g)	CONTENIDO NETO (mL)
1							
2							
3							

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Plantilla de verificación para controles en proceso**

		Registro de controles en proceso													Versión 001			
Producto:						Turno:												
Supervisor:						Lote:												
						Tamaño de muestra:												
Núm. Muestra	Fecha	Hora	T.presoplado (°C)	T.soplado (°C)	T.Horno (°C)	T.Molde (°C)	CN1 (mL)	CN2 (mL)	CN3 (mL)	CN4 (mL)	CN5 (mL)	CN6 (mL)	CN7 (mL)	CN8 (mL)	CN9 (mL)	CN10 (mL)	X	R
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		

Fuente: elaboración propia.

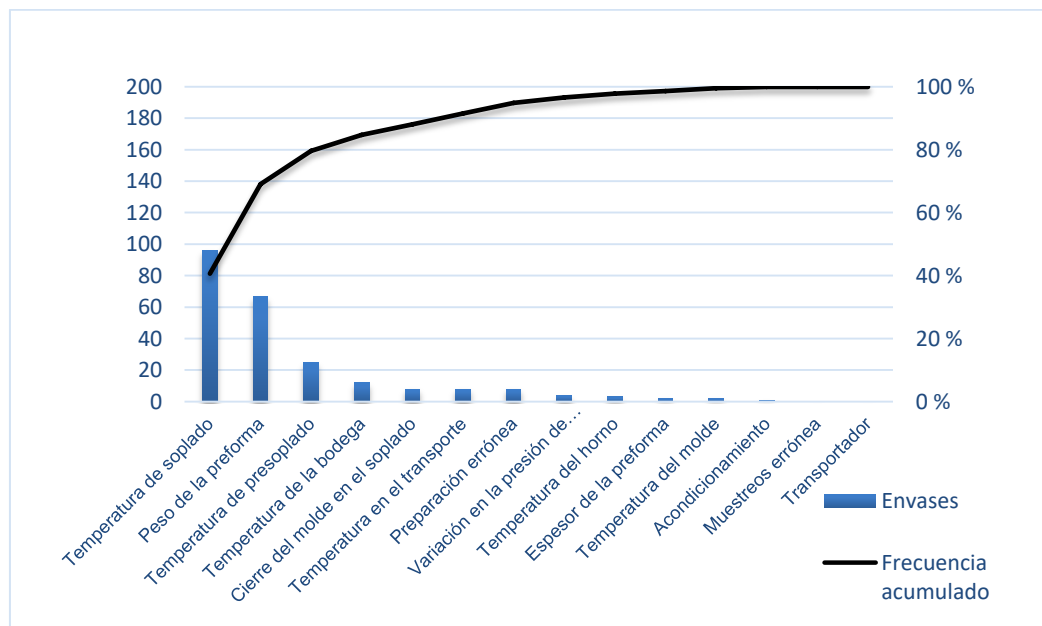
3.2.2. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite establecer entre las causas más importantes de un problema y las que lo son menos. Las ventajas del diagrama de Pareto son las siguientes:

- Permite centrarse en los aspectos cuya mejora tendrá más impacto, optimizando por tanto los esfuerzos.
- Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.
- Ayuda a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras y ser resueltas.

Al utilizar las plantillas de inspección se construye un gráfico de Pareto; analizar cuantitativamente los supuestos planteados en el diagrama causa – efecto se detectan los problemas con mayor relevancia.

Figura 14. **Diagrama de Pareto**



Fuente: elaboración propia utilizando Excel 2010.

- Se limita la propuesta de mejora mediante el principio de Pareto, pocos vitales y muchos triviales, hacia el estudio de las variables de temperatura de soplado durante el proceso de fabricación y el peso de la preforma en el análisis de materias primas.

3.2.3. Muestreo por aceptación

Los procesos productivos son incapaces de producir dos unidades de producto exactamente iguales, debido a su naturaleza y a la interacción de los elementos que intervienen en este. Esta interacción provoca un número de causas de variación que deben ser controladas cuando se presenten en exceso o lejos de lo que tradicionalmente ha sido su patrón de comportamiento aceptado. El propósito del muestreo de aceptación es llevar a cabo un estudio detallado del comportamiento de una variable, en un proceso de producción, con el fin de efectuar los análisis estadísticos correspondientes y de tomar las acciones correctivas y, en especial, preventivas cuando la variable en estudio presente anomalías que se reflejen por la presencia de causas asignables de variación.

3.2.3.1. Desarrollo del plan

Se describe el desarrollo del plan de muestreo de aceptación para la empresa en estudio.

3.2.3.1.1. Tamaño de muestra

El tamaño de muestra definida por la variable 'n' será del tamaño de lote muestreado y deberá ser una constante. La frecuencia de muestreo definirá como serán seleccionados los cambios en el proceso para las muestras

debidos a causas internas y, al mismo tiempo, permita detectar la aparición de causas externas. Las muestras deben recogerse en los puntos de control seleccionados a medir, El muestreo ayudará a inferir sobre la aprobación o rechazo de un proceso en la línea de producción.

3.2.3.1.2. Niveles de inspección

La frecuencia a realizar los muestreos de aceptación será con base en los resultados de los niveles de inspección, los cuales van en aumento desde el nivel I, el menos estricto, hasta el nivel III; si un proceso presenta una variación excesiva, el jefe de producción debe tomar la decisión de cambiar de nivel; el criterio es: el rechazado de dos de cinco lotes en la inspección normal. El cambio de un nivel normal a un nivel reducido sucederá cuando diez lotes consecutivos sean aprobados con un mismo nivel de aceptación. En caso de encontrar las causas asignables a través de muestreos de aceptación, serán registradas en las plantillas de inspección.

3.2.3.1.3. Nivel de aceptación de calidad

Se determina la cantidad de errores permitidos para la muestra que podrán ser aceptados en el muestreo de materias primas, luego de realizado el nivel de calidad límite.

Es necesario, también, calcular la capacidad real de un proceso. La capacidad del proceso es igual a 6σ cuando el proceso está bajo control estadístico.

La aceptación o rechazo del lote será dada por el muestreo por atributos.

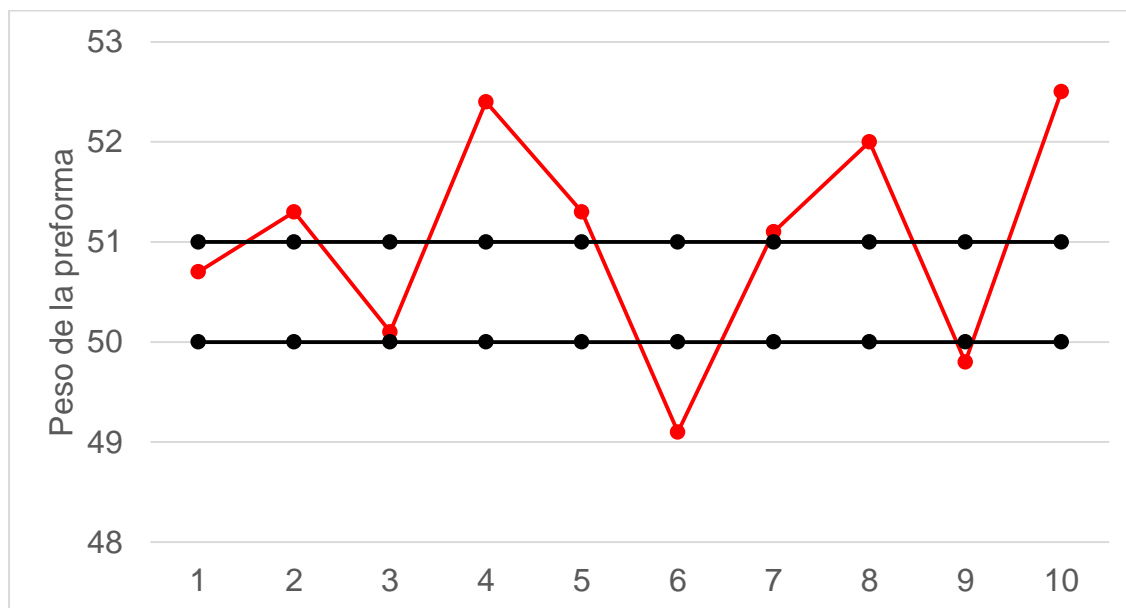
3.2.4. Gráficos de control

A través de la toma de datos en el proceso de producción con las plantillas de inspección y delimitando el estudio hacia las variables vitales del proceso, se procede a realizar el análisis estadístico del proceso.

3.2.4.1. Gráfico X

Se realizó una toma de datos de 25 muestras, en cada muestra se analizaron 5 observaciones para determinar el gráfico de medias. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en variación al peso de la botella de 2 500 ml.

Figura 15. Ejemplo de gráfico de control



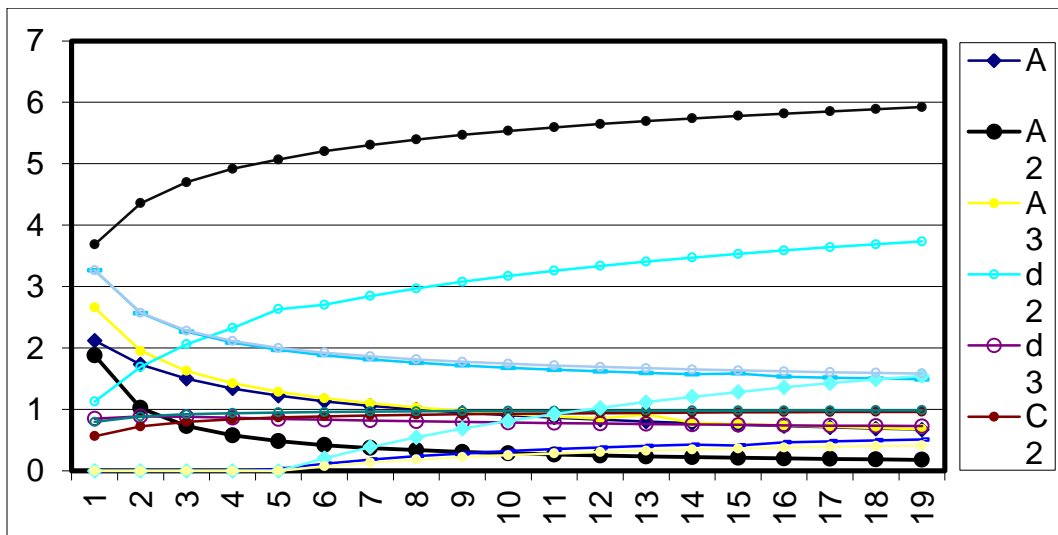
Fuente: elaboración propia utilizando Excel 2010.

Tabla XIII. Coeficientes para gráficos de control

Constantes para Gráficos de Control																
n	A	A2	A3	e4	1/e4	B3	B4	B5	B6	d2	d3	1/d2	D1	D2	D3	D4
2	2.121	1.880	2.659	0.798	1.253	0.000	3.267	0.000	2.606	1.128	0.853	0.886	0.000	3.686	0.000	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.886	1.128	0.000	2.568	0.000	2.276	1.693	0.888	0.591	0.000	4.358	0.000	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.921	1.085	0.000	2.266	0.000	2.088	2.059	0.880	0.486	0.000	4.698	0.000	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.940	1.064	0.000	2.089	0.000	1.964	2.326	0.864	0.430	0.000	4.918	0.000	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.952	1.051	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0.395	0.000	5.079	0.000	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.959	1.042	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.370	0.205	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.965	1.036	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.820	0.351	0.388	5.307	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.969	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.337	0.547	5.394	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.973	1.028	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.797	0.325	0.686	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.975	1.025	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.315	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.978	1.023	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.307	0.923	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.979	1.021	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.770	0.300	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.981	1.019	0.406	1.594	0.398	1.563	3.407	0.763	0.294	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.982	1.018	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.756	0.288	1.203	5.740	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.983	1.017	0.448	1.552	0.440	1.527	3.532	0.750	0.283	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.985	1.016	0.466	1.534	0.459	1.510	3.588	0.744	0.279	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.985	1.015	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	0.275	1.424	5.856	0.391	1.609
19	0.688	0.187	0.698	0.986	1.014	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.733	0.271	1.489	5.889	0.404	1.596
20	0.671	0.180	0.680	0.987	1.013	0.510	1.490	0.503	1.470	3.735	0.729	0.268	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.988	1.013	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.724	0.265	1.606	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.988	1.012	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.720	0.262	1.660	5.979	0.435	1.565
23	0.626	0.162	0.633	0.989	1.011	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.716	0.259	1.711	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.989	1.011	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.712	0.257	1.759	6.032	0.452	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.990	1.010	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.708	0.254	1.805	6.056	0.459	1.541

Fuente: Optimización y Estadística. <https://optyestadistica.wordpress.com/2008/08/27/tabla-de-constantas-para-graficos-de-control>. Fecha: 12 de diciembre de 2015.

Figura 16. Coeficientes para gráficos de control



Fuente: DEMING, William. *Calidad, productividad y competitividad*. p. 131.

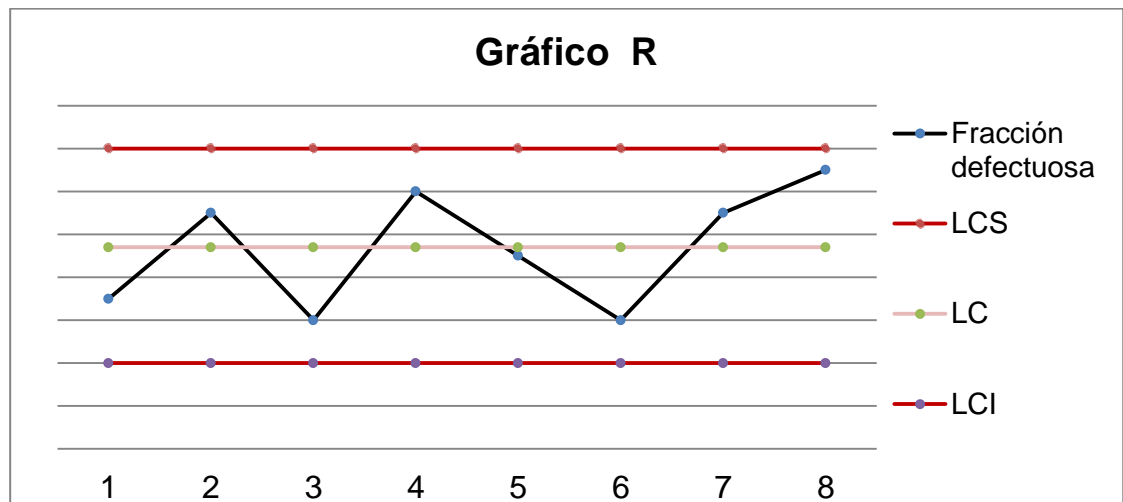
3.2.4.2. Gráfico R

Se realizó una toma de datos de 8 muestras en las cuales se analizaron 5 observaciones para determinar el gráfico de medias y rangos. Se inspeccionan 8 muestras cada una en promedio cuenta con 300 unidades; se encontraron varios valores fuera de especificación.

- Se procede a calcular las medias y rangos, posteriormente los límites de control, utilizando las tablas de coeficientes para gráficos de control.
- Procedimiento para elaboración de gráfico R.
 - Elaboración de la plantilla de medición. Debe contener datos específicos a medir.
 - Definir el número de muestras. Con base al tamaño de la operación se debe definir cuantas observaciones deberá tener cada muestra.
 - Enlistar el número de muestras, promedios, y rangos.
 - Generar un promedio de rangos.
 - Determinar límites de control superior y límite de control inferior según la fórmula:
 - Línea central = \bar{R}
 - Límite de control inferior = $D3 \cdot \bar{R}$
 - Límite de control superior = $D4 \cdot \bar{R}$

- Definir las escalas del gráfico
 - El eje horizontal es la representación del número de la muestra descrito históricamente. El eje vertical es la representación de los valores de la fracción de unidades no conformes.
 - La escala vertical irá desde el valor cero hasta dos veces la fracción total de unidades no conformes totales.

Figura 17. Ejemplo de gráfico R de control



Fuente: elaboración propia.

4. IMPLEMENTACION

4.1. Resultados

Se presentan y describen los resultados luego del análisis realizado al proceso de producción en la empresa en estudio. Luego de diagramar el flujo del proceso y realizar un diagrama causa y efecto, se identifican los puntos de control en los cuales es necesario recabar información del proceso.

4.1.1. Hojas de verificación

Las hojas de verificación diseñadas para tomar datos del proceso de producción en los puntos de control seleccionados, su diseño varía según el requerimiento de medición; es necesario anotar las anomalías encontradas en cada tarea realizada por el operario o fallas que presenta la máquina para ser reportadas al departamento de mantenimiento para su atención.

4.1.1.1. Resultados

Se implementan controles en tres puntos estratégicos: ingreso de materia prima con el registro de control de pesos de la preforma, controles en proceso; para controlar el contenido neto durante el mismo, registro de control de espesor del envase, registrando características inherentes al mismo, por último, control del producto terminado. Las hojas de verificación para da como resultado la toma de muestras, se facilitan al operario sobre las cuales se le instruye para su uso y tabulación. El supervisor analiza los resultados estadísticos para determinar la incidencia del proceso.

4.1.1.2. Interpretación

Luego de la tabulación de los datos, es factible realizar una primera interpretación, pero para que estos datos cobren sentido es necesario proceder con el análisis estadístico.

4.1.2. Diagrama de Pareto

Se realiza un diagrama de Pareto con el objetivo de conocer las causas asignables en la variación, previo a la implementación de la propuesta, con la premisa de poco vitales muchos triviales; es la clave para delimitar el estudio y que sea factible la implementación.

4.1.2.1. Resultados

Se analizan las causas de variación en los muestreos de contenido neto entre lotes, lo que repercute en reclamos del cliente, por ser una fuente de variación en su proceso productivo.

Tabla XIV. Datos para el análisis de Pareto

Causas	Envases	Frec. Normalizada	Frecuencia acumulada
Temperatura de soplado	96	41 %	41 %
Peso de la preforma	67	28 %	69 %
Temperatura de presoplado	25	11 %	80 %
Temperatura de la bodega	12	5 %	85 %
Cierre del molde en el soplado	8	3 %	88 %
Temperatura en el transporte	8	3 %	92 %
Preparación errónea	8	3 %	95 %

Continuación Tabla XIV.

Variación en la presión de soplado	4	2 %	97 %
Temperatura del horno	3	1 %	98 %
Espesor de la preforma	2	1 %	99 %
Temperatura del molde	2	1 %	100 %
Acondicionamiento	1	0 %	100 %
Muestreos errónea	0	0 %	100 %
Transportador	0	0 %	100 %

Fuente: elaboración propia.

4.1.2.2. Interpretación

El gráfico Pareto indica que se debe delimitar el estudio a las siguientes causas de variación:

- Temperatura de soplado.
- Peso de la preforma.
- Temperatura de presoplado.

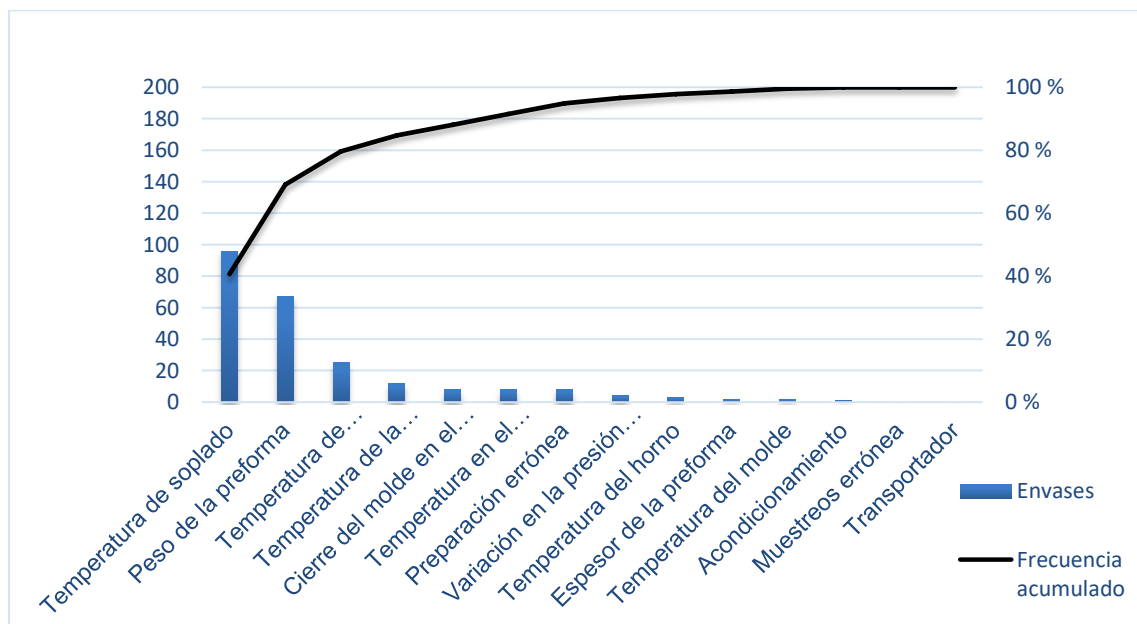
Dichas causas representan el 80 % de las causas de variación presentadas en el estudio. De igual forma las demás causas deben controlarse con un orden de magnitud menor.

Las causas secundarias de variabilidad:

- Temperatura de la bodega.
- Cierre del molde en el soplado.
- Temperatura en el transporte.
- Preparación errónea.
- Variación en la presión de soplado.

Se elabora el grafico de Pareto.

Figura 18. **Gráfico de Pareto**



Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Gráficos de control

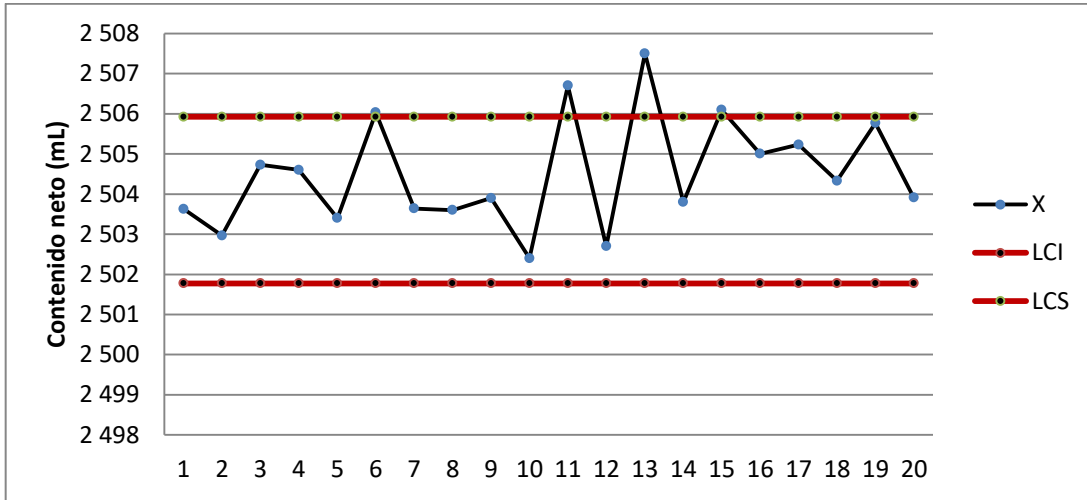
Con base en el estudio realizado a través de los gráficos de control se presentan las conclusiones.

Tabla XV. Registro de controles en proceso

Núm. Muestra	Fecha	T.presoplado (°C)	T.soplado (°C)	T.Horno (°C)	T.Molde (°C)	X (mL)
1	07/04/2016	77	122	98	116	2 503,6
2	15/04/2016	76	122	92	122	2 503,0
3	24/04/2016	82	119	95	120	2 504,7
4	02/05/2016	80	120	101	122	2 504,6
5	31/05/2016	78	121	96	121	2 503,4
6	24/08/2016	82	122	99	116	2 506,0
7	29/08/2016	85	116	93	118	2 503,6
8	17/10/2016	79	117	98	117	2 503,6
9	01/11/2016	82	118	93	119	2 503,9
10	07/11/2016	87	118	96	122	2 502,4
11	12/11/2016	78	118	101	117	2 506,7
12	26/12/2016	76	118	96	117	2 502,7
13	29/12/2016	82	116	97	120	2 507,5
14	08/01/2017	80	121	100	116	2 503,8
15	26/01/2017	76	118	95	118	2 506,1
16	07/02/2017	78	116	100	116	2 505,0
17	19/02/2017	77	118	93	117	2 505,2
18	28/02/2017	81	120	98	119	2 504,3
19	12/03/2017	81	122	92	121	2 505,8
20	15/03/2017	86	122	101	122	2 503,9

Fuente: elaboración propia.

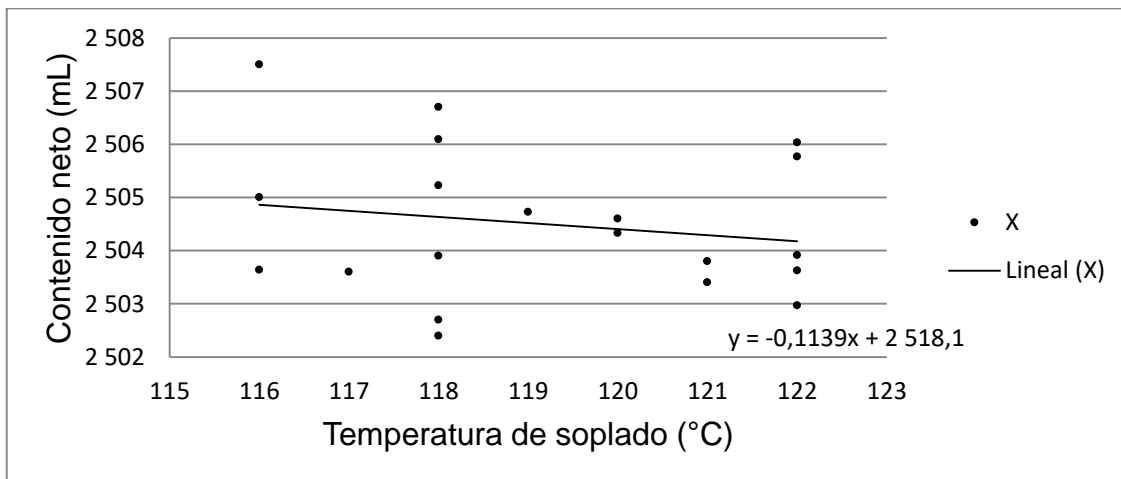
Figura 19. **Gráfico de control X, Control de temperatura de soplado**



Fuente: elaboración propia.

Se realiza la correlación entre la temperatura de soplado y el contenido neto presente en el envase.

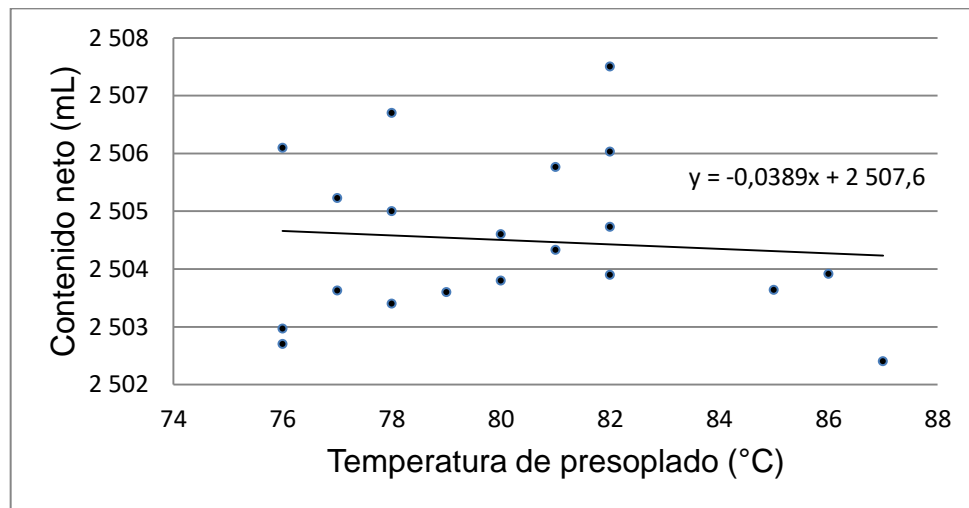
Figura 20. **Gráfico de contenido neto vrs temperatura de soplado**



Fuente: elaboración propia.

Se realiza la correlación entre la temperatura de presoplado y el contenido neto.

Figura 21. **Gráfico de contenido neto vrs temperatura de presoplado**



Fuente: elaboración propia.

La capacidad del proceso y la tolerancia se combinan para formar un índice de capacidad el cual se define de la manera siguiente:

$$Cp = \frac{LCS - LCI}{6 \sigma} = \frac{2 506 - 2 501}{6(3,08)} = 1,34$$

- Cp = índice de capacidad.
- USL-LSL = especificación superior-especificación inferior.
- 6σ = capacidad del proceso.

4.1.3.1. Resultados

Del gráfico de control de medias para el análisis de la temperatura de soplado, se determina que aún se presentan causas asignables al proceso. El gráfico de dispersión relaciona el contenido neto con la temperatura de soplado al igual que la gráfica de temperatura de presoplado y contenido neto. De la misma se infiere que la temperatura óptima de soplado es de 116 °C y la temperatura de presoplado de 88 °C.

4.1.3.2. Interpretación

Si la capacidad del proceso es mayor que uno, se determina que el proceso es más que adecuado, incluso puede exigirse más en términos de su capacidad.

4.1.4. Muestreo de aceptación

En ocasiones es necesario inspeccionar al azar un lote de producción y un lote de materia prima del proveedor. Es necesario revisar periódicamente el nivel de calidad de algunas características claves de lotes de artículos ya producidos, de lotes de producto en proceso o lotes de materias primas y materiales recibidos del proveedor.

Para ejecutar este tipo de inspección existen dos formas básicas: inspección del 100 % e inspección por muestreo. En la primera se inspecciona la totalidad de las unidades que componen el lote mientras que en la inspección por muestreo se toma una muestra de unidades y con base en su estado de calidad se concluye acerca de la calidad del lote.

4.1.4.1. Selección de un plan

El plan de muestreo utilizado es la norma MIL-STD-414, la cual es un método de aceptación de lotes por variables. Fue creada por el departamento de la defensa de los Estados Unidos de Norteamérica con fines militares; contempla el uso de la inspección normal, rigurosa y restringida.

El plan de muestreo buscará controlar la fracción de unidades defectuosas presentes en un lote de producción, se utilizará el método M. el procedimiento se detalla a continuación.

- Selección y medir una muestra.
- Estimar los parámetros poblacionales.
- Calculo de elementos cuya especificación no cumple con los parámetros.
- La aceptación del lote dependerá si cumple esta relación.

La calidad media de salida es una técnica utilizada para la evaluación de un plan de muestreo. Se calcula mediante la fórmula:

$$CMS = (100 p_0)Pa$$

- Pa = probabilidad de aceptación
- Po = probabilidad inicial

Esta fórmula es lo suficientemente aproximada como para servir a propósitos prácticos.

4.1.5. Análisis y discusión de resultados

Se minimiza la variabilidad del proceso en un 41 % aproximadamente, esto debido en gran medida al control de la temperatura durante el proceso de soplado.

El envase presenta una curva de encogimiento lineal desde el momento cero en el que es procesado el envase y empieza el decaimiento del volumen.

El muestreo de aceptación de lotes de materia prima permite minimizar la brecha de variabilidad proveniente del proceso del proveedor.

Determinar los parámetros óptimos de la temperatura de presoplado se puede lograr una reducción del 11 % en la variabilidad del proceso.

Se ha logrado obtener una mejora de la calidad sin necesidad de hacer una considerable inversión en equipo nuevo o en adaptación de este. La capacidad del proceso es 1,34 lo cual es mayor al requerimiento de 1,33 para dicho indicador.

Por lo general, se piensa que un proceso que esta fuera de control es indeseable; sin embargo, hay ocasiones en las que se es deseable que así sea.

Es mejor pensar en el término fuera de control como un cambio en el proceso debido a una causa atribuible.

Durante las pruebas que se realizaron se tabularon varios datos los cuales deberían de estar dentro de un rango de aceptación para aprobar dicho lote de producción o de lo contrario rechazarlo.

El sistema de control estadístico calidad debe poseer tres subsistemas: control de calidad en la recepción de materia prima, control de calidad en el proceso de producción y control de calidad en la entrega de producto terminado.

Hacer pruebas de muestreo en la materia prima es fundamental si se desea minimizar la variabilidad del proceso.

La implementación de gráficos de control durante todo el proceso de producción es de gran importancia porque determina cuantitativamente el comportamiento de la operación, es decir, si se está dentro de los límites de especificación y permite realizar cambios en las recetas.

5. SEGUIMIENTO

5.1. Auditorías de calidad

Mantener un buen manejo y control de las causas de variabilidad permitirá obtener mejor control de los procesos; una mejor rotación de producto según las especificaciones de tiempo de soplado; se optimizará el control del espacio físico del almacén de producto terminado, lo que minimizará posibilidades de existencia de producto obsoleto que le pueda provocar pérdidas a la empresa.

5.1.1. Internas

El cumplimiento de los procedimientos de almacenaje será verificado mediante el personal de bodega quienes deben conocer y saber los pasos a seguir, dentro de los procedimientos.

- Procedimiento de ingreso y circulación dentro de la planta
- Procedimiento de recepción, ubicación y egreso de producto
- Procedimientos de calidad
- Procedimiento de buenas prácticas de manufactura

La verificación de conocimientos se realizará mediante pruebas escritas y prácticas, donde el operario deberá demostrar sus conocimientos sobre los procedimientos capacitados.

Tabla XVI. **Hoja de control para auditoría interna**

Área:		Auditor:	
Fecha:		Hora:	
Calificación:			
1. Excelente	100	4. Regular	40
2. Muy bien	80	5. Mal	20
3. Bien	60		
Instrucciones: Colocar el número que corresponde a la puntuación deseada en el cuadro, luego, coloque sus observaciones			
1. ¿Se siguen los procedimientos de calidad?			
2. ¿El almacén de materia prima se encuentra limpia?			
3. ¿Los lotes de producción se encuentran identificados y segmentados?			
4. ¿Se utilizan los registros de entrada y salida de materia prima y producto terminado?			
5. ¿Los formatos de entrada y salida se encuentran archivados en orden?			
Puntuación promedio			
Recomendaciones			
			----- Firma de auditor
Hora finalización			

Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Externas

Realizadas por profesionales y consultores ajenos a la planta de producción; asistirán periódicamente empresa, con la finalidad de obtener un punto de vista crítico y objetivo, que permita saber con exactitud la posición en la que está situada la operación productiva y determinar acciones críticas y de primordial corrección.

- Verificación de toma de datos

Se realizará con el fin de garantizar la toma efectiva de datos, revisando registros y documento maestro de producción, examinando a los operarios sobre el manejo de los registros.

- Verificación de optimización de espacio

Es posible verificarlo mediante una inspección visual, así como la revisión en el sistema del control de inventarios, los movimientos que se han realizado de salida y entrada de mercadería.

- Verificación de rotación de producto

Se puede verificar mediante el registro de ingreso, ubicación y egreso de producto terminado; los cuales permiten la trazabilidad del producto y ubicarlo, cuándo ingresó la materia prima y la fecha en la cual se produjo. Esta información permitirá conocer el tiempo de vida del producto hasta la entrega al cliente, determinar el contenido neto teórico con el cual se entregará para que el cliente ajuste sus equipos de llenado a la especificación necesaria para su proceso.

- Verificación del cumplimiento de procedimientos de producción

El cumplimiento de los procedimientos de producción será verificado mediante el jefe de producción quien debe conocer los pasos a seguir, para los procedimientos preparación y armado del equipo de soplado y etiquetado, procedimiento de ingreso y circulación dentro de la planta de producción. La medición de se realizará mediante pruebas mensuales.

- Verificación de procedimientos del laboratorio de calidad

El laboratorio de calidad debe seguir una serie de instructivos específicos para el control del proceso desde el control de materia prima hasta control de temperatura en la bodega de producto terminado; deben ser auditables los siguientes registros.

- Registro de control para la medición del peso.
- Registro de contenido neto.
- Registro espesor de la preforma.
- Hoja de control para defectos.
- Registro de control de temperatura en almacén de producto terminado.
- Registro de limpieza del área de trabajo.
- Registro de ingreso y egreso a la planta de producción.
- Registro de resultados mensuales.

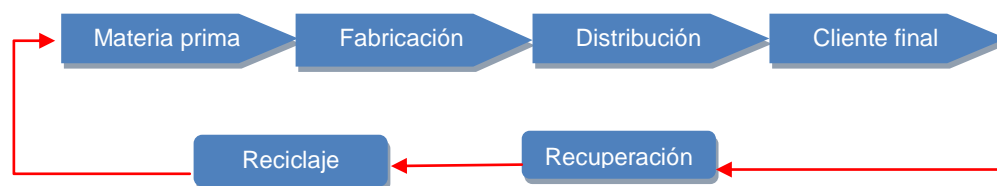
5.2. Acciones correctivas

Después de una auditoria interna o externa debe ser recibido un reporte por parte de los auditores, este dará marcha a los trabajos de cierre para el punto de auditoria. Los auditores otorgarán un plazo de tiempo para el cierre de los puntos críticos, luego se volverá a auditar para presentar el cierre de los puntos auditados.

Como parte de la conciencia social de la compañía se plantea la formación un programa de reciclaje a través de la recolección de desechos reciclables como cartón, papel, plástico, entre otros.

El canal seleccionado debe ser capaz de cubrir la recuperación de desechos ya sea desde el primer paso en materia prima en el último paso con el cliente final.

Figura 22. **Proceso de logística inversa**



Fuente: elaboración propia.

El gerente de producción será el encargado de conformar el equipo de recolección de desechos.

- Compactado: esta tarea puede ser realizada ya sea por personal de bodega asignada o personal del *outsourcing* de reciclaje que se

encuentre en la empresa y compacta los materiales de un mismo tipo en bloques o pacas de determinadas dimensiones y pesos.

- Reciclado: esta tarea consiste en la entrega de los materiales ya clasificados al proveedor de reciclaje para que proceda con sus procesos internos y recicla los materiales, reacondicionándolos para otros procesos posteriores.

Figura 23. **Orden de producción para máquina de inyección**

Orden de producción y especificación para máquina de inyección		
Orden Núm.	Fecha	Código de cliente
Cliente	Kilogramos	Operadores
Máquina Núm.	Turno	Otras especificaciones
Tipo de molde _____ Núm. _____ Supervisa _____ Autoriza _____		

Fuente: elaboración propia.

5.2.1. Capacitación

La capacitación provee de la información necesaria para realizar adecuadamente una actividad; por tal motivo, es indispensable contar con una adecuada capacitación para todos los involucrados en el proceso de producción por medio de capacitaciones, talleres y charlas grupales, de manera que permitan convertir el manual de procesos en una herramienta indispensable para la inducción y el adiestramiento.

El plan de capacitación para los operadores que utilizan las máquinas de extrusión se presenta a continuación

Tabla XVII. **Plan de capacitación equipo de soplado**

Objetivo	Conocer los fundamentos del proceso de soplado, el impacto que tienen las herramientas y también como influyen las variables en las características y propiedades de los productos terminados.
Dirigido a:	Gerentes de producción, jefes de área.
Módulo 1. Fundamentos	<ul style="list-style-type: none">• Densidad• Peso molecular• Índice de fluidez
Módulo 2. Máquina sopladora	<ul style="list-style-type: none">• Plato y mallas• Sistema de calentamiento• Sistema de enfriamiento• Capacidad de una sopladora• Cabezal, herramientas y equipos complementarios
Módulo. 3 procesos secundarios	<ul style="list-style-type: none">• Procesos secundarios de inyección:<ul style="list-style-type: none">○ Mantenimiento preventivo y correctivo○ Seguridad e higiene industrial

Fuente: elaboración propia.

El plan de capacitación para los operadores que utilizan el proceso de termoformado se presenta a continuación.

Tabla XVIII. Plan de capacitación proceso de termoformado

Objetivo	Conocer las técnicas de transformación del plástico mediante el proceso de termoformado, con énfasis en su enorme potencial y sus principales aplicaciones.
Dirigido a:	Operarios de sopladora.
Temario	
Módulo 1. Fundamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Principios y generalidades del termoformado. <ul style="list-style-type: none"> ○ Historia del termoformado ○ Productos fabricados por termoformado ○ Mantenimiento preventivo y correctivo ○ Seguridad e higiene industrial
Módulo 2. Calentamiento de plásticos	<ul style="list-style-type: none"> • Transferencia de calor: conducción, convección y radiación • Propiedades térmicas de los plásticos • Medios de transmisión de calor
Módulo 3. Polímeros para el terformado	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades térmicas • Temperatura • La medición del calor • Calor específico • Conductividad térmica
Módulo 4. Equipos de terformado	<ul style="list-style-type: none"> • Hornos de gas con circulación forzada de aire • Horno de calentamiento infrarrojo • Resistencias eléctricas de calentamiento lineal • Nuevos Desarrollos
Módulo 5. Moldes de terformado	<ul style="list-style-type: none"> • Elección del tipo de técnica de termoformado • Criterios para el diseño de productos termoformados • Criterios para el diseño del molde de termoformado

Continuación de la tabla XVIII.

Módulo 6. Técnicas de terformado	<ul style="list-style-type: none"> • Termoformado bidimensional • Termoformado tridimensional • Técnicas de moldeo en horno de calentamiento infrarrojo • Procesos especiales: <ul style="list-style-type: none"> ○ PET Cristalino ○ Polipropileno ○ Termoformado de plásticos espumados
----------------------------------	--

Fuente: elaboración propia.

El plan de capacitación para los operadores de las máquinas de inyección se presenta a continuación.

Tabla XIX. **Plan de capacitación de maquinaria de inyección**

Objetivo	Formar personal técnico especializado en el moldeo por inyección de materiales termoplásticos, desarrollando las habilidades, competencias, experiencias y conocimientos necesarios para participar, proactivamente en la operación y con la sensibilidad para tomar decisiones que incrementen la competitividad.
Dirigido a:	Gerentes de producción, jefes de área, operarios.
Temario	
Módulo 1. Materiales polímeros	<ul style="list-style-type: none"> • Principios y generalidades del termoformado • Polietileno PE • Polipropileno PP • Poliamidas • Acrilonitrilo butadieno estireno ABS • Plásticos de ingeniería

Continuación de la tabla XIX.

<p>Módulo 2. Máquinas de inyección</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Principios de la máquina de inyección • Unidad de cierre • Unidad de inyección • Unidad de control
<p>Módulo 3. Proceso de molde por inyección</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Generalidades del proceso de inyección • Ciclo de inyección • Almacenamiento de datos de piezas inyectadas <i>checklist</i> /hojas de trabajo • Mantenimiento de la unidad de cierre • Sistemas mecánicos • Sistemas electromecánicos e hidráulicos • Ajuste del cierre • Columnas • Placas • Mantenimiento preventivo de la máquina de inyección
<p>Módulo 4. Parámetros de inyección</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Optimización del ciclo de inyección • Selección de la inyectora • Cálculo del tamaño de disparo • Ajustes de proceso
<p>Módulo 5. Moldes de inyección</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Función del Moldeo • Diseño básico • Componentes del molde • Arreglos para multicavidades • Sistema de enfriamiento en el molde • Colada caliente • Montaje y desmontaje de un molde • Almacenamiento y mantenimiento preventivo de los moldes principales • Problemas en el molde

Fuente: elaboración propia.

5.3. Análisis de los resultados

La fase de implementación se hará en 2017 por parte de la gerencia general.

Cada seis meses se realizarán reuniones a nivel de gerencia y jefes de área para determinar el avance de la propuesta.

Figura 24. Plan estratégico

Objetivo	Metas	Estrategias	2017	2018	2019
Organizacional: redefinir los objetivos y funciones de cada área de trabajo y describirlas en manuales administrativos.	Se reorganiza la empresa en sus áreas: administrativa, producción y ventas, durante el primer trimestre de 2017	Definición de puestos y atribuciones en las áreas de organización (gerencia administrativa, producción y ventas)	■		
De expansión: desarrollar carteras de ventas en otras regiones y departamentos del país, centrando la atención en complejos comerciales de mayor afluencia de público.	En el año 2017 la empresa cubre toda Guatemala, El Salvador, Honduras, Costa Rica, Panama, Colombia	Iniciar la cobertura del mercado en las nuevas regiones, ejecutando mercadeo directo a través del uso de páginas web, redes sociales		■	■
De producción: incrementar el nivel de producción especialmente en los nuevos diseños que se desea introducir al mercado para generar una verdadera competencia.	Incremento de producción 15 % anual			■	■
De participación: participar en eventos de promoción con otras empresas o por iniciativa propia	Se participa anualmente al menos en cada feria nacional de industrial y en un evento de promoción en cada uno de los departamentos cubiertos	Incorporación de nuevos diseños para diversificar la producción y poder ofrecer variedad		■	■
De posición: consolidar la imagen de marca gradualmente a nivel nacional.	Se consolida totalmente la imagen de marca.	Planes de distribución			■
De ventas: incrementar el volumen de ventas a clientes antiguos y captar nuevos clientes de manera que a la vez que se distribuye el producto vendido al crédito se recupere efectivamente las cuentas por cobrar	Se incrementan las ventas en un 35 % durante los tres años siguientes a partir del 2017	Facilitar muestras de productos			■

Fuente: elaboración propia.

5.3.1. Ventajas

Con la implementación del plan de mejora se prevé reducir el número de botellas con defecto, así como la reducción de desperdicio.

5.3.2. Desventajas

Si no se sigue el plan de mejora y realización de auditorías, se puede incurrir en nuevas fallas en producción, demoras en la entrega de productos, pérdida de materia prima en bodega.

CONCLUSIONES

1. La variabilidad del contenido neto entre lotes de producción es en gran medida por la sensibilidad a los cambios de temperatura del presoplado y del soplado, que afecta el peso de la preforma proporcionado por el proveedor externo. La ausencia de una cuenta con un plan de control de calidad para la recepción de materias primas genera una brecha de calidad al ingresar al sistema variables de peso de preforma.
2. Se utilizan las plantillas de inspección para la construcción de la curva del encogimiento a través del paso del tiempo para el envase.
3. El modelo matemático de describe la curva del encogimiento del envase está dada por la formula $y = -0,047x + 2 507$ El cual se implementa como recomendación hacia el cliente final para proceder al proceso de llenado.
4. La variabilidad entre lotes es principalmente generada por los cambios de los pesos de las preformas.
5. El proceso se encuentra bajo un control estadístico predecible y aceptable aun que presenta causas de variación asignables, principalmente, por los cambios de temperatura. El proceso se encuentra estable al presentar tendencias dentro de los límites de control.
6. Se concluye que el proceso es capaz por presentar una variación permitida sobre una variación esperada menor índice recomendado de 1,33.

7. El plan de capacitaciones es una herramienta clave para que la propuesta funcione, ya que el mayor cambio que se da en la estructura está enfocado en una buena medida al recurso humano; será esencial lograr que el trabajador identifique y se sienta comprometido con los objetivos de la organización.

RECOMENDACIONES

1. Debido a que aún existen causas asignables al proceso se recomienda la implementación del ciclo de Deming: planificar, hacer, verificar y actuar para la mejora continua.
2. Es indispensable que los procedimientos sean comunicados y explicados a los trabajadores que operan las máquinas; esto se puede realizar con una capacitación que debe ser impartida por el supervisor de turno a su grupo de trabajo.
3. Dar seguimiento a la implementación y al control de los resultados.
4. El plan de capacitación es recomendable que lo realice en la primera parte una persona externa y combinar la capacitación con uno de los representantes de la empresa para que el empleado perciba el involucramiento de los gerentes.
5. Crear programas de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar la vida útil de la maquinaria y equipo; de esta forma minimizar los costos de operación para evitar paros imprevistos en la producción.
6. La limpieza y separación entre los diferentes tipos de materiales es muy importante para asegurar un correcto proceso de reciclaje, enviando materiales libres de contaminantes ajenos, se asegura no agregar toxinas extras al proceso de reciclaje.

7. Es de uso obligatorio el equipo de protección personal: casco, guantes, mascarilla, botas industriales, chaleco reflectivo en el área de producción, bodega. Antes de iniciar cada jornada de trabajo se debe realizar una charla previa para concientizar al personal sobre el uso del equipo de protección personal, así como para resolver dudas referentes a los procesos de producción.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARANDES, J.; BILBAO, J.; LÓPEZ, D. *Reciclado de residuos plásticos*. España: Revista Iberoamericana de Polímeros, 2004. 18 p.
2. BESTERFIEL, Dale. *Control de calidad*. México: Prentice may, 2007. 257 p.
3. DEMING, William. *Calidad, productividad y competitividad*. Madrid: Díaz de Santos, 1989. 131 p.
4. GARCIA, Roberto. *Estudio del trabajo: ingeniería de métodos*. México, McGrawHill, 1998. 459 p.
5. GUTIERREZ, Humberto. *Calidad total y productividad*. Edición revisada. México: Editorial McGraw-Hill, 2001. 383 p.
6. NIEBEL, Benjamin. *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Call Hollahan, Editorial Alfaomega, 2001. 745 p.
7. SUMANTH, David J. *Administración para la productividad total, un enfoque sistemático y cuantitativo para competir en calidad, precio y tiempo*. México: CECSA, 1999. 414 p.
8. TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. Guatemala: Facultad de Ingeniería, Área de Producción, 1997. 115 p.

