



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

MONTAJE E INSTALACIÓN DE LÍNEA SOPLADORA DE ENVASES PET (SIDEL SBO 10) EN UNA EMPRESA DEDICADA A FABRICAR BOTELLAS PLÁSTICAS

Jorge David Sarg Mendoza

Asesorado por el Ing. Juan Carlos Vielman Betancourt

Guatemala, marzo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MONTAJE E INSTALACIÓN DE LÍNEA SOPLADORA DE ENVASES PET (SIDEL SBO 10) EN UNA EMPRESA DEDICADA A FABRICAR BOTELLAS PLÁSTICAS

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JORGE DAVID SARG MENDOZA

ASESORADO POR EL ING. JUAN CARLOS VIELMAN BETANCOURT

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocoj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado de León
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:

MONTAJE E INSTALACIÓN DE LÍNEA SOPLADORA DE ENVASES PET (SIDEL SBO 10) EN UNA EMPRESA DEDICADA A FABRICAR BOTELLAS PLÁSTICAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 14 de octubre de 2015.



Jorge David Sarg Mendoza

Guatemala, octubre de 2 018.

Referencia

Ing. Juan José Peralta Dardón
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Su despacho

Por medio de la presente hago de su conocimiento que el estudiante Jorge David Sarg Mendoza que se identifica con DPI: 1717490060301 carné No. 201020596 de la Facultad de Ingeniería, USAC, de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial que realizará su trabajo de investigación de TESIS con el tema: MONTAJE E INSTALACIÓN DE LÍNEA SOPLADORA DE ENVASES PET (SIDEL SBO 10) EN UNA EMPRESA DEDICADA A FABRICAR BOTELLAS PLÁSTICAS, considero que el trabajo presentado ha sido desarrollado cumpliendo con los reglamentos y siguiendo con las recomendaciones de la asesoría, por lo que doy mi aprobación y solicito el trámite correspondiente.

Sin otro particular:

Firma y sello _____



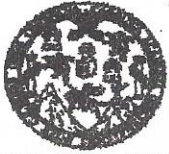
The image shows a handwritten signature in black ink over a horizontal line. To the right of the signature is a rectangular stamp with a double border. The text inside the stamp reads: 'Juan Carlos Vielman Betancourt', 'Ingeniero Mecánico Industrial', and 'No. Colegiado 10525'. There is a small circular logo in the bottom right corner of the stamp.

Ing. Juan Carlos Vielman Betancourt

No. Colegiado 10525

Correo: jvielman@yahoo.com,

Tel: +502 4271 8160



REF.REV.EMI.187.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MONTAJE E INSTALACIÓN DE LÍNEA SOPLADORA DE ENVASES PET (SIDEL SBO 10) EN UNA EMPRESA DEDICADA A FABRICAR BOTELLAS PLÁSTICAS**, presentado por el estudiante universitario **Jorge David Sarg Mendoza**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

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

Edwin Josué Ixpá
Catedrático Revisor
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
No. 7218

Guatemala, noviembre de 2018.


/mgp



REF.DIR.EMI.057.019

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 **MONTAJE E INSTALACIÓN DE LÍNEA SOPLADORA DE ENVASES PET (SIDEL SBO 10) EN UNA EMPRESA DEDICADA A FABRICAR BOTELLAS PLÁSTICAS**, presentado por el estudiante universitario **Jorge David Sarg Mendoza**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2019.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.168.2019

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 del trabajo de graduación titulado: **MONTAJE E INSTALACIÓN DE LÍNEA SOPLADORA DE ENVASES PET (SIDEL SBO 10) EN UNA EMPRESA DEDICADA A FABRICAR BOTELLAS PLÁSTICAS**” presentado por el estudiante: **Jorge David Sarg Mendoza** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

9/27/19
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polar
Decano



Guatemala, Marzo de 2019

/echm

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el amigo que nunca falla, el que ha estado en los momentos más difíciles y felices de mi vida. Gracias por estar siempre conmigo.
- Virgen María** Por interceder por mí ante tu hijo iluminando mi camino. Gracias por tus bendiciones.
- Mis padres** Jorge Sarg y Lily Mendoza de Sarg, por su amor que será siempre mi inspiración, así como por todo su apoyo moral, espiritual y económico.
- Mis abuelas** Concha de Mendoza y Emilia de Sarg, por todas sus enseñanzas, su cariño, su paciencia y su comprensión.
- Mi familia** Con el agradecimiento y cariño por su colaboración e inspiración para que culminara mis estudios.
- Mis amigos** De la universidad, de la vida y de la Salle, por ser una importante influencia en mi vida y en mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser quien permitió mi formación profesional.
Facultad de Ingeniería	Porque en sus instalaciones desarrollé las habilidades y actitudes necesarias para enfrentar la vida con profesionalismo.
Mi asesor	Ing. Juan Carlos Vielman Betancourt, por ayudarme durante el proceso de investigación, revisión y la finalización de este trabajo de graduación.
Mis catedráticos	Por ser una importante influencia en mi carrera y porque gracias a ustedes ingenieros e ingenieras pude encontrar mi vocación.
Sacos Agroindustriales	Por haberme abierto las puertas y permitirme desarrollar mis habilidades y conocimientos en sus instalaciones.
Amigos y familiares	Que de alguna u otra forma contribuyeron en mis estudios y en la realización de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. La empresa.....	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Historia	1
1.1.3. Misión	2
1.1.4. Visión.....	3
1.1.5. Valores empresariales	3
1.1.6. Estructura organizacional	4
1.1.6.1. Organigrama.....	4
1.1.7. Ubicación de la planta	5
1.2. Líneas de producto.....	5
1.3. Alcance de la empresa	6
1.3.1. Multinacional.....	6
1.3.2. Regional	6
1.3.3. Local.....	7
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	9
2.1. La empresa.....	9

2.2.	Proceso de producción.....	11
2.2.1.	Descripción del proceso	11
2.2.2.	Eficiencia	12
2.2.3.	Productividad.....	12
2.2.4.	Mano de obra	13
2.3.	Análisis de la calidad.....	13
2.4.	Materias primas utilizadas para la producción	15
2.5.	Diagramas de proceso de la línea.....	16
2.6.	Diagnóstico de necesidades de capacitación.....	19
3.	PROPUESTA PARA EL MONTAJE E INSTALACIÓN DE LA MAQUINARIA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN SIDEL SBO 10	21
3.1.	Maquinaria a instalar	21
3.1.1.	Sopladora SIDEL 10.....	21
3.1.2.	Transformador trifásico	23
3.1.3.	Compresor de aire.....	24
3.2.	Área a usar.....	25
3.2.1.	Diseño del área	25
3.2.2.	Delimitación del perímetro.....	26
3.2.3.	Distribución óptima de maquinaria	29
3.2.4.	Señalización de accesos de suministros	30
3.3.	Prerrequisitos de la maquinaria a instalar	32
3.3.1.	Balanceo de cargas.....	33
3.3.2.	Cimentación para transformador	35
3.3.3.	Análisis de área donde se montará maquinaria	35
3.3.4.	Análisis de tiempo muerto de producción.....	37
3.4.	Procedimiento de evaluación de la instalación y montaje de maquinaria y equipo.....	38
3.4.1.	Información de la maquinaria y equipo.....	39

3.4.2.	Pruebas no destructivas	42
3.4.3.	Reporte de actividades realizadas	43
3.5.	Montaje e instalación de maquinaria	44
3.5.1.	Instalaciones eléctricas.....	44
3.5.1.1.	Transformador de un megavatio	44
3.5.1.1.1.	Disyuntor	45
3.5.1.1.2.	Conexión principal	47
3.5.1.1.3.	Eléctricas de la maquinaria.....	49
3.5.2.	Instalaciones neumáticas	49
3.5.2.1.	Compresor de baja presión.....	49
3.5.2.2.	Tubería y válvulas.....	50
3.5.3.	Instalaciones hidráulicas.....	54
3.5.3.1.	Chiller	54
3.5.4.	Montaje e instalación de sopladora SIDEL SBO 10.....	55
3.5.4.1.	Instalación de sopladora.....	56
3.5.4.2.	Conexiones eléctricas.....	56
3.5.4.3.	Conexiones neumáticas	57
3.5.4.4.	Conexiones hidráulicas.....	57
3.5.4.5.	Soldadura de alta presión	57
3.6.	Criterio de aceptación del equipo	58
3.6.1.	Prerrequisitos de puesta en marcha del equipo.....	58
3.6.2.	Estudio de efectividad del equipo	59
3.6.3.	Estudio de productividad real del equipo	61
3.6.4.	Propuesta de entrenamiento de personal.....	62
3.7.	Procedimiento de evaluación de producción de maquinaria montada e instalada	63
3.7.1.	Pruebas de calidad	64

3.7.2.	Mediciones de productividad	69
3.7.2.1.	Análisis de eficiencia y eficacia	69
3.8.	Análisis financiero	72
3.8.1.	Análisis de costos.....	72
3.8.1.1.	Instalación	72
3.8.1.2.	Maquinaria y equipo	73
3.8.1.3.	Ejecución.....	73
3.8.1.4.	Mantenimiento.....	74
3.8.1.5.	Totalización	74
3.8.2.	Análisis sensibilidad del proyecto.....	75
3.8.2.1.	VPN.....	76
3.8.2.2.	Tasa interna retorno	77
3.8.2.3.	Relación costo/beneficio.....	78
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	79
4.1.	Plan de mantenimiento.....	79
4.1.1.	Sopladora industrial.....	80
4.1.2.	<i>Chiller</i>	81
4.1.3.	Compresor de aire.....	81
4.1.4.	Transformador eléctrico.....	82
4.1.5.	Evaluación del mantenimiento de línea de producción.....	83
4.2.	Plan de capacitación de personal	85
4.2.1.	Capacitación.....	85
4.2.2.	Instrucciones	86
4.2.3.	Evaluación.....	89
5.	MEJORA CONTINUA	91
5.1.	Plan.....	91

5.1.1.	Mantenimiento	92
5.1.2.	Encuestas para mejoras en la capacitación	95
5.1.3.	Capacitación del personal.....	97
6.	PROGRAMA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL	101
6.1.	Diseño de recipientes para el reciclaje	101
6.2.	Comunicación con recolectores de reciclaje.....	102
6.3.	Campaña de reciclaje	102
6.4.	Capacitación de uso de recipientes de reciclaje.....	104
6.5.	Medidas de mitigación	104
6.6.	Costo del programa	106
	CONCLUSIONES	109
	RECOMENDACIONES	111
	BIBLIOGRAFÍA.....	113
	APÉNDICE.....	115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama general de la empresa.....	4
2.	Condición actual de la planta	10
3.	Unidad repetitiva de PET	15
4.	Diagrama de flujo de ingreso de materias primas e insumos.....	16
5.	Diagrama de flujo proceso de la línea de producción	17
6.	Diagrama de flujo del proceso de soplado	18
7.	Imagen de la máquina sopladora SIDEL SBO 10	23
8.	Imagen de un transformador trifásico.....	24
9.	Imagen con dimensiones del área a utilizar	25
10.	Imágenes sobre delimitaciones de las áreas de trabajo.....	27
11.	Diagrama de distancias mínimas de descarga de aire.....	28
12.	Diagrama de distribución optima de línea de producción.....	30
13.	Imágenes de cimentación dañada y reparada	37
14.	Imagen de disyuntor.....	46
15.	Vista lateral de un transformador trifásico	47
16.	Diagramas de entradas y salidas de aire en un <i>chiller</i>	54
17.	Tipos de botellas y sus partes.....	68
18.	Falla en el tiempo de una pieza mecánica	93
19.	Diseño propuesta de recipiente de reciclaje.....	101
20.	Propuesta de campaña de reciclaje	103

TABLAS

I.	Señalización por color.....	31
II.	Señalización por forma	32
III.	Balanceo de cargas eléctricas	34
IV.	Inspección visual de cimentación.....	36
V.	Producción actual de la línea	38
VI.	Tabla técnica del transformador trifásico	39
VII.	Tabla técnica del <i>chiller</i>	40
VIII.	Tabla técnica compresor de aire.....	41
IX.	Tabla técnica sopladora SIDEL SBO 10 PET	41
X.	Formato de reporte de actividades realizadas	43
XI.	Ventajas y desventajas de materiales de las tuberías aire	51
XII.	Cronograma propuesto de entrenamiento de personal.....	63
XIII.	Pruebas de calidad	64
XIV.	Tabla costos producción por hora.....	71
XV.	Tabla de costos de instalación.....	72
XVI.	Tabla de costos de maquinaria y equipo	73
XVII.	Tabla de costos de ejecución	73
XVIII.	Tabla de costos de mantenimiento	74
XIX.	Tabla de totalización de costos fijos y variables	75
XX.	Propuesta plan de mantenimiento preventivo para sopladora industrial	80
XXI.	Propuesta plan de mantenimiento preventivo para <i>chiller</i>	81
XXII.	Propuesta plan de mantenimiento preventivo compresor de aire	82
XXIII.	Propuesta plan de mantenimiento preventivo transformador trifásico ..	83
XXIV.	Formulario de evaluación de mantenimiento	84
XXV.	Formulario de evaluación de capacitación al personal	90
XXVI.	Formulario de registro de mantenimiento	94

XXVII.	Minuta de reunión operativa de mantenimiento	95
XXVIII.	Encuesta de capacitaciones.....	96
XXIX.	Formulario de planificación de capacitaciones.....	99
XXX.	Costos del programa ambiental	107

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballo de fuerza
cm	Centímetro
g	Gramo
Hz	Hercio
kV	Kilovoltio
MPa	Megapascal
MV	Megavatio
m	Metro
mm	Milímetro
RPM	Revoluciones por minuto
BTU	Unidad, medida de calor, sistema británico
V	Voltio
W	Vatio

GLOSARIO

AQL	Es la nomenclatura para límite de calidad aceptable. Es el máximo porcentaje de defectos que puede ser considerado satisfactorio para la muestra escogida.
Círculo Deming	Herramienta utilizada para implementar un sistema de mejora continua a través del proceso de planificar, hacer, verificar y actuar.
Kaizen	Se define como la práctica de mejora continua la cual se basa en los principios de un cambio para mejor.
Lean	Filosofía que se enfoca en la eliminación de residuos y procesos que no aportan valor a un producto, a través de la mejora de calidad.
Molde	Es el elemento donde la preforma PET es soplada y se le da la forma final a través de un intercambio de temperatura a presión de aire caliente.
PET	El politereftalato de etileno es un polímero derivado de una reacción de policondensación y pertenece al grupo de poliésteres. Posee alta resistencia y desgaste a la corrosión.

Preforma	Materia prima de distintas características, peso y dimensiones, la cual es utilizada para el soplado de botellas PET.
SAP	Es un sistema informático integrado de gestión empresarial con el fin de modelar y automatizar las diferentes áreas de una empresa y sus recursos.
SBO	Es la nomenclatura utilizada internacionalmente para referirse a una máquina sopladora.
Six SIGMA	Metodología de procesos que reduce o elimina defectos o fallos en un producto o servicio que no cumple con los requisitos del cliente.
Soplado	Proceso por el cual se introduce aire comprimido libre de aceite, a alta presión, el cual provoca el moldeo en el material PET contra un molde en negativo que da la forma deseada.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación describe, en el primer capítulo, los antecedentes de la empresa, la historia, los valores, la misión, la visión, la organización y el desarrollo a lo largo de los años. Describe los productos que la empresa manufactura y su alcance.

El segundo capítulo establece la realidad de la empresa actualmente, así como el proceso de producción y sus capacidades actuales. Describe los procesos de línea y las necesidades de la nueva línea de soplado.

El tercer capítulo da una descripción de la maquinaria a instalar y los sistemas que conforman la sopladora; muestra los requisitos para la instalación y el área física que se utilizará. Da la propuesta de los procedimientos a usar en las instalaciones de las distintas máquinas, las evaluaciones a tomar para la puesta en marcha de la línea de soplado y el desglose de los análisis financieros, los costos y la rentabilidad del proyecto.

El cuarto capítulo muestra la implementación de la propuesta que consta de los planes de capacitación del personal a cargo de la maquinaria y las evaluaciones sobre ello, así como los distintos planes de mantenimiento para la línea de producción.

El quinto capítulo describe la manera como la mejora continua deberá realizarse en la empresa, específicamente, para los planes de mantenimiento y las capacitaciones continuas del personal.

Por último, el sexto capítulo aborda la responsabilidad ambiental al diseñar un sistema de reciclaje en la empresa a partir de puntos de colecta de materiales reciclables; también, se describen las distintas medidas de mitigación ambientales que posee la empresa.

OBJETIVOS

General

Montar, instalar y optimizar la línea de envases PET SIDEL SBO 10 conforme a lo que requiere la empresa.

Específicos

1. Preparar los requerimientos y lineamientos para el montaje e instalación del equipo y maquinaria.
2. Diseñar una distribución óptima para la maquinaria en el espacio físico de la planta.
3. Asegurar la calidad del producto terminado, realizado por la línea instalada.
4. Verificar la eficiencia real en contra de la eficiencia teórica.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en verificar la instalación, el montaje y la puesta en marcha de la línea de soplado de envases PET, para asegurar que el equipo a adquirir se desempeñe de acuerdo a las especificaciones que proporciona el proveedor y por las cuales se requiere en la empresa.

Para llevar a cabo, es necesario preparar el espacio físico donde la maquinaria será instalada, así como todos los prerrequisitos que necesita la línea de producción, al igual toda la instrumentación necesaria para la ejecución del proyecto. Toda la maquinaria deberá montarse de acuerdo a los requerimientos de la compañía.

Al tener los requisitos de la maquinaria y el espacio físico se procederá con la instalación de la sopladora SIDEL SBO 10, durante la cual se irán acoplando todos los componentes para obtener una línea de producción; al finalizar dicha instalación se evalúan los procesos de operación y rendimiento de la línea ya instalada.

La evaluación de esta maquinaria es de vital importancia ya que valida su funcionalidad; de igual manera, las capacitaciones iniciales y planes de mantenimiento de la línea pueden asegurar el correcto funcionamiento.

Los análisis y estudios financieros de productividad, eficiencia y eficacia muestran las capacidades reales y la rentabilidad de la maquinaria, con lo cual se sustenta la inversión de compra de esta línea de producción.

Capacitar a los colaboradores constantemente es de vital importancia en los diversos temas relacionados a la maquinaria, así como su desempeño, esto para mantener la línea de producción y al empleado en condiciones óptimas de operación.

Por último, se presentarán las medidas de mitigación ambiental y un proyecto para reducir el impacto de las emisiones que genera el equipo. Se presentarán las conclusiones relacionadas con los objetivos del trabajo de graduación, para determinar su cumplimiento.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa

La compañía se dedica a fabricar botellas plásticas para uso alimenticio, generalmente, para bebidas carbonatadas. Se destaca por su velocidad de producción, así como por mantenerse actualizada con las últimas tecnologías.

1.1.1. Antecedentes

Inició operaciones en 1987, y es una compañía dedicada a la producción y comercialización de productos derivados de resinas plásticas; dicha organización tiene una presencia importante en la región centroamericana.

Es una de las más importantes asociaciones guatemaltecas especializadas en la fabricación de empaques plásticos: sacos plásticos, bolsas plásticas, empaques de fibra vegetal y botellas derivadas de resinas plásticas. Sus dos plantas de producción cuentan con maquinaria de tecnología innovadora y siempre buscan actualizarla para seguir innovando en el mercado.

1.1.2. Historia

Se formó en 1987; y desde 1991 ha tenido un crecimiento continuo y bien planificado, con la incorporación de nuevas líneas de producción a lo largo de su historia.

En 1996 se le concedió la licencia para producir en Centro América, sacos laminados con maquinaria AD-Star, patentada a nivel mundial para fabricación; fue la 4a en el mundo que obtuvo dicha patente y primera en América.

El año 2000 marca el surgimiento de una nueva área de producción en la empresa, una línea de soplado de envases PET; en donde se elaboran envases y recipientes para aguas carbonatadas y otros tipos de líquidos. Cuenta con el equipo más moderno del mercado en dicha época.

En el 2002 se consigue la certificación ISO 9001-2000, una de las primeras empresas en Guatemala en lograr dicha certificación.

Durante los siguientes años se expande a lo largo de Centro América, México, Estados Unidos, Canadá, Colombia y República Dominicana.

Logra certificarse en el 2015 con la norma FSSC 2000, la cual permitirá expandirse en el mercado global, específicamente acredita la exportación a países europeos.

1.1.3. Misión

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

¹ Disagro. Sacos agroindustriales S. A. <http://www.disagro.com/es>.

1.1.4. Visión

“Seremos reconocidos a nivel mundial como líderes de calidad, eficiencia, servicio e innovación en la fábrica 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

1.1.5. Valores empresariales

Los siguientes valores contextualizan la manera de ser de la empresa.

- **Comunicación:** capacidad para comunicar efectivamente la información, muestra preocupación por mantener un adecuado intercambio de puntos de vista, de forma verbal o escrita, informar a su grupo de trabajo, departamento o gerencia sobre la ejecutoria de su labor.
- **Actitud de servicio:** habilidad para mantener un nivel de trato a las personas, con rapidez, cortesía, respeto y atención especial; brindando ese algo adicional que las personas esperan y desean recibir.
- **Honestidad:** moral que muestra la persona en su modo de actuar conocida por sus actos de rectitud, moral, ética, honesta; es ejemplo para compañeros de trabajo y digno a imitar en sus acciones dentro y afuera de la empresa.

² Disagro. Sacos agroindustriales. <http://www.disagro.com/es>.

- Trabajo en equipo: capacidad de realizar tareas o actividades en conjunto, muestra preocupación por el buen desempeño del grupo de trabajo; antepone su compromiso con las metas de la organización.
- Innovación: busca de una manera creativa mejorar los procesos continuamente, aplicar nuevas ideas, conceptos y prácticas, con la intención de incrementar la productividad y calidad de trabajo.

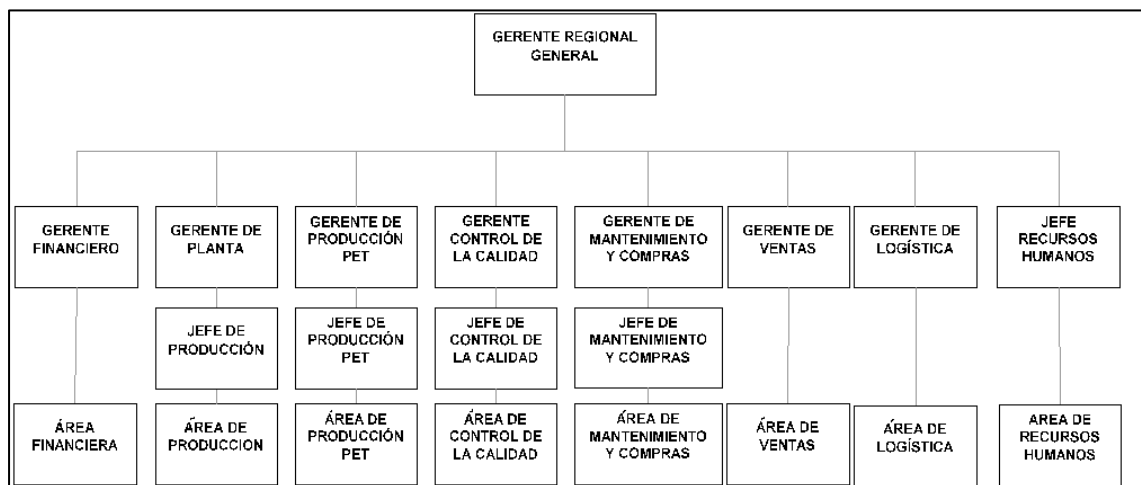
1.1.6. Estructura organizacional

Es el fundamento de esta empresa, define las características de cómo se organiza; denota la jerarquía de la empresa.

1.1.6.1. Organigrama

En la figura 1 se presenta el organigrama de la empresa.

Figura 1. Organigrama general de la empresa



Fuente: elaboración propia.

1.1.7. Ubicación de la planta

La empresa cuenta con dos plantas, cada una especializada para distintos tipos de productos. La de interés para esta investigación es la planta de producción de envases plásticos, en específico, la línea de soplado de plásticos PET; la segunda planta se especializa en la fabricación de sacos plásticos.

La planta donde se realizó este trabajo es conocida como planta PET y se encuentra en la ciudad de Guatemala, anillo periférico 17-36, zona 11. Esta planta se especializa en la producción de envases y recipientes plásticos.

1.2. Líneas de producto

- Botellas PET: se encuentran en sus distintos tamaños, se conocen sus versiones por su peso: 22 g, 40 g, 44 g, 52 g y 56 g; estas son fabricadas a partir de preformas de tereftalato de polietileno.
- Envases plásticos: son fabricados mediante inyección de resina plásticas.
- Sacos e hilos de polipropileno: hilos fabricados con base en polímeros termoplásticos, parcialmente cristalinos, que se obtienen de la polimerización del propileno; de estos se tejen sacos para usos agroindustriales.
- Bolsas plásticas: lienzos y bolsas fabricados a partir del polímero más simple, fácil uso, manipulación e inocuidad.

- Sacos de fibra de yute: generados con base en un lienzo de fibra de yute, son sacos con grandes ventajas para la manipulación de alimentos como el grano de café.

1.3. Alcance de la empresa

Se divide en tres escalas, las cuales se encuentran en las regiones centroamericana y norteamericana.

1.3.1. Multinacional

Por medio de exportaciones directas de empaques plásticos y envases PET a los siguientes países:

- Estados Unidos de América
- Canadá
- República Dominicana

1.3.2. Regional

A través de subsidiarias de la empresa en los siguientes países se exportan empaques plásticos y de fibra vegetal.

- Honduras: sacos agroindustriales de Honduras, / Boulevard del norte, borde derecho / 0501.
- Nicaragua: Macsa / by pass El Picacho, / 22005 Chinandega.

- Costa Rica: Rafyctica, S. A. / zona franca bess local 16 en / 2120 Alajuela.
- México: envases agroindustriales, / Felix. C Vera # 100, Perote / 30128 Veracruz.

1.3.3. Local

A través de plantas de producción localizadas el país, se entregan empaques plásticos, botellas PET y sacos de fibra natural en:

- Guatemala: Sacos Agroindustriales, S.A. / Anillo Periférico 17-36 zona 11/ 1011 Guatemala
- Antigua Guatemala: Sacos Agroindustriales, S.A. / camino a San Pedro Las Huertas Antigua Guatemala.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. La empresa

La compañía cuenta con dos líneas de soplado de preformas PET, estas las líneas son SIDEL SBO 6 y 8, cuya capacidad de producción combinada es de 12 000,00 botellas/hora. Se desea incrementar la capacidad de la planta así mismo, su productividad, al montar e instalar una nueva línea de soplado (SIDEL SBO 10).

El área de trabajo actual se encuentra sin capacidad de responder a la demanda, esto debido a que cuando la producción está a su máximo pueden producirse 288 000,00 botellas al día; dicha producción se almacena en una bodega y en áreas continuas a la maquinaria de trabajo. “La ventilación actual de las naves de producción es insuficiente y no cumple los estándares mínimos de confort según los estudios realizados por el manual práctico de ventilación Soler & Palau, en el cual se indica: la temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 °C y 25 °C”.³

Se cuenta con un transformador eléctrico de 1 megavatio, el cual se encuentra a más del 95 % de uso. El transformador brinda la corriente eléctrica para toda la planta.

Al observar el plano de distribución se determina que las áreas de producto terminado almacenado ocupan más del 50 % del área de planta; por lo

³ Soler & Palau. *Manual práctico de ventilación*. p. 52.

2.2. Proceso de producción

Inicia con el flujo de la materia prima a través de la línea de producción hasta llegar al producto terminado.

2.2.1. Descripción del proceso

Consta de cinco pasos:

- Revisión y carga de materia prima

Se revisan las preformas visualmente en búsqueda de defectos como burbujas o bien contaminantes como suciedad, luego se cargan en el contenedor de la línea.

- Soplado de preformas

Proceso en el cual se precalientan las preformas con lámparas térmicas, se inserta la boquilla de aire comprimido, un molde toma la preforma y el aire comprimido caliente la expande, la preforma toma las características del molde, el molde se abre y la botella sale en frío.

- Marcado y etiquetado de botellas

Al salir del soplado se marca la fecha de producción en la botella, inmediatamente se coloca la etiqueta del producto con adhesivo.

- Entarimado de producto terminado

Se colocan las botellas en 10 niveles de 100 botellas cada uno, separados por un cartón de 2 mm de espesor. De esta manera se tienen 1 000 botellas por tarima.

- Empaque de producto

Se empaqueta la tarima con una película plástica para evitar alteraciones al producto y mantenerla inocua.

2.2.2. Eficiencia

En la actualidad, la eficiencia del proceso es del 90 %, de conformidad para la empresa. Sin embargo, existe una oportunidad de mejora del 10 %.

2.2.3. Productividad

La sopladora SIDEL SBO 6 posee una productividad de 4 000,00 botellas/hora; una producción de 96 000,00 botellas al día.

La sopladora SIDEL SBO 8 tiene una productividad superior; esta es de 8 000,00 botellas/hora, es decir, produce 192 000,00 botellas al día. La planta puede producir un poco más del cuarto de millón de botellas plásticas al día. Por lo que su producción en un mes es de más de 8,6 millones de botellas.

2.2.4. Mano de obra

Se necesitan tres operarios para el control de la maquinaria y un operario para la carga de materia prima y descarga de producto terminado; en total son cuatro operarios por línea de producción u ocho operarios en el área de producción de la planta.

2.3. Análisis de la calidad

Los análisis de calidad son realizados a la materia prima y al producto terminado. Estos se realizan de manera aleatoria y determinan si el producto cumple con los requisitos mínimos según las especificaciones proporcionadas al proveedor. La política de calidad de la empresa es entregar un producto sin defectos.

Las muestras aleatorias consisten en 32 preformas de materia prima y 8 botellas de producto terminado por prueba. Los rangos AQL que maneja la empresa determinan si el lote es rechazado o aceptado.

A continuación, se describen las distintas pruebas de calidad que se realizan en la planta de producción de envases tipo PET:

- Materia prima
 - Concordancia con datos de proveedor: su objetivo es verificar que los datos de empaque tengan relación con la materia prima.
 - Peso de preforma: se pesa la muestra para verificar que se encuentren en los rangos de aceptación.

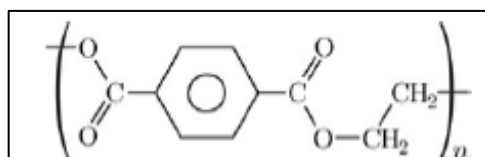
- Revisión de preforma: se examina la muestra en búsqueda de defectos o suciedad.
- Verificación de uniformidad: se analiza la muestra de preformas para validar que las piezas sean físicamente estables.
- Prueba de roscado: a través de una tapa metálica se inspecciona que la rosca muestra concuerde, a la vez se observa si posee algún defecto físico.
- Producto terminado
 - Carga vertical de botellas: las botellas son comprimidas al punto de ruptura y se toman datos de la presión de ruptura.
 - Evaluación de presión interna: se toman muestras y se llenan con agua carbonatada, se coloca en observación durante 30 minutos y luego se realiza una inspección en búsqueda de fallos físicos.
 - Revisión de espesores: por medio de mediciones en milímetros de espesor en las muestras, se revisan para que cumplan con el espesor que solicita el cliente.
 - Medición de altura de envase: se obtiene la altura de la muestra con una regla electrónica la cual mide el tamaño de la botella muestra por medio de un haz de luz.

- Ensayo de pérdida de volumen: se llenan las muestras con agua, y se colocan en reposo durante una semana para observar cambios en sus propiedades físicas.
- Prueba de resistencia al impacto: se llenan las muestras con agua carbonatada y se dejan caer a distintas alturas.

2.4. Materias primas utilizadas para la producción

Para el proceso de producción se necesitan las preformas PET, las cuales son evaluadas y suministradas a la línea de producción para su soplado; así mismo, se necesita un suministro de aire de baja y alta presión, al igual que corriente eléctrica. Es de la familia de los plásticos termoformables los cuales son fácilmente moldeables cuando se le aplica el nivel de temperatura correspondiente.

Figura 3. Unidad repetitiva de PET



Fuente: *Tereftalato de polietileno*

[https://www.google.com.gt/search?q=Unidad+repetitiva+de+PET&source=lnms&tbn=isch&sa=.](https://www.google.com.gt/search?q=Unidad+repetitiva+de+PET&source=lnms&tbn=isch&sa=)

Consulta: 5 de mayo de 2015.

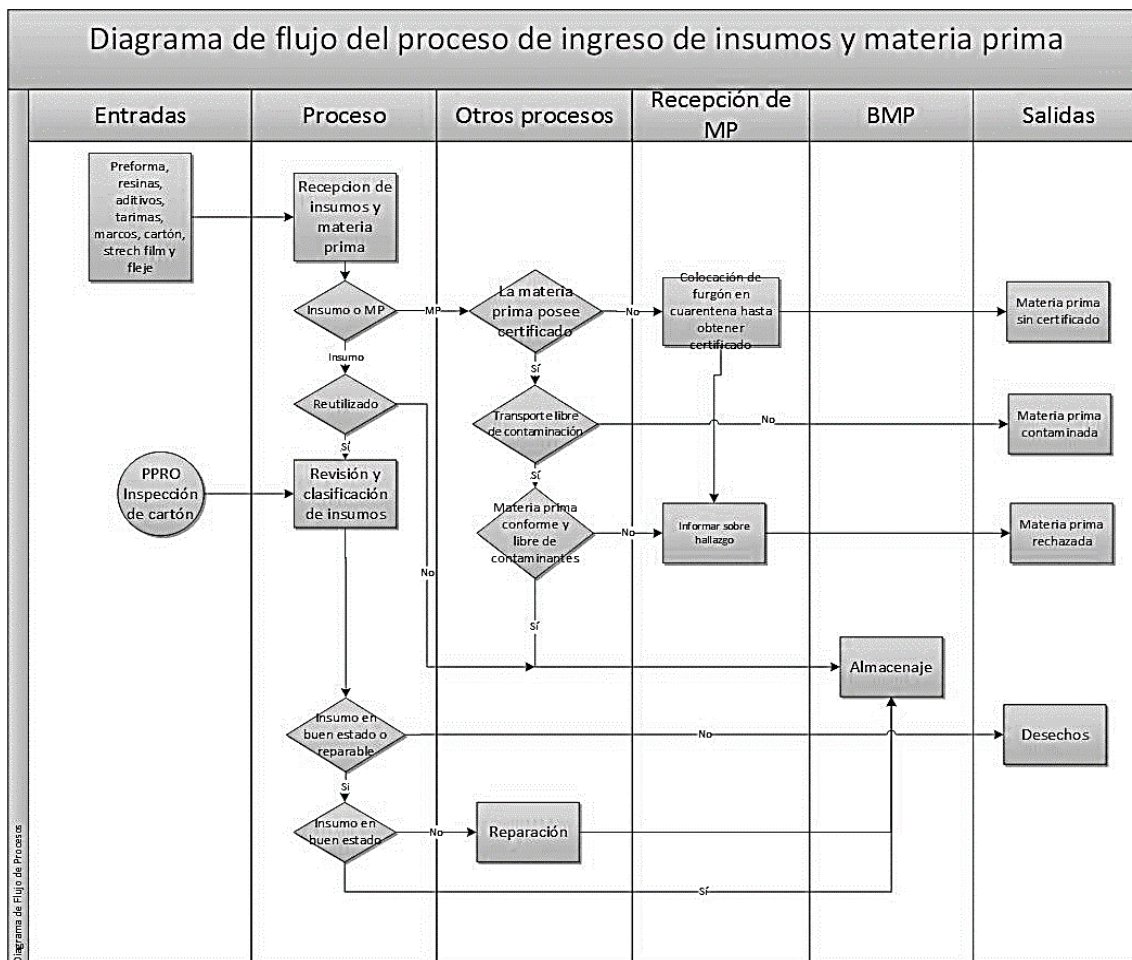
Por este motivo, el PET puede adaptarse a cualquier forma y diseño, además de contar con un gran potencial de aplicaciones. Actualmente, es la principal materia prima para la producción de envases de bebidas carbonatadas.

Las preformas varían en color, así como en su peso, cada una correspondiente a un distinto tipo de botella, los pesos que se utilizan actualmente son de: 22, 40, 44 52 y 56 gramos.

2.5. Diagramas de proceso de la línea

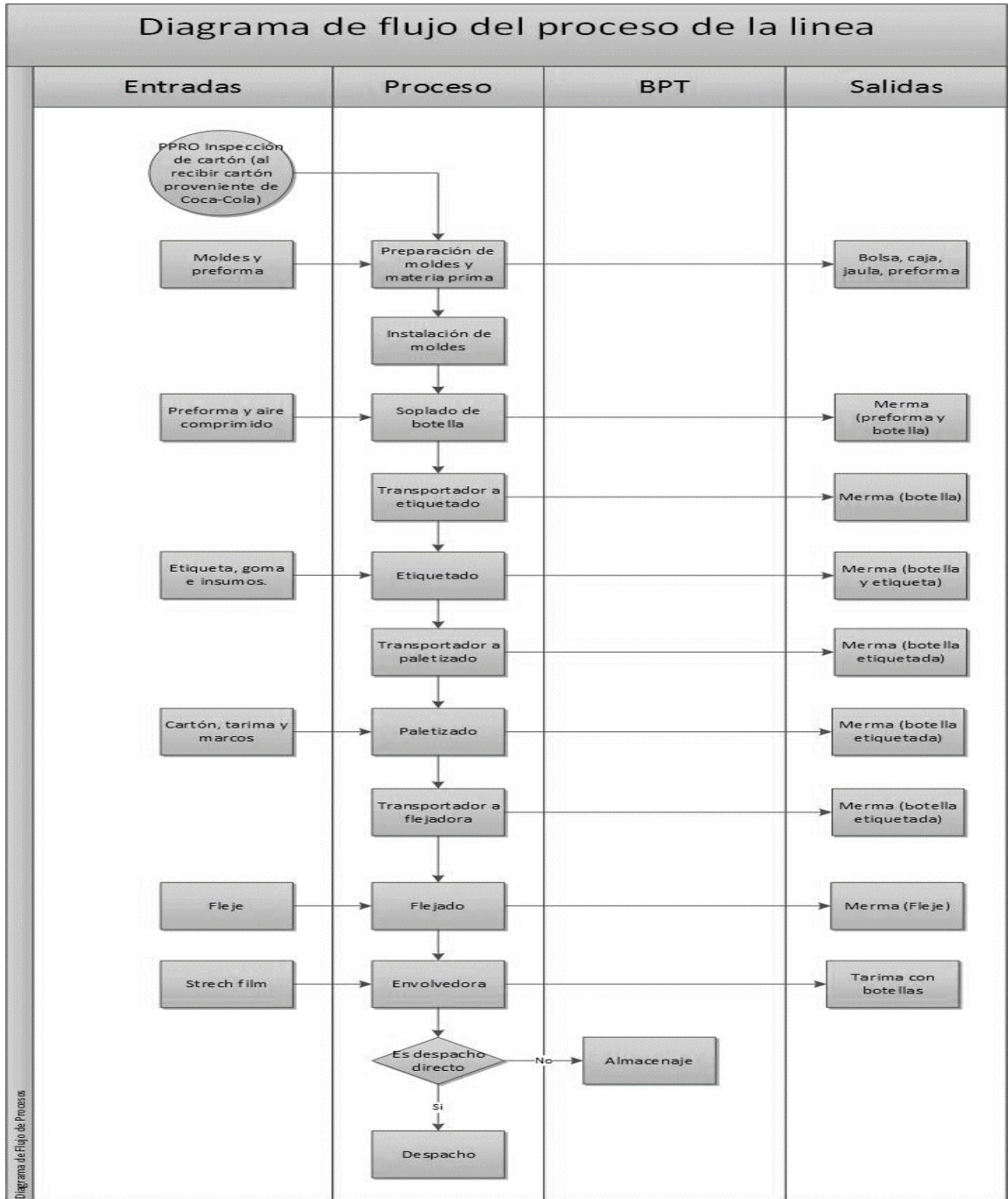
En la figura 4 se muestra el diagrama de proceso de la línea.

Figura 4. Diagrama de flujo de ingreso de materias primas e insumos



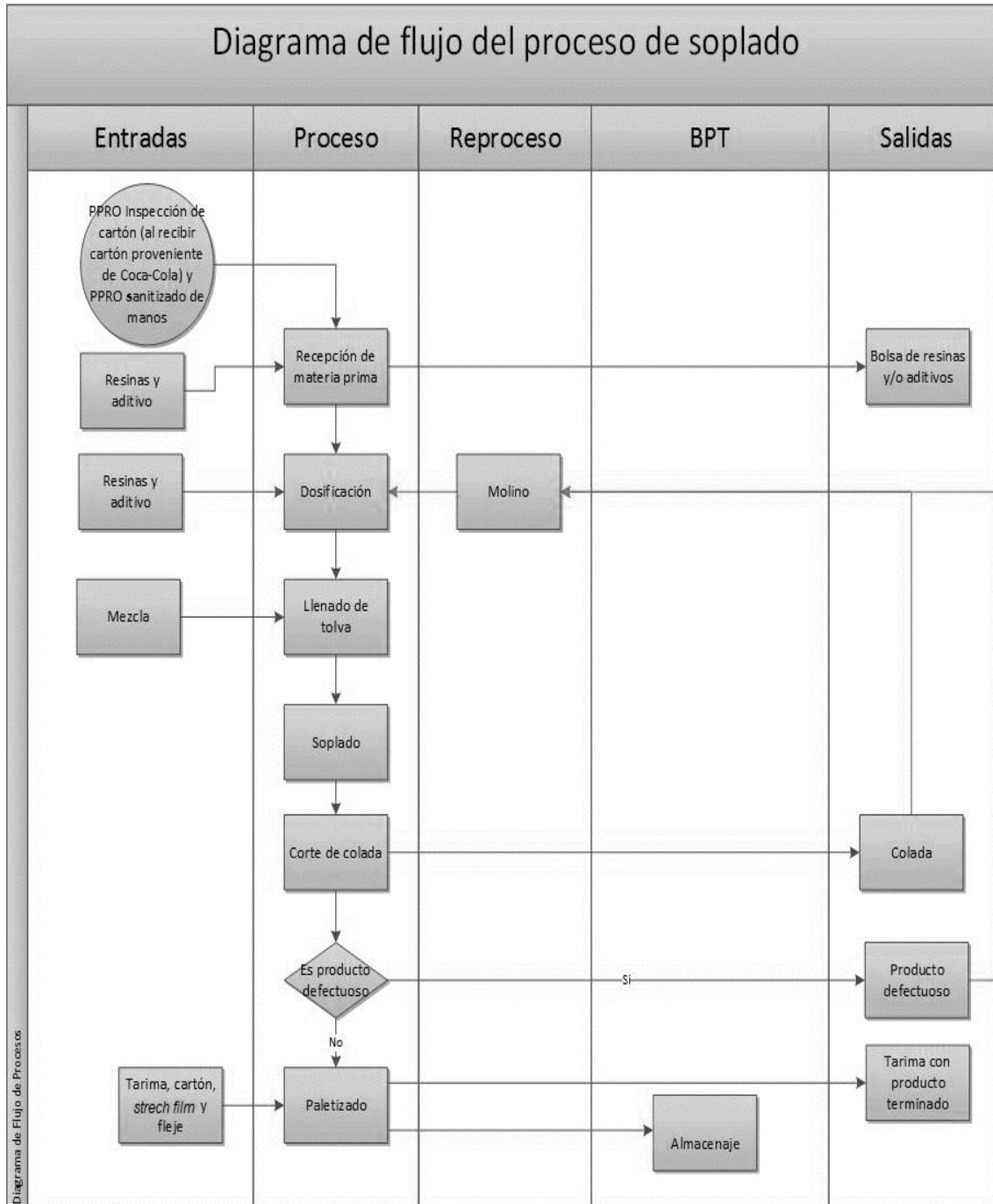
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Figura 5. Diagrama de flujo proceso de la línea de producción



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de soplado



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.6. Diagnóstico de necesidades de capacitación

El diagnóstico de necesidades de capacitación (DNC) es el procedimiento a partir del cual se obtiene información necesaria para elaborar un programa de capacitación.

El objetivo del DNC es identificar las diferencias entre lo que es y lo que debería ser; actualmente, en la empresa se está implementando el uso del programa de gestión SAP, herramienta muy útil para la empresa pero que requiere una buena planificación y entrenamiento del personal para su buen funcionamiento; debido a que la empresa utiliza este programa para todas sus operaciones, se debe implementar en la sopladora y todas sus gestiones por políticas de la empresa.

El DNC determinará el nivel de capacitación necesario:

- ¿Quiénes necesitan capacitación?
 - Los operarios de la línea de producción
 - Operarios que cargan materia prima y descargan producto final

- ¿En qué necesitan capacitación?
 - Uso de programa de gestión SAP
 - Actualización de procesos industriales

- ¿Con qué nivel de profundidad?
 - Nivel básico

- ¿Cuándo y en qué orden deben ser capacitados?
 - Al momento de instalación de la maquinaria.
 - En horarios de mantenimiento de cada línea, a sus respectivos operarios.

3. PROPUESTA PARA EL MONTAJE E INSTALACIÓN DE LA MAQUINARIA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN SIDEL SBO 10

3.1. Maquinaria a instalar

La línea de producción cuenta con varias máquinas a instalar para su correcto funcionamiento, los equipos que se mencionan son la base para la fabricación de botellas de plástico.

3.1.1. Sopladora SIDEL 10

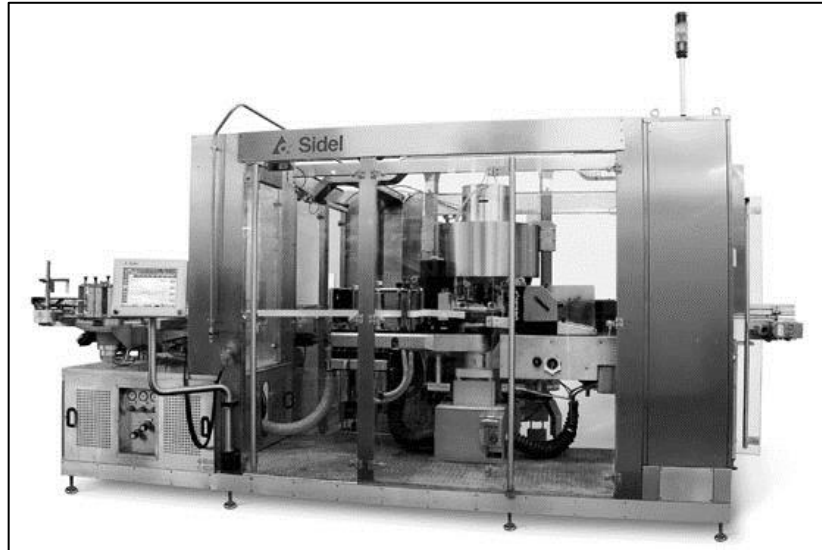
La sopladora es la maquinaria central, se conforma de varias partes:

- Alimentador de preformas: es el ingreso para la materia prima el cual suministra las preformas a la línea de producción, esta recibe las preformas y las colocan en el riel de transporte.
- Riel de transporte: conecta las distintas partes y máquinas que conforman la sopladora SIDEL 10, son rieles tubulares mecánicos los cuales facilitan el transporte de las preformas.
- Lámparas de precalentamiento: son luminarias térmicas las cuales elevan la temperatura de la preforma antes de su soplado a través de ondas de luz; este precalentamiento permite un soplado eficiente.
- Sopladora de botellas: consta de moldes del tamaño del producto a elaborar, los cuales reciben la preforma ya calentada, con aire a alta

presión expanden la preforma a su tamaño final y a su vez son enfriados a temperatura ambiente.

- Molde de botellas: son moldes metálicos con la forma y especificaciones de la botella final.
- Impresora de fecha de producción: al obtener el producto terminado una pequeña impresora coloca en la botella la fecha y hora de fabricación del producto.
- Etiquetadora: maquinaria la cual pone la etiqueta del producto, esta es suministrada por el cliente.
- Maquinaria de embalaje: ordena el producto terminado en grupos de 100 unidades, dependiendo de las características de las botellas, estas usualmente están separadas por láminas de cartón de 2 mm, hasta una altura de 10 niveles.
- Máquina empacadora: toma los embalajes los asegura con cintas plásticas, los recubre con una película plástica con propiedades elasto térmicas para la protección del producto terminado.

Figura 7. **Imagen de la máquina sopladora SIDEL SBO 10**



Fuente: *Catálogo máquinas SIDEL.*

[https://www.google.com.gt/search?q=m%C3%A1quina+sopladora+SIDEL+SBO+10&source=.](https://www.google.com.gt/search?q=m%C3%A1quina+sopladora+SIDEL+SBO+10&source=)

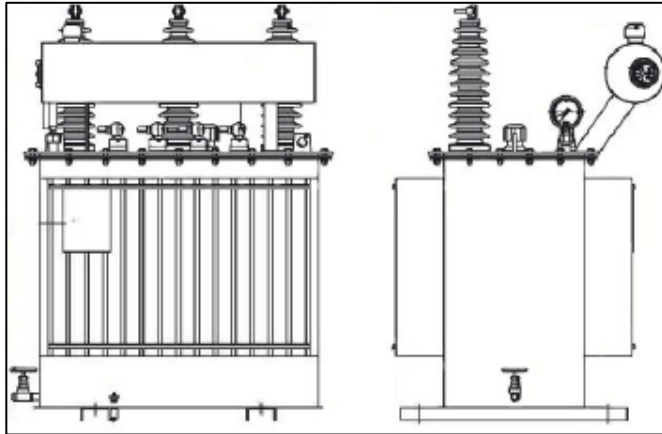
Consulta: 8 de mayo de 2015.

3.1.2. Transformador trifásico

Son equipos diseñados para convertir el voltaje eléctrico de media tensión (voltaje entre 1 kV y 25 kV) a baja tensión (voltaje menor a 1 000 V) o viceversa utilizando tres fases de voltaje. Funciona elevando o reduciendo la tensión en un circuito o sistema de corriente alterna, la energía eléctrica alterna; de un cierto nivel de tensión es transformada en energía alterna de otro nivel de tensión por medio de interacciones electromagnéticas.

El transformador recibe la energía eléctrica de alta tensión proveniente de la red de distribución nacional y la convierte en energía útil según los requerimientos de la planta de producción.

Figura 8. **Imagen de un transformador trifásico**



Fuente: *Transformador trifásico.*

https://www.google.com.gt/search?q=Figura+8.%09Imagen+de+un+transformador+trif%C3%A1sico&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj1oekurrgAhXFVN8KHXgWBpsQ_AUIDig

Consulta: 15 de mayo de 2015

3.1.3. Compresor de aire

Máquina cuya función es aumentar la presión de un gas: el aire. El compresor succiona el aire del ambiente por medio de un sistema de tornillos de bloqueo; a su vez, es filtrado y enviado a un tanque de almacenamiento. Al ser almacenado genera calor debido a la compresión incrementando su presión, densidad y temperatura; finalmente, el aire está listo para su uso.

Este tipo de compresor tiene un excelente rendimiento por lo cual se recomienda su uso; consumiendo hasta un 35 % menos de energía comparados con sopladores rotativos convencionales. Es de fácil mantenimiento y limpieza; esta es una buena inversión para la cual se posee personal capacitado.

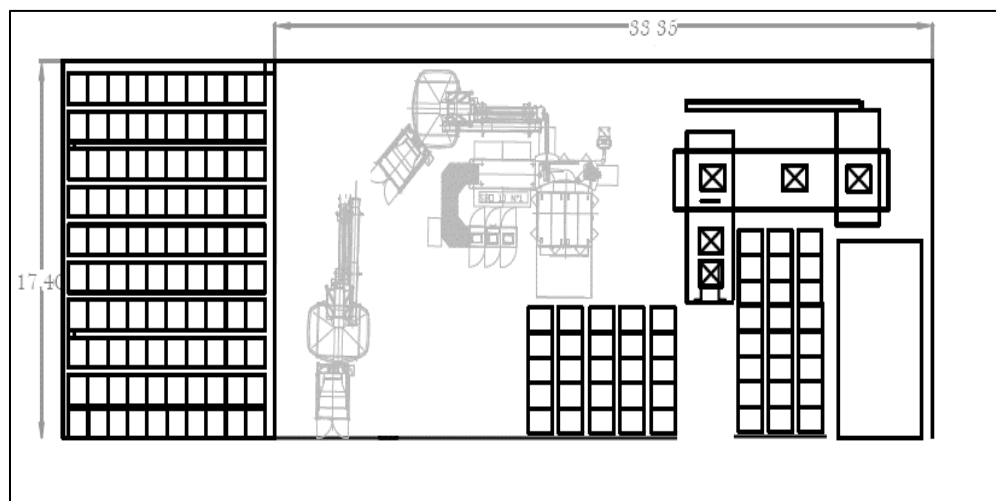
3.2. Área a usar

El área a utilizar en la distribución de la planta posee un ordenamiento físico para un flujo de materiales idóneo. Compuesto de espacios necesarios para los movimientos, el almacenamiento, funciones de los colaboradores y todas las actividades necesarias.

3.2.1. Diseño del área

El objetivo es hallar el orden en las actividades del trabajo y que a su vez sean más eficientes; se complementa con el factor de seguridad industrial que elimina o reduce los peligros potenciales para el trabajador. El área a utilizar fue brindada por la empresa en la cual se instalará la maquinaria: 33,35 metros por 17,40 metros con lo cual se llega a contar con un área de 580,29 metros cuadrados.

Figura 9. Imagen con dimensiones del área a utilizar



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

En ella se deberá instalar la sopladora industrial y sus conexiones para el adecuado funcionamiento. Esta área está siendo utilizada por una versión anterior de la línea por lo cual se retirará y sustituirá por la maquinaria SIDEL SBO 10 de mayor capacidad.

3.2.2. Delimitación del perímetro

Este perímetro es la delimitación visual y física que marca el área de trabajo de una maquinaria; estas serán marcadas con distintos colores según corresponda, esto para una facilidad y seguridad al momento de que los colaboradores laboren en el área.

Las distancias mínimas entre máquinas se deben considerar como las primeras medidas de protección a tomar para el control de los peligros mecánicos en máquinas; como indica el Ministerio de Trabajo de Guatemala en el manual de protección de máquinas frente a peligros mecánicos: "un medio de protección que impide o dificulta el acceso de las personas o de sus miembros al punto o zona de peligro de una máquina".⁴

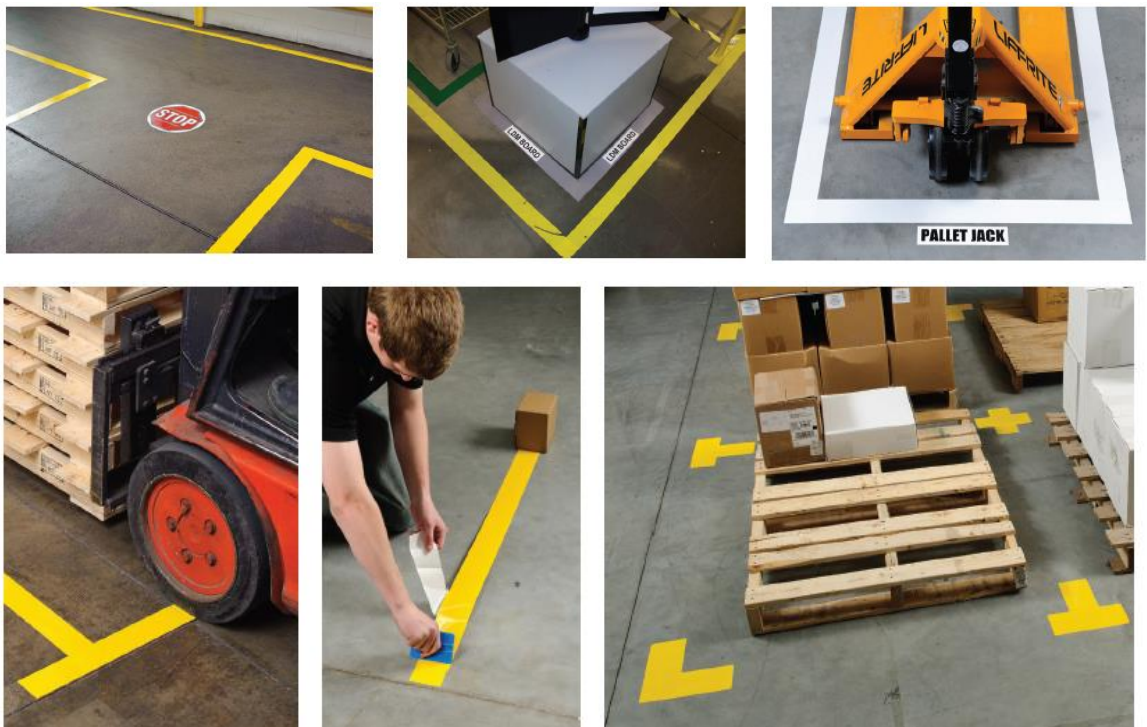
Consideraciones de la delimitación del perímetro

- Dentro del área demarcada no deberán existir estructuras permanentes, cercas fijas o algún obstáculo.
- Usar la menor cantidad de colores posibles; de esta manera, los colaboradores recordarán de manera más fácil el significado de cada color.

⁴ Ministerio de Trabajo de Guatemala. *Manual de protección de máquinas frente a peligros mecánicos*. p. 22.

- Delimitar las áreas de almacenaje de material; puede ser esta materia prima, producto en proceso o producto terminado.

Figura 10. **Imágenes sobre delimitaciones de las áreas de trabajo**



Fuente: *Delimitaciones de las áreas de trabajo.*

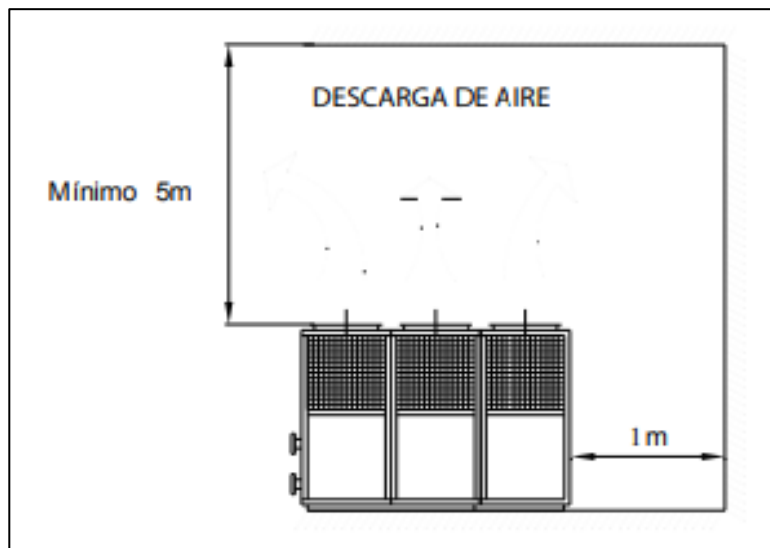
<https://www.google.com.gt/search?q=pallet+jack&source=lnms&tbn=isch&sa=>. Consulta: 20 de junio del 2017.

Se recomienda el uso de cinta flexible para marcaje de piso, esta es una solución adhesiva para delimitar las áreas de una manera duradera y económica. Estas son de una gran variedad de colores y formas y resisten tráfico constante de montacargas.

Distancias mínimas de maquinaria a instalar:

- Se deben seguir las recomendaciones del fabricante en cuanto a la instalación; la distancia mínima requerida desde la parte frontal de la puerta del transformador pedestal es de un metro y medio para su correcta operación; de igual manera, deberá tener un metro libre mínimo a cualquier pared.
- La distancia mínima requerida para un compresor de tipo tornillo es de un metro y veinte centímetros libre a cualquier pared, y de medio metro en el caso de un tanque de almacenaje de aire comprimido; así mismo, debe estar parcialmente aislado del ambiente.
- Lo requerido para un *chiller* o enfriador es la distancia de un metro a cualquier objeto, y de un metro y ochenta centímetros a una pared, así como cinco metros de espacio de descarga de aire sobre la máquina.

Figura 11. **Diagrama de distancias mínimas de descarga de aire**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

La distancia mínima de la línea de soplado a una pared es de un metro, esto con fines de seguridad y eficiencia operativa.

3.2.3. Distribución óptima de maquinaria

La distribución en planta es el ordenamiento de espacios necesarios para el movimiento del material, los equipos industriales, la administración, los servicios para el personal, el almacenamiento de equipos o las líneas de producción, entre otros.

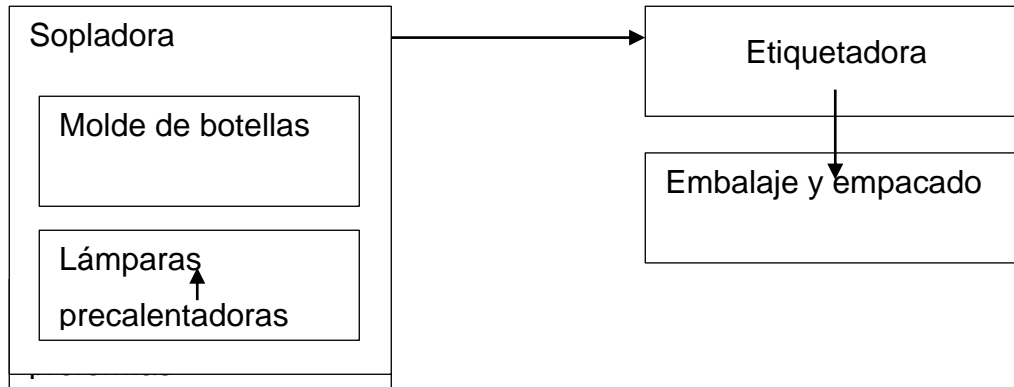
Los objetivos se enfocan en la distribución de los factores que afecten a los movimientos de material, la circulación del personal y la utilización efectiva del espacio disponible.

Se propone una instalación y distribución de la línea de soplado en la cual se ordenen por producto; es decir, que el material se desplace de un puesto al siguiente por medio de cadenas de distribución o bandas de transporte.

Esta distribución propuesta presenta varias ventajas a aprovechar de los cuales destacan una mejor manipulación y recorrido en transportes, a la vez permite un mayor grado de automatización en la maquinaria, lo que reduce la cantidad de operarios en áreas de trabajo.

Se propone lo siguiente: un alimentador de preformas conectado por medio del riel de transporte, lámparas de precalentamiento, sopladora de botellas, molde de botellas, impresora de fecha de producción, etiquetadora, maquinaria de embalaje y empaçado.

Figura 12. **Diagrama de distribución óptima de línea de producción**



Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Señalización de accesos de suministros

La señalización de accesos y maquinaria tiene base en el artículo 3 inciso a) de la Ley de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, Decreto 109-96: “Establecer los mecanismos, procedimientos y normas que propicien la reducción de desastres y accidentes”.⁵

Las señales sin llegar a importar su significado, deben poseer: color, forma y símbolo. Estos pueden poseer textos que amplíen su significado para los colaboradores.

Toda señal debe poseer los siguientes tres factores:

Color + forma geométrica + símbolo = señal

⁵ Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. *Leyes y reglamentos Conred*. Decreto 109-96. p. 140.

La siguiente tabla nos permitirá identificar y establecer todas las acciones a desarrollar según su color.


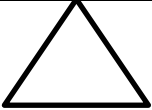

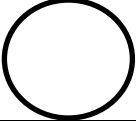
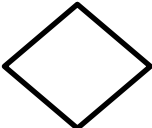
Tabla I. **Señalización por color**

Color de seguridad	Significado	Indicaciones y precisiones
Rojo Cód. FFOOO	Paro	Detener la marcha en algún lugar.
	Prohibición	Señalamientos para prohibir acciones específicas.
	Material, equipo y sistemas para combate de incendios	Ubicación y localización de los materiales y equipos para el combate de incendios.
Amarillo Cód. FFFF33	Advertencia de peligro	Atención, precaución, verificación e identificación situaciones peligrosas.
	Delimitación de áreas	Límites de áreas restringidas o de usos específicos.
	Advertencia de peligro por radiaciones ionizantes	Señalamiento para indicar la presencia de material radiactivo.
Verde Cód. 009900	Condición segura	Identificación y señalamientos para indicar salidas de emergencia, rutas de evacuación, zonas de seguridad y primeros auxilios, lugares de reunión, regaderas de emergencia, lavajos, entre otros.
Azúl Cód. 000099	Obligación, información	Señalamientos para realizar acciones específicas. Brindar información para las personas.

Fuente: elaboración propia.

Las formas geométricas son complementos que ayudan a entender un color de seguridad; estas formas permiten diferenciar entre las distintas acciones a llevar a cabo en una planta de producción. Las formas son las siguientes:

Tabla II. Señalización por forma

Objetivo	Forma geométrica	Señal
Proporcionar información sobre algún objeto, identificación de materiales, o realizar una acción indicada en la figura.		Información
Advertir un peligro.		Prevención
Prohibir una acción susceptible de provocar un riesgo.		Prohibición
Exigir una acción determinada.		Obligación
Identificar la presencia de materiales peligrosos en transporte.		Materiales peligrosos en transporte

Fuente: elaboración propia.

Las señalizaciones en el área de la línea de producción deben ser el uso de redcilla, casco de seguridad, zapato industrial y protección auditiva.

3.3. Prerrequisitos de la maquinaria a instalar

Son todos los procesos o requerimientos necesarios a tener anterior a la instalación de la línea de soplado; estos son las fuentes de alimentación de los distintos elementos y los tipos de energía que requiere la maquinaria.

3.3.1. Balanceo de cargas

Balanceo o equilibrio de cargas, es la distribución que debe realizarse en cualquier instalación de maquinaria que use energía eléctrica, de tal manera que las fases de la instalación eléctrica que la alimentan lo hagan más o menos en la misma proporción para todas. Debido a que posee una sola fase de voltaje no requiere un balanceo de cargas, esto pues solo es una línea y no debe compartirse con otras líneas de carga. Si la instalación es bifásica o trifásica por norma de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, CNEE, se debe realizar para el correcto funcionamiento de la línea.

El equilibrio de las cargas se realiza midiendo las corrientes que circulan por los conductores alimentadores, y esta siempre será estimación, debido a que es sumamente complicado balancear estas cargas y mantenerlas en constante equilibrio a lo largo del día; sin embargo, debe realizarse y buscarse este equilibrio buscando que sea el ideal.

Se sugiere la instalación de un transformador trifásico de 1 megavatio para satisfacer las necesidades de la planta; de esta manera se contarán con 2 megavatios como capacidad eléctrica total en la fábrica de envases plásticos.

Al medir la carga en kilovatios de todas las máquinas que usen energía eléctrica en la planta y distribuirlas equitativamente como se muestra a continuación en el diagrama de balanceo. De esta manera se puede saber el consumo teórico y al estar distribuida en los dos transformadores se llegaría a tener la optimización teórica energética de la planta.

Tabla III. Balanceo de cargas eléctricas

Transformador 2 MW		Transformador 1 MW		Transformador 1 MW		
Ultimo Mes de Consumo Real		Medición Real KW	Teórico KW	Medición Real (sin Lam 3)	Teórico KW	
		0%	91%	0%	91%	
Consumo Técnico	1813.33					
Factor de Carga	0.78					
Total	1414.4					
		COMPRESORES		SIDEL SBO 10		
		BELLIS	375.33		SIDEL 10	321
		ATLAS	335.10			
		KAESER 40	32.00			
		INGERSOLD RAND	5.00			
		INGERSOLD RAND 75	56.00			
		SECADORES		CHILLERS		
		OIL LESS	0.00		CHILLER #1	53.00
		ASD 30	2.33		CHILLER #2	59.23
		BELLIS	4.50		CHILLER #3	29.17
		ATLAS	7.47		TORRE	16.50
		BOMBAS		SIDEL SBO 8		
		B. CHILLER #1	6.53		SBO 8	89.43
		B. CHILLER #2	5.83		SACMI	12.00
		B. CHILLER #3	3.00		PAL. ZECH.	14.93
		B. PRINCIP. CHILLER	12.10		FLEJ. ZECH.	4.93
		B. CIRC. INT. ATLAS	6.00		EMV. S.M.	1.40
		B. CIR. INT. BELLIS	5.43		ZECH	14.30
		PELATIZADORAS		SEC. SBO 8		
		PALETIZADORA SANIMAR	25.67		BANC. CAP 08	170.00
		ARBURG	25.67		VDJ08	0.07
				INYECCIÓN & SOPLADO		
					TRANSPORTADOR	2.2
					TRANSPORTADOR	2.2
					FLEJADORA	3.52
					PLASTIBLOW	72.5
					MAGIC	35.5

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Cimentación para transformador

La cimentación del transformador eléctrico debe ser dentro de una edificación, y ubicarse en un lugar de fácil acceso con el fin de facilitar la inspección, la revisión y el mantenimiento, así como un acceso fácil para los vehículos que transportan los equipos.

Esta máquina debe estar próxima a la sopladora y aislada de todo tránsito de personal y vehículos. Actualmente, la planta cuenta con una cimentación de 20 cm de concreto; según especificaciones del proveedor, esta cumple con sus requisitos; sin embargo, la empresa deberá analizar si esta requiera algún refuerzo en el área donde se instalará el transformador.

Esta a su vez no deberá estar en áreas clasificadas como peligrosas; así mismo, cuando un transformador requiera se deberá construir una bóveda, esta debe ser construida con materiales que ofrezcan una resistencia al fuego de al menos tres horas; se prohíbe que se crucen canalizaciones de agua, aire comprimido, gases industriales y combustibles. En las zonas adyacentes a la subestación no deben almacenarse inflamables.

Se deberá colocar en la parte exterior del transformador una señal que indique Peligro alta tensión, un aviso preventivo de peligro eléctrico que avise a los colaboradores precaución en el área.

3.3.3. Análisis de área donde se montará maquinaria

Se deberá evaluar el área a utilizar en la instalación y montaje de la línea de producción, esta deberá contar con un fácil acceso para evitar problemas al momento en el cual se monte la maquinaria: inaccesibilidad de insumos,


dificultades para acceder a alguna parte de la maquinaria, entre otros. El análisis se realizará utilizando las siguientes metodologías:

- Análisis de suelo: la empresa debe realizar pruebas de cimentación, basada bajo las recomendaciones del fabricante de la sopladora.
- Inspección visual: el área deberá estar limpia y libre de cualquier obstáculo e imperfecciones en la cimentación; a su vez, deberán estar identificadas las acometidas o cableados requeridos para la maquinaria previamente instalados.

Al ser una cimentación superficial esta tiene que mantener su integridad física por lo cual se deben buscar posibles fallas o fisuras; si se encuentran, deberán corregirse para que la maquinaria sea instalada sin problemas.

Se sugiere la inclusión de canaletas de conducción para cableado y acometidas; de esta manera, no quedará expuesto a nivel del suelo, sino que por el subsuelo. De igual manera deberá contarse con drenajes en caso de derrame de líquidos o aceites.

Tabla IV. Inspección visual de cimentación

Inspección visual
Responda sí o no; de ser no, indique la razón:
¿El área se encuentra limpia?
¿Se encuentran fallas en la cimentación? De encontrarse fallas indique la ubicación:


Fuente: elaboración propia.

Como muestran las imágenes del estado previo a la cimentación, esta poseía fallas superficiales las cuales han sido corregidas por medio del departamento de mantenimiento y sus proveedores de servicio. Estas reparaciones se realizaron según el plan de mantenimiento de la empresa para la preservación general de la misma.

Figura 13. Imágenes de cimentación dañada y reparada



Fuente: elaboración propia.

3.3.4. Análisis de tiempo muerto de producción

Es el estudio de la cantidad de producto que no se produjo en un tiempo determinado, este es el tiempo donde no hay producción tiempo en el cual se instalará la línea de soplado.

Se estima un tiempo de instalación de dos meses y medio, se efectuaron los cálculos conforme a esta información brindada por el proveedor. La capacidad teórica de producción de botellas PET por hora de la máquina a reemplazar es de 4 000 botellas/hora; la línea a instalar puede producir 10 000 botellas/hora, a un 80 % de cumplimiento teórico.

$$Produccion = Prod. teórica * tiempo teórico * 0,8$$

Tabla V. **Producción actual de la línea**

Producción teórica	Días	Horas	% cumplimiento	Producción teórica
4 000	75	1 800	80 %	5 760 000

Fuente: elaboración propia.

La producción no realizada en el tiempo de instalación de la línea de soplado es de 5 760 000 unidades, durante dos meses y medio que toma el montaje. Sin embargo, se considera un tiempo aceptable debido a que la producción perdida se recuperará en 24 días de producción con la sopladora SIDEL SBO 10.

3.4. Procedimiento de evaluación de la instalación y montaje de maquinaria y equipo

Son todas las actividades necesarias para verificar el estado, las características y la procedencia de la maquinaria; estas se deben realizar para asegurar la calidad productos a recibir.

3.4.1. Información de la maquinaria y equipo

A continuación, se describen los datos técnicos proporcionados por los proveedores de las máquinas a instalar.

Tabla VI. **Tabla técnica del transformador trifásico**

Características técnicas	
Potencia	5 KVA a 1 000 KVA
Tensión media	
Tensión nominal	4,16, 7,62, 10, 13,2, 22,9, 33 kV
Tensión máxima de servicio	12, 17,5, 24, 36 kV
Bil exterior	95, 125, 170, 200 kV
Tensión de prueba 60 Hz/min	34, 38, 50, 70
Número de terminales	3, 4
Conexión	Delta / Estrella
Tensión baja	
Tensión nominal	230, 398, 400, 460, 480, 600 V
Tensión máxima de diseño	1,1 Kv
Tensión de prueba 60 Hz/min	3 kV
Número de terminales	3, 4, 6, 7
Conexión	Delta / Estrella
Grupos de conexión	Dyn5, Dd6, Dd0, Yyn6, Yyn0
Frecuencia	50, 60 Hz
Tipo de aislador	Porcelana
Tipo de montaje	Exterior, Interior
Rango de altura	1 000, 5 000 msnm
Línea de fuga	25 mm/kV

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Tabla técnica del chiller**

Características técnicas		
Capacidad nominal de enfriamiento	120 100	BTU/HR
	30 267	KCAL/HR
Suministro eléctrico	208 - 230 V / 3 F / 60 Hz	
Refrigerante	Tipo	R – 22
	Carga	14,3 x 2 Lb / 6,5 x 2 Kg
	Accesorio Control	Tubo capilar
Compresor	Tipo	Scroll
	Voltaje	208 - 230 V / 3 F / 60 Hz
	Potencia Entrada	5 240 Watts
	RLA	17,5 Amperios
Moto ventilador	Tipo	Axial / Directo
	Voltaje	208 - 230 V / 3 F / 60 Hz
	Potencia Entrada	445
	RLA	1,1
Tanque de expansión	Material	Acero inoxidable
	Capacidad	8 Lts
Dimensiones totales	Alto	1260 mm
	Largo	1800 mm
	Ancho	1150 mm
Conexiones de tubería de agua	Rc	1 1/4 "
Tipo de condensador	Tubería de cobre ranurada y aletas de aluminio	
Tipo de evaporador	Tipo placas de acero inoxidable	
Nivel de ruido	64 dB	
Peso neto	470 kg	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Tabla técnica, compresor de aire**

Características técnicas		
Presión de aire de admisión	1	Bar
Temperatura del aire de admisión	20	°C
Humedad relativa del aire	70	%
Compresor		
Presión de trabajo	40	Bar
Flujo	105,7	m ³ /h
Velocidad de los rotores	600	RPM
Potencia nominal	22,4	kW
Presión máxima	68	Bar
Peso	523	Kg
Longitud	286	cm
Ancho	196	cm
Altura	170	cm

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Tabla técnica, sopladora SIDEL SBO 10 PET**

Características técnicas		
Numero de cavidades	10	Un
Capacidad de producción nominal	10 000	Un/hr
Tipo de colgantes	GUPM	
Máximo de diámetro de cuello PET	34	mm
Máximo de diámetro anillo PET	51	mm
Máximo de largo de preforma PET	210	mm
Máximo de diámetro de botella	130	mm
Máxima altura de la botella	388	mm
Especificaciones de energía	460 V / 3 F / 60 Hz	
Serie de máquina	Serie 10	
Año de manufactura	2012	

Fuente: elaboración propia.

3.4.2. Pruebas no destructivas

Estos ensayos o muestras se emplean para detectar materiales defectuosos antes de ser formados o maquinados; para localizar defectos antes de la puesta en servicio de una máquina; para detectar componentes defectuosos antes de ensamblar; medir espesores de los materiales; determinar el nivel de sólido o líquido en recipientes opacos; identificar materiales y para descubrir defectos que pudieran desarrollarse durante el procesamiento o el uso.

Estos ensayos tienen la finalidad de conocer el estado de la maquinaria y sus componentes sin afectar sus propiedades; se deben llevar a cabo al recibir la maquinaria, así como cuando esta esté en uso; se usaron las siguientes pruebas:

- Inspección visual: se evaluará la maquinaria físicamente en búsqueda de fallas visibles a simple vista, se pueden utilizar niveles de aire para revisar estabilidad y ángulos de la maquinaria, cintas métricas para verificar anchos y largos. Esta se debe llevar a cabo en todas las piezas a instalar.
- Prueba ultrasónica: se utilizan las ondas para evaluar los materiales y detectar fallas o alteraciones que a simple vista no se apreciarían; este tipo de inspección puede revisar partes de la maquinaria que no son de fácil acceso; se recomienda llevarlo a cabo en toda la maquinaria, así como en las uniones y la tubería en general.
- Prueba termográfica: se basa en la detección de ondas térmicas, este tipo de inspección puede penetrar la superficie y revisa puntos de calor;

estos se acumulan en las imperfecciones que alteran el flujo térmico, por lo que una falla o acometida con defectos acumularía calor que sería visible en la prueba; se recomienda realizar la prueba en todo el circuito eléctrico y lugares en los cuales se utilice presión de aire.

3.4.3. Reporte de actividades realizadas

Todas las actividades deben ser reportadas y archivadas, se recomienda usar el siguiente formato:

Tabla X. **Formato de reporte de actividades realizadas**

Reporte de actividades
Nombre del responsable: Área donde se lleva a cabo: Fecha:
Objetivo:
Periodo reportado:
Actividades llevadas a cabo:
Inconvenientes desarrollados:
Actividades pendientes:

Fuente: elaboración propia.

3.5. Montaje e instalación de maquinaria

Estos son todos los procesos y las recomendaciones a usar para la instalación de las máquinas que componen la línea de soplado industrial; se deberá realizar la instalación una vez se encuentre sin obstáculos el espacio donde se encuentra la sopladora actual, para montar en dicho espacio la sopladora SIDEL SBO 10.

3.5.1. Instalaciones eléctricas

Una instalación eléctrica es el conjunto de circuitos eléctricos cuyo objetivo es proveer energía eléctrica a edificios, instalaciones y maquinaria para un uso específico. Incluye los equipos necesarios para asegurar su correcto funcionamiento y la conexión con los aparatos eléctricos correspondientes que requieran energía eléctrica para funcionar.

3.5.1.1. Transformador de un megavatio

Es de vital importancia que al momento de recibir el transformador se verifique en qué condiciones llega a la empresa, puesto que durante el transporte de la máquina pueda sufrir daños. Esta revisión debe realizarse por medio de inspecciones visuales, revisión de método de transporte para hacer constar que el transformador se encuentre montado sobre una base de madera y que no posea golpes o abolladuras; así mismo, revisar que los datos de la placa base del transformador, el cual contiene toda la información de este coincida con los documentos.

Se debe garantizar que se conserven las distancias de seguridad, establecidas por las normas de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica

CNEE. De igual manera, se debe garantizar que los elementos de fijación puedan soportar por lo menos 2,5 veces su peso según dicha norma.

Se debe seguir las instrucciones del proveedor ya que el no hacerlo puede causar daños a la maquinaria. De igual manera se debe retirar cualquier accesorio colocado durante el embarque, así como limpiar los bujes antes de poner en funcionamiento el transformador.

El procedimiento de instalación deberá hacerse según las recomendaciones del fabricante por lo que deben realizarse con el transformador sin energía. Siempre que se realicen pruebas de la resistencia eléctrica de los aislamientos.

Esta prueba debe realizarse según indicaciones del fabricante, quien indica que se debe tomar una muestra del líquido aislante de la válvula de muestreo y medirse la rigidez dieléctrica que debe ser como mínimo 30 kilovatios, medidos con electrodos semiesféricos, separados por 25 mm.

3.5.1.1.1. Disyuntor

El disyuntor o *breaker*, es un dispositivo de protección contra las fugas de corriente eléctrica. Este permite proteger la vida del personal ante choques causados por desperfectos eléctricos o accidentes de elementos bajo tensión.

El disyuntor funciona manualmente por medio de una palanca que posee en su parte delantera, quedando a la vista en la instalación eléctrica. Por medio de esta palanca se puede conectar o desconectar la alimentación eléctrica al circuito a voluntad. La palanca en posición hacia arriba I o ON indica un circuito

con energía; así mismo, en posición hacia abajo O u *OFF* indica circuito sin energía.

La instalación del disyuntor se debe realizar sobre el riel del tablero en el cual se deben conectar las acometidas energéticas superior e inferior; esta instalación necesita realizarse con el disyuntor en posición *OFF*, al conectar las acometidas deberá iniciar el funcionamiento del disyuntor colocando la palanca en posición *ON*.

Al terminar la instalación se debe realizar una verificación del funcionamiento presionando el botón de prueba T que se encuentra ubicado sobre la parte delantera del disyuntor. Dicho botón genera el mismo efecto de una fuga a tierra por desperfecto u accidente sobre el disyuntor. El botón debe ser presionado en forma periódica para probar que el *breaker* se encuentre en óptimas condiciones en caso de cualquier eventualidad.

Figura 14. **Imagen de disyuntor**



Fuente: *Disyuntor*.

<https://www.google.com.gt/search?biw=1511&bih=730&tbm=isch&sa=1&ei=uvdkXImEJ5K>.

Consulta: 22 de junio de 2017.

3.5.1.1.2. Conexión principal

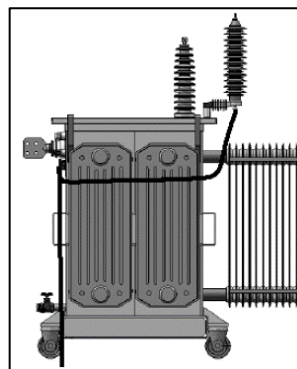
Se debe realizar de la siguiente manera: conectando a tierra, luego las conexiones de baja tensión para terminar con las conexiones de alta tensión.

- Conexión a tierra

Se deberá realizar del borne neutro del transformador desde el que se conectará un conductor, en el mismo calibre del conductor del neutro, hacia tierra. El tanque o chasis del transformador se conectará también a tierra. A la misma se deben conectar sólidamente todas las partes que estén descubiertas, sean metálicas y que no transporten corriente eléctrica.

El transformador debe conectarse a tierra apropiadamente antes de ponerlo en marcha. Si no se conecta apropiadamente el transformador puede causar graves lesiones y mal funcionamiento del equipo.

Figura 15. **Vista lateral de un transformador trifásico**



Fuente: *Transformador trifásico.*

<https://www.google.com.gt/search?biw=1511&bih=730&tbn=isch&sa=1&ei=F>

Consulta: 5 de junio de 2017.

- Conexión a baja tensión

Identificar la acometida (conductor) y el calibre que se van a conectar a las terminales de baja tensión. El conductor que se utilizará en baja tensión deberá tener la longitud suficiente para que no haya problemas de tensión sobre los terminales del transformador, se debe procurar que el conductor tenga la medida justa al ser cortado.

Se tiene que remover el aislamiento del cable en la dimensión exacta y deberá estañar la punta del cable antes de conectarlo.

- Conexión a alta tensión

Se deberá verificar que el pararrayo sea el adecuado para la protección del equipo. Así como identificar la fase y el neutro de la red de distribución, a conectar en el transformador.

Los pararrayos se deben unir con los aisladores de alta tensión del transformador, con el mismo calibre del conductor que se esté haciendo la conexión de alta tensión.

Después de un unir la red y los dispositivos de seguridad, se procede a energizar el circuito principal del cual se había aislado la energía, ya sea con una pértiga cerrar la cañuela o por medio de un fusible de la porta fusible e inmediatamente se energizará el transformador.

3.5.1.1.3. Eléctricas de la maquinaria

Esta será la acometida eléctrica en el transformador la cual energizará la línea de producción en el momento de instalación de la sopladora SIDEL; se encontrará en un tablero eléctrico general, la cual es una caja o gabinete que contiene los comandos de emergencia y control.

3.5.2. Instalaciones neumáticas

Una instalación neumática es el conjunto de conexiones que, al ser colocadas en un lugar específico, es necesaria para asegurar el uso correcto y el funcionamiento de los aparatos que requieran presión de aire o suministros de este para funcionar.

3.5.2.1. Compresor de baja presión

Los compresores, secadores refrigerativos y secadores regenerados con aire caliente producen grandes cantidades de calor. Los compresores producen aproximadamente 2 550 Btu por HP. El calor debe ser removido, ya que, de no serlo, la temperatura se incrementara en el interior, llegando a reducir la eficiencia del sistema, así como la comodidad del personal operativo que se encuentre en el área. Hay varias formas para proveer la ventilación, las cuales consideran los siguientes factores:

- Condiciones del cuarto de compresores
- Condiciones externas
- Si tiene intención de recuperar calor de los compresores

Las dimensiones de la entrada de aire fresco deben ser apropiadas para evitar presión negativa en el cuarto. Llegándose a controlar a través de persianas con un termostato; este monitoreará tanto la entrada de aire como el ducto de expulsión de aire caliente del compresor. Controlará y protegerá las unidades de altas y bajas temperaturas durante los momentos que no estén operando o funcionen con carga mínima.

Se sugiere instalar dos tanques: un tanque húmedo que proporcionará una fuente constante de aire el cual es enfriado, separado de los líquidos y controlado; un tanque seco que funciona como un almacén de aire limpio y seco. Que pueda utilizarse para las demandas repentinas.

Se sugiere que el tanque húmedo se instale después del compresor, con el fin de separar más el aire condensado del comprimido, así como proveer un flujo estable de aire. Adicionalmente, ayuda tanto a evitar los ciclos de carga-descarga excesivos del compresor; una protección al sistema contra los residuos de aceite y mal funcionamientos. Este tanque debe seleccionarse considerando de uno a tres galones por cada CFM del compresor en plena carga.

3.5.2.2. Tubería y válvulas

El correcto funcionamiento de una red de distribución de aire comprimido es un punto importante para asegurar una presión estable en todos los puntos de uso. El diámetro de la red tiene un impacto importante en la caída de presión del sistema.

La selección de la tubería para un sistema de aire comprimido afecta directamente tres elementos clave: flujo, presión y calidad de aire. Una elección

inadecuada en el material de la tubería, diámetro o diseño del sistema, provoca restricciones de flujo dando como resultado caídas de presión significativas.

Tabla XI. **Ventajas y desventajas de materiales de las tuberías aire**

Material	Ventajas	Desventajas
Acero negro	<ul style="list-style-type: none"> · Costo de materiales moderado. · Disponibilidad de múltiples diámetros. 	<ul style="list-style-type: none"> · Largo tiempo de instalación. · Fugas y oxidación. · La rugosidad del interior promueve la formación de contaminantes provocando caídas de presión.
Acero galvanizado	<ul style="list-style-type: none"> · Costo de materiales moderado. · Disponibilidad de múltiples diámetros. · Protección ligera contra oxidación. 	<ul style="list-style-type: none"> · A menudo solo el exterior está galvanizado. · Largo tiempo de instalación. · La rugosidad del interior promueve la formación de contaminantes provocando caídas de presión. · Riesgo de oxidación y fugas en uniones.
Cobre	<ul style="list-style-type: none"> · No hay oxidación, buena calidad de aire. · Baja rugosidad en el interior del tubo – caída de presión mínima. 	<ul style="list-style-type: none"> · Requiere buena calidad de soldadura para evitar fugas. · La soldadura es susceptible a ciclos térmicos. · La instalación requiere de flama abierta.
Acero inoxidable	<ul style="list-style-type: none"> · No hay oxidación, buena calidad de aire. · Baja rugosidad en el interior del tubo – caída de presión mínima. 	<ul style="list-style-type: none"> · Largo tiempo de instalación. · Alto costo del material.
PVC	<ul style="list-style-type: none"> · Ligero. · Económico. 	<ul style="list-style-type: none"> · Poca seguridad. · En algunos lugares no cumple determinadas normas. · Puede acumular carga estática. · Tiene tendencia al estallido en caso de falla. · Los adhesivos nos son compatibles con los tipos de aceite utilizados en los compresores.
Aluminio	<ul style="list-style-type: none"> · Resistente a la corrosión. · Ligero. · Fácil de instalar. 	<ul style="list-style-type: none"> · Alto costo del material.

Fuente: elaboración propia.

No se recomienda usar polímeros como PVC o ABS, porque algunos lubricantes sintéticos degradan el plástico, que provocan la ruptura del tubo. Incluso el aire conducido a través de la tubería de plástico puede acumular una carga estática significativa, que podría descargarse en algún punto de uso cuando algún trabajador toque la herramienta neumática.

Usar acoplamientos (conexiones, codos, entre otros.) del mismo material y rango de presión. Para el sello de las uniones roscadas, se debe utilizar un sellador de alta calidad para minimizar las fugas.

- Minimizar el uso de acoplamientos T y ángulos rectos con el objetivo de reducir las pérdidas por fricción. Usar codos redondeados siempre que sea posible.
- Cuando se instalen acoplamientos T, oriente la parte recta de la T hacia el flujo principal del aire, y la parte perpendicular para alimentar *bypass*, salidas de aire, entre otros.
- Se recomienda usar válvulas de esfera del mismo diámetro interno que la tubería para aislar cualquier sección del sistema. Las válvulas de esfera deben estar ubicadas en puntos que permitan la ampliación del sistema de aire comprimido (por ejemplo, para conexión de más compresores a un cabezal principal, más puntos de uso).
- La entrada de aire comprimido al tanque debe conectarse por la parte inferior y la salida en la parte superior.
- Utilizar soportes para fijar la tubería a paredes, piso o techo; a fin de prevenir el movimiento de la tubería y evitar esfuerzos innecesarios en las uniones (esto puede provocar fugas).
- El diámetro de la tubería debe ser por lo menos del mismo tamaño que la tubería de descarga del compresor.

- Utilizar una unión flexible o manguera entre la tubería rígida y la descarga del compresor; a fin de proteger el postenfriador de aire comprimido del compresor.
- Utilice una válvula de esfera del mismo diámetro interno que la tubería después de la unión flexible, con la finalidad de aislar el equipo de la red y realizar actividades de servicio sin la necesidad de parar el sistema y despresurizar toda la línea. Para equipos de 400 hp o más grandes es mejor instalar una válvula de mariposa. Además, se requiere de algún medio apropiado para despresurizar la línea entre el compresor y la válvula de aislamiento.
- Instalar un accesorio adicional para permitir conectar temporalmente un compresor portátil o un equipo de respaldo para no dejar sin aire al sistema durante actividades de servicio en la estación de compresores.

Considerar la instalación de un sistema cerrado o anillo para alimentar todos los puntos de uso. Esta configuración es más efectiva ya que reduce la distancia por la que se tiene que transportar el aire, ayuda a mantener una presión más estable en todos los puntos de uso. Todas las derivaciones deben salir de las líneas principales con cuello de ganso para prevenir que la humedad condensada se transporte hacia los puntos de uso.

Evitar que la exposición de las líneas de aire comprimido a bajas temperaturas. Si la línea de aire es expuesta a bajas temperaturas, utilizar un secador regenerativo o un secador de membrana para tratar el aire antes de alcanzar dichas áreas.

3.5.3. Instalaciones hidráulicas

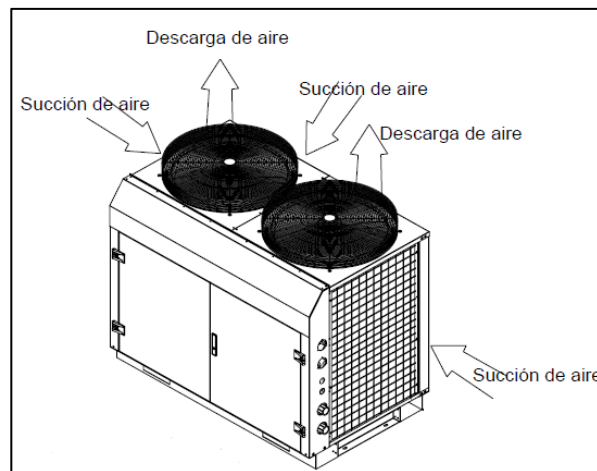
Son todas las uniones o conexiones que requieran agua enfriada para sus operaciones, son necesarias para reducir el calor de una maquinaria como objetivo específico.

3.5.3.1. Chiller

Debe ser instalado por personal mecánico calificado y dicha instalación debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Se sugiere que el lugar de instalación esté debidamente ventilado, de tal forma que el aire pueda circular y descargarse libremente al ambiente, procurando evitar que la descarga de aire caliente ingrese al *chiller*.

Figura 16. Diagramas de entradas y salidas de aire en un *chiller*



Fuente: *Diagramas de entradas y salidas de aire en un chiller.*

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/weatherproofed-euro-chiller-water-cooled-chiller-schematic-diagram-60669994312.html>. Consulta: 29 de junio de 2017.

Al momento de fijar la unidad, la base debe poseer una altura de 15 cm a 20 cm para evitar inundaciones y poseer un drenaje adecuado. La base debe soportar el peso de la unidad; se sugiere que esta tenga un factor de seguridad de 2,5 veces el peso del *chiller*.

- De preferencia el área en el cual se instale no debe de ser susceptible al aceite o polvo para evitar bloqueos en el serpentín del condensador.
- La tubería de agua fría se debe encontrar aislada para evitar la pérdida o fuga de humedad en la condensación. Se debe instalar un filtro de agua en la tubería de agua fría con el fin de garantizar la calidad del agua fría.

Cuando se conecten las tuberías de agua, se deberán usar abrazaderas para fijar las conexiones. La válvula de purga de aire deberá ser instalada en un punto más alto del sistema de tuberías de agua fría; una vez terminada la instalación de tuberías de agua fría, se debe probar contra fugas y probar a una presión de 0,4 MPa (58 Psig) para asegurarse que no exista falla, después de llenar de agua el sistema, abrir la válvula de venteo, purgar todo el aire atrapado en la tubería y después de esto cerrar la válvula de purga de aire. Una válvula de drene deberá ser instalada en el punto más bajo del sistema de tuberías de agua fría.

3.5.4. Montaje e instalación de sopladora SIDEL SBO 10

Son todos los pasos y procesos requeridos para la instalación correcta de la línea de soplado industrial; estas son sugerencias a tomar por parte del proveedor de la maquinaria al momento de la instalación, debido al costo de la maquinaria y para garantizar su correcto funcionamiento, el fabricante la montara.

3.5.4.1. Instalación de sopladora

Al momento de montar la máquina sopladora se realizará con el personal que suministra la empresa proveedora, así como las herramientas y la maquinaria transportadora adecuada para dicha tarea, que lo realizará de la siguiente manera:

- Se descenderá la máquina hasta los soportes de las patas, asegurando la base y ajustando el husillo con llave de tuercas; esto permitirá nivelar la maquinaria con un nivel de burbuja en sentido horizontal.
- Instalar el módulo calentador de la siguiente manera, descendiéndolo a su base, asegurándolo y ajustando su nivel para que sea el mismo del módulo anterior.
- Se conectarán los módulos a la línea de transporte de la sopladora anterior, ajustándose por medio de un nivel de burbuja.
- Se deberá ajustar la línea de producción desde el alimentador de pre formas PET, hasta la máquina embaladora, para que estén a un mismo nivel; de no estarlo se deberá ajustar la línea una máquina a la vez.

3.5.4.2. Conexiones eléctricas

La acometida eléctrica que se encuentra junto a la caja de conexión se debe llevar a cabo por el equipo de electricistas brindado por el proveedor. Ellos instalarán todas las conexiones de la línea de producción y las probarán. Al terminar suministrarán el mapa eléctrico del trabajo realizado.

3.5.4.3. Conexiones neumáticas

A través de tuberías flexibles se conecta la máquina a los sistemas de alimentación de aire comprimido. Los conductos de alimentación de aire deben soplarse antes de la conexión de la máquina. El aire comprimido tiene que estar limpio, seco y libre de aceite según indicaciones del proveedor.

3.5.4.4. Conexiones hidráulicas

La acometida de agua caliente y agua fría de la máquina se deberá encontrar en el lado posterior del módulo de soplado, con un conducto de alimentación y de retorno respectivamente. Estos conductos se conectarán a la sopladora suministrando flujo de agua.

3.5.4.5. Soldadura de alta presión

Se sugiere el uso de una soldadura oxiacetilénica debido a que es un proceso de soldadura por fusión que utiliza el calor producido por una llama, obtenida por la combustión del gas acetileno con el oxígeno, para lograr la fundición del metal base y el de aportación, este tipo de soldadura no degrada el metal base y sella completamente la circunferencia de la tubería.

La soldadura oxiacetilénica es la forma más difundida de soldadura autógena. Esta posee las siguientes características: no requiere aporte de material, puede utilizar el mismo material que la base (homogéneo), o de diferente material (heterogéneo), así como no usar material de aporte. Se recomienda utilizar un soplete que combine oxígeno como comburente y acetileno como combustible para evitar que el calor se propague, así como lograr una fusión rápida y limpia.

3.6. Criterio de aceptación del equipo

Antes de poner en marcha la línea de producción se deberán revisar minuciosamente todas las máquinas instaladas. Esto con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de la línea de producción de botellas plásticas.

Revisar que la alimentación de la línea tanto de materia prima como de suministros hidráulicos, eléctricos y neumáticos no posea ninguna fuga.

Se deberá revisar y controlar la calidad y circulación del agua refrigerada en toda la línea. Así mismo, establecer la velocidad del flujo de agua, para un suministro continuo según la necesidad de la sopladora. Se debe revisar el compresor de aire para que este se encuentre libre de obstáculos de rotación de la maquinaria, como cajas o piezas de la instalación, esto dándole una vuelta entera al volante.

3.6.1. Prerrequisitos de puesta en marcha del equipo

Previo al inicio de funciones normales de la maquinaria se deberá realizar un arranque inicial o prueba piloto con el fin de validar las funciones del equipo y solucionar cualquier problema o error. Se tiene que colocar en el tablero de control de la línea la opción de marcha en vacío, la cual es la función de pruebas del compresor.

Durante la primera corrida de prueba revisar que el volante del compresor gire en sentido contrario a las agujas del reloj, de no ser así, entonces, hay una mala instalación eléctrica.

Se deberá dejar en marcha el compresor durante dos horas aproximadamente. Durante este tiempo se debe controlar la presión del aceite el cual como mínimo debe ser de 2 bares. Justo después de ello se debe elevar gradualmente la presión del compresor hasta su máximo.

Se necesita después seleccionar un tipo de preforma con la cual cargar el alimentador de preformas PET e iniciar la corrida de prueba por medio del tablero de control. En ese momento toda la línea correrá una prueba donde se debe detectar cualquier problema o error.

3.6.2. Estudio de efectividad del equipo

La efectividad se define como el equilibrio entre la eficacia y la eficiencia; la eficacia y el grado en el que se logran las metas y objetivos, y la eficiencia es lograr el objetivo esperado al menor costo.

Por tanto:

$$Eficacia = \frac{(Resultado alcanzado * 100)}{Resultado esperado}$$

Donde:

- Resultado alcanzado = medición real de producción
- Resultado esperado = capacidad teórica

Tomando un lapso de tiempo de dos horas de evaluación en la maquinaria se tiene un resultado teórico de 20 000 botellas PET, así como un resultado alcanzado de 16 453 botellas; por tanto:

$$Eficacia = \frac{(16\ 453 * 100)}{20\ 000}$$

$$Eficacia = 82,27 \%$$

$$Eficiencia = \frac{\left(\frac{Resultado\ alcanzado}{Costo\ real}\right) * Tiempo\ invertido}{\left(\frac{Resultado\ esperado}{Costo\ estimado}\right) * Tiempo\ esperado}$$

Donde:

- Resultado alcanzado = medición real de producción.
- Resultado esperado = capacidad teórica.
- Costo real = costo de una producción real
- Costo teórico = costo supuesto para dicha producción
- Tiempo invertido = tiempo real
- Tiempo esperado = tiempo teórico

Tomando un lapso de tiempo teórico de 120 minutos, un costo supuesto de Q8 460,00 y una producción teórica de 20 000 botellas, tras las mediciones durante 104 minutos de trabajo de maquinaria se produjeron 16 453 botellas a un costo real de Q7 552,67; por tanto:

$$Eficiencia = \frac{\left(\frac{16\ 453}{Q7\ 552,67}\right) * 104}{\left(\frac{20\ 000}{Q8\ 460,40}\right) * 120}$$

$$Eficiencia = 79,86 \%$$

$$Efectividad = \frac{\left(\frac{Eficacia + Eficiencia}{2}\right)}{M\u00e1ximo\ puntaje}$$

$$Efectividad = \frac{\left(\frac{82,27\% + 79,86\%}{2}\right)}{82,27\%}$$

$$Efectividad = 98,54\%$$

3.6.3. Estudio de productividad real del equipo

La productividad es una relación entre todos los productos obtenidos y los recursos utilizados en ese proceso productivo. La productividad es la relación entre producción e insumo. Por tanto, sería definida como el producto de la eficacia con la eficiencia.

$$Productividad = eficiencia * eficacia$$

$$Productividad = 82,27\% * 79,86\%$$

$$Productividad = 65,70\%$$

El resultado de 65,70 % indica que la línea de producción tiene posibilidades de mejora conforme a su capacidad teórica. Ya que esta es la relación entre lo producido y todo lo empleado para ello: materia prima, energía, mano de obra, entre otros. Indica que conforme el operario se habituó a la maquinaria y procesos, esta productividad mejorará. Se debe tomar como la línea base de la productividad para mediciones de ella en el futuro.

3.6.4. Propuesta de entrenamiento de personal

El personal operativo es el recurso con más importancia en cualquier empresa, ya que es el personal que lleva todas las actividades laborales a cabo. Por lo cual se justifica la importancia de su constante capacitación o entrenamiento.

Por lo que se plantea entrenar y mejorar lo siguiente:

- Preparar a los operarios para la correcta ejecución de sus funciones.
- Proporcionar información y orientación sobre los objetivos de la empresa: funcionamiento, valores, normas y políticas.
- Interacción entre personal operativo, con el fin de mejorar el nivel de calidad del servicio.
- Generar un ambiente de trabajo positivo enfocado a una mejora continua.
- Identificar los distintos puntos de mejora para futuras capacitaciones.

Esto se plantea llevar a cabo a través de una metodología de exposiciones iniciales de la maquinaria y su funcionamiento, talleres prácticos y corridas de prueba en la maquinaria. Para llegar al punto de inicio formal de operaciones de la línea en un tiempo prudente de dos meses plazo, el cual llevará a cabo el personal capacitado brindado por parte del proveedor de la maquinaria.

Se propone para ello el siguiente cronograma:

Tabla XII. Cronograma propuesto de entrenamiento de personal

Programación de actividades Entrenamiento personal SIDEL SBO 10	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Actividad				
Capacitaciones o entrenamiento de personal		■	■	■
Sesión de inicio <i>kick off</i> de capacitaciones		■		
Presentaciones de los aspectos básicos de maquinaria		■		
Taller y evaluación práctica del encendido de la maquinaria		■		
Presentaciones de los aspectos específicos de la maquinaria		■		
Presentación sobre el uso correcto de la maquinaria			■	
Presentación de buenas prácticas de manufactura			■	
Corrida inicial			■	■
Evaluación final				■
Inicio formal de operaciones				■

Fuente: elaboración propia.

3.7. Procedimiento de evaluación de producción de maquinaria montada e instalada

Quando la maquinaria esté instalada y montada se debe asegurar su correcto funcionamiento; por lo cual se deben realizar una serie de pruebas y mediciones para que la maquinaria ya instalada cumpla con las especificaciones del proveedor. Esto en garantía tanto la empresa y el proveedor.

3.7.1. Pruebas de calidad

El objetivo de estas pruebas es asegurar los requerimientos de calidad e inocuidad. Se deben llevar a cabo de manera regular, las siguientes pruebas de acuerdo al tipo de empaque.

Tabla XIII. Pruebas de calidad

Tipo de empaque Pruebas	Bebidas carbonatadas	Bebidas no carbonatadas presurizadas	Bebidas no carbonatadas no presurizadas	Bebidas llenadas en caliente	Botellas de PET retornable
Pruebas	X	X	X	X	X
Inspección visual	X	X	X	X	X
Evaluación de diámetros exteriores	X	X	X	X	X
Perpendicularidad	X	X	X	X	X
Peso y capacidad al punto de llenado	X	X	X	X	X
Altura de la botella	X	X	X	X	X
Espesor de la pared	X	X	X	X	
Claro de base	X	X	X		
Resistencia a la presión interna	X	X			X
Stress cracking	X				
encogimiento				X	
Estabilidad dimensional ovalidad				X	

Fuente: elaboración propia.

La operación debe mantener registros de los datos de autorización de cada lote de botellas, con la excepción de las pruebas que no se aplican debido a la categoría.

La frecuencia de la medición debe documentarse y registrarse. La empresa definirá la frecuencia de medición de acuerdo a las exigencias del sistema de calidad de la línea. Sin embargo, para todos los parámetros que se miden regularmente, esta frecuencia no podrá ser menor que una vez por turno a un juego de moldes de botellas plásticas; estas piezas con las que poseen la

geometría del producto final en sus paredes y al ser soplada la preforma adquieren la forma del molde.

Los lotes de producción contarán con un certificado de calidad el cual especifica los resultados del mismo; se realizarán las siguientes evaluaciones sobre los parámetros del lote, con la excepción de las características que no apliquen para una categoría específica:

- Inspección visual
- Peso de botella y capacidad volumétrica
- Evaluación de diámetros exteriores del hombro, panel y base
- Altura de la botella
- Espesores de pared o peso de sección; este solo para botellas PET, medir al menos hombro, panel y base
- Prueba de estrés y ruptura; solo para botellas PET sopladas para bebidas carbonatadas y no carbonatados presurizados
- Resistencia a la presión interna; sólo para bebidas carbonatadas y no carbonatadas presurizadas
- Geometría de las botellas

- Resistencia al volteo de la base; solo para botellas PET de base plana sopladas para bebidas no-carbonatados; esto para evitar el fácil derrame de una botella llena.
- Encogimiento; solo para botellas de llenado en caliente.
- Puntaje de aceptación de los parámetros de altura, capacidad volumétrica y diámetros externos.

Se deberá contar con un laboratorio de calidad para generar certificados de calidad con normas FSSC 22 000, el mismo debería de contar con las siguientes especificaciones que indica la empresa:

- Área cerrada y aislada del resto de la planta.
- Humedad y temperatura controladas en 40 % y 22-23 °C respectivamente.
- Higrómetro y termómetros de pared.
- Disponibilidad de las conexiones eléctricas apropiadas para la totalidad de los equipos.
- Disponibilidad de agua y correctos desagües dentro del laboratorio.
- Debe existir un área protegida donde se pueden llevar a cabo pruebas de estrés, ruptura y caída sin problemas de salpicadura en el resto del laboratorio.

- Una superficie nivelada y carente de vibración donde se colocan los instrumentos de medición de altura y balanza granataria. Esto se puede lograr a través de una mesa de granito, mármol o construyendo un mueble con tales características.

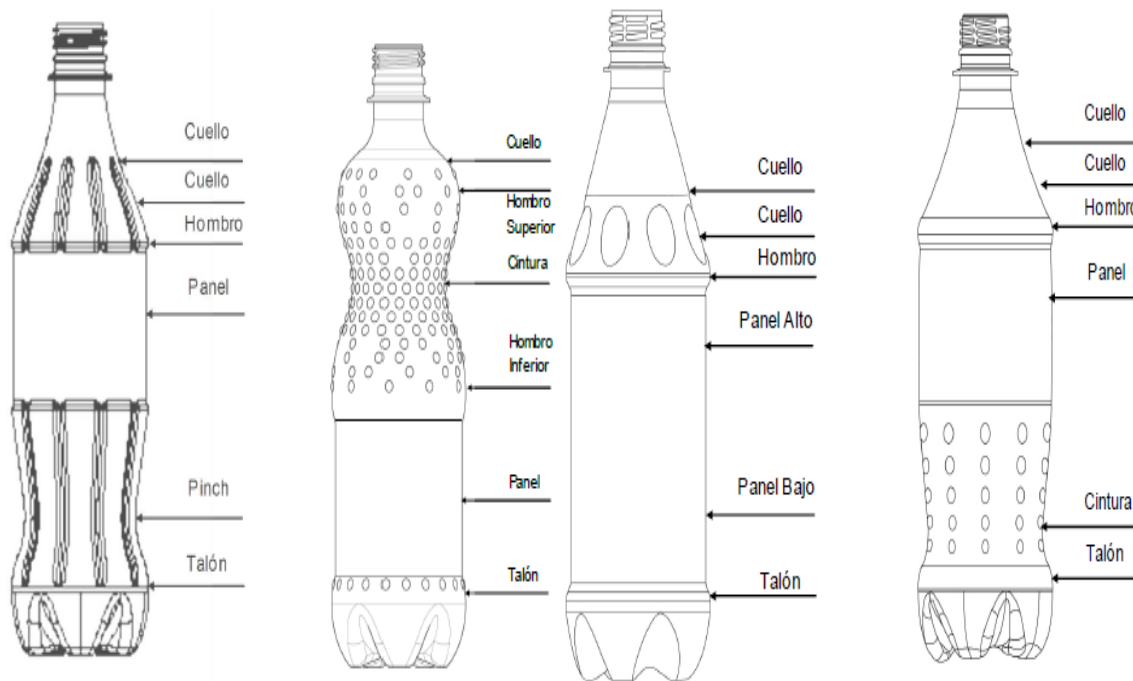
El laboratorio de calidad debe contar con el siguiente equipo:

- Fuente de luz blanca
- Balanza de carga superior y una balanza con capacidad de 4 000 gramos
- Medidor de altura
- Vernier o pie de rey
- Cinta Pi
- Medidor magnético de espesores o cortador de secciones
- Equipo de resistencia de presión interna
 - Medidor del claro de base
 - Carbonatador el cual debe alcanzar 4,2 volúmenes o presurizar a 60 lb/pulg²
 - Medidor de carga vertical.
 - Dispositivo para medir el impacto a la caída.
 - Cámara fría capaz de mantener la temperatura a 4 ± 1 °C.
 - Horno capaz de mantener la temperatura a 38 ± 1 °C.

- Termómetro análogo
- Tanque para soda cáustica
- Llenadora y una jeringa para llenar

A continuación, se presentan los diseños y sus partes más comunes producidos por la empresa.

Figura 17. Tipos de botellas y sus partes



Fuente: *Tipos de botellas.*

<https://www.google.com.gt/search?biw=1511&bih=730&tbm=isch&sa=1&ei=uPpkXKLcLILDwQ>.

Consulta: 11 de junio de 2017.

3.7.2. Mediciones de productividad

Para estas mediciones se usarán los datos de la línea de soplado a reemplazar; la SIDEL SBO 6. Esta tiene una capacidad de producción de 4 000 botellas por hora; las mediciones fueron tomadas en un lapso de dos horas.

$$Productividad = eficiencia * eficacia$$

$$Productividad = 84,34 \% * 88,58 \%$$

$$Productividad = 74,71 \%$$

Según las condiciones reales de la maquinaria y comparándolas con las teóricas, la productividad es aceptable en la maquinaria anterior. Sin embargo, esta es limitada por sus características y la empresa requiere una mayor capacidad de producción.

3.7.2.1. Análisis de eficiencia y eficacia

Se realizaron utilizando los datos reales y teóricos de producción de dos horas trabajadas; 7 086 botellas producidas en una maquinaria que puede producir 4 000 botellas en una hora.

$$Eficacia = \frac{(Resultado alcanzado * 100)}{Resultado esperado}$$

Donde:

- Resultado alcanzado = medición real de producción.

- Resultado esperado = capacidad teórica.

Con un tiempo de dos horas de evaluación en la maquinaria se tiene un resultado teórico de 8 000 botellas PET, así como un resultado alcanzado de 7 086 botellas; por tanto:

$$Eficacia = \frac{(7\ 086 * 100)}{8\ 000}$$

$$Eficacia = 88,58 \%$$

Se realizó el cálculo de la siguiente manera:

$$Eficiencia = \frac{\left(\frac{\text{resultado alcanzado}}{\text{costo real}}\right) * \text{tiempo invertido}}{\left(\frac{\text{resultado esperado}}{\text{costo estimado}}\right) * \text{tiempo esperado}}$$

Donde:

- Resultado alcanzado = medición real de producción
- Resultado esperado = capacidad teórica
- Costo real = costo de una producción real
- Costo teórico = costo supuesto para dicha producción
- Tiempo invertido = tiempo real
- Tiempo esperado = tiempo teórico

Con un tiempo teórico de 120 minutos, un costo supuesto de Q8 460,40 y una producción teórica de 20 000 botellas, tras las mediciones durante 102 minutos de trabajo de maquinaria, se produjeron 17 986 botellas a un costo real de Q7 191,34; el costo real fue brindado por la empresa y el costo teórico se

obtuvo de la totalización de costos que se realizó en este trabajo dividido entre los días del año y a su vez dentro de las horas del día; se obtuvo como resultado:

Tabla XIV. **Tabla costos producción por hora**

Costos producción por hora	
Mano de obra indirecta	Q 43,84
Arrendamiento del local	Q 54,79
Materia prima	Q 7 989,04
Mano de obra directa	Q 188,22
Energía eléctrica	Q 89,59
Mantenimiento	Q 94,92
Total	Q 8 460,40

Fuente: elaboración propia.

Por tanto:

$$Eficiencia = \frac{\left(\frac{17\,986}{Q7\,191,34}\right) * 102}{\left(\frac{20\,000}{Q8\,460,40}\right) * 120}$$

$$Eficiencia = 89,93 \% \approx 90 \%$$

La empresa se muestra acorde a este rendimiento, teniendo una oportunidad de mejora del 10 %; sin embargo, al tener una demanda mayor a la capacidad, la necesidad de una maquinaria con un mejor ritmo de producción y mejores características es necesario.

3.8. Análisis financiero

Son todos los estudios y análisis realizados para validar el proyecto; estos diagnostican la situación y las perspectivas de la empresa al momento de llevar a cabo dicho proyecto de instalación. A su vez permiten minimizar el riesgo de errores a través de indicadores; estos se validaron con el área financiera de la empresa en la cual se instalará la maquinaria.

3.8.1. Análisis de costos

Son todos los costos para llevar a cabo el proyecto de instalación y montaje de la línea de soplado de botellas plásticas. Todos estos costos son supuestos validados con la empresa con el fin de mantener secreto empresarial.

3.8.1.1. Instalación

Son todos los gastos que se deben realizar para acomodar las instalaciones de acuerdo a lo que necesita la operación de una empresa. En la siguiente tabla se especifican los costos de las instalaciones.

Tabla XV. **Tabla de costos de instalación**

Costos de instalación	
Instalaciones hidráulicas	Q 258 216,00
Instalaciones eléctricas	Q 337 064,84
Instalaciones neumáticas	Q 184 440,00
Transporte, instalación y montaje equipos	Q 368 880,00
Total	Q 1 148 600,84

Fuente: elaboración propia.

3.8.1.2. Maquinaria y equipo

Son los costos de la maquinaria y el equipo a instalar y montar para la operación de la línea. En la siguiente tabla se especifican los costos de cada una de las máquinas a instalar.

Tabla XVI. **Tabla de costos de maquinaria y equipo**

Costos de maquinaria	
SIDEL SBO 10	Q 2 500 000,00
Transformador eléctrico	Q 563 920,00
Compresor de aire KAESER	Q 593 600,00
<i>Chiller</i>	Q 500 000,00
Total	Q 4 157 520,00

Fuente: elaboración propia.

3.8.1.3. Ejecución

Son todos los desembolsos necesarios para realizar la producción de un producto.

Tabla XVII. **Tabla de costos de ejecución**

Costos de ejecución	
Mano de obra indirecta	Q 192 000,00
Arrendamiento del local	Q 240 000,00
Materia prima	Q 34 992 000,00
Mano de obra directa	Q 824 400,00
Energía eléctrica	Q 392 400,00
Total	Q 36 640 800,00

Fuente: elaboración propia.

3.8.1.4. Mantenimiento

Es todo el precio a pagar por motivos de acciones realizadas para restaurar o conservar una maquinaria o un producto a un estado específico.

Tabla XVIII. **Tabla de costos de mantenimiento**

Costos de mantenimiento	
Mano de obra	Q 415 752,00
Repuestos de maquinaria	Q 2 000 000,00
Total	Q 2 415 752,00

Fuente: elaboración propia.

3.8.1.5. Totalización

Todos los costos de instalación, montaje y puesta en marcha de la línea de soplado industrial se realizaron suponiendo un año de producción; estos fueron revisados con el departamento de finanzas de la empresa en la cual se instalará dicha maquinaria.

Estos en el primer año de producción llegarían a la cantidad aproximada de Q.44 362 672,84; está esta cantidad dentro del presupuesto de la empresa, se tiene considerado en sus proyectos de inversión.

Tabla XIX. **Tabla de totalización de costos fijos y variables**

Costos fijos	
Instalaciones hidráulicas	Q 258 216,00
Instalaciones eléctricas	Q 337 064,84
Instalaciones neumáticas	Q 184 440,00
Maquinaria / equipos	Q 4 157 520,00
Mano de obra Indirecta	Q 192 000,00
Arrendamiento del local	Q 240 000,00
Total costos fijos	Q 5 369 240,84
Costos variables	
Transporte, instalación y montaje equipos	Q 368 880,00
Materia prima	Q 34 992 000,00
Mano de obra directa	Q 824 400,00
Energía eléctrica	Q 392 400,00
Mano de obra	Q 415 752,00
Repuestos de la maquinaria	Q 2 000 000,00
Total costos variables	Q 38 993 432,00
Inversión total	Q 44 362 672,84

Fuente: elaboración propia.

3.8.2. Análisis sensibilidad del proyecto

Estas evaluaciones suponen todos los costos del proyecto de instalación y montaje de la línea de soplado en un lapso de 10 años; de este análisis se determinará su rentabilidad.

3.8.2.1. VPN

Este indicador es utilizado para trasladar las cantidades futuras al presente; es el resultado de la diferencia entre el valor presente de los saldos anuales del flujo neto de caja y la inversión inicial.

Para esta evaluación se requiere el TMAR que es la tasa mínima atractiva de retorno.

$$TMAR = \text{tasa de inflación} + \text{premio al riesgo}$$

Siendo esta de 19,15 %

Con ello se puede calcular el valor presente neto:

$$VPN = -P + \frac{FNEC_1}{(1+i)^1} + \frac{FNEC_2}{(1+i)^2} + \frac{FNEC_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNEC_n}{(1+i)^n} + VS$$

Donde:

- P = inversión inicial
- FNEC = flujo neto efectivo de caja
- n = número de años
- i = tasa mínima atractiva de retorno
- VS = valor de salvamento

Sustituyendo los valores en la ecuación anterior se obtiene el valor presente neto, en un lapso de 10 años.

$$VPN = Q161\ 748\ 312,43$$

3.8.2.2. Tasa interna retorno

Esta consiste en determinar la tasa con la cual se iguala el valor actual de ingresos y el valor actual de egresos; esto al despejar de la ecuación la incógnita i o tasa interna de retorno.

$$VPN = -P + \frac{FNEC_1}{(1+i)^1} + \frac{FNEC_2}{(1+i)^2} + \frac{FNEC_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNEC_n}{(1+i)^n} + VS$$

Donde:

- P = inversión inicial
- $FNEC$ = flujo neto efectivo de caja
- n = número de años
- i = tasa mínima atractiva de retorno
- VS = valor de salvamento

De esta ecuación se determina que la tasa interna de retorno en un lapso de tiempo de 10 años llegará a ser de:

$$TIR = 106 \%$$

Debido a que el TIR (106 %) es mayor que el porcentaje TMAR (19,15 %), el proyecto se clasifica como rentable económicamente.

3.8.2.3. Relación costo/beneficio

Esta relación convierte los flujos de beneficios y costos en valores anuales equivalentes, usando el TMAR del 19,15 % se determinaron los VPN de ingresos y egresos.

$$R(B/C) = \frac{VPN^I}{VPN^E}$$

Donde:

- VPN^I = valor presente neto de ingresos
- VPN^E = valor presente neto de egresos

$$VPN^I = \frac{Ingresos_1}{(1+i)^1} + \frac{Ingresos_2}{(1+i)^2} + \frac{Ingresos_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Ingresos_n}{(1+i)^n} + VS$$

$$VPN^E = -P + \frac{Egresos_1}{(1+i)^1} + \frac{Egresos_2}{(1+i)^2} + \frac{Egresos_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Egresos_n}{(1+i)^n}$$

$$R(B/C) = \frac{Q364\ 062\ 898,67}{Q202\ 314\ 586,24}$$

$$R(B/C) = 1,7995$$

Esta relación al tener un valor de 1,7995 significa que por cada quetzal que se invierta se retornará una cantidad de 1,7995 quetzales. Por lo cual, se recomienda invertir en dicho proyecto de instalación y montaje de una línea de soplado industrial.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Plan de mantenimiento

Para mantener la maquinaria se sugirió crear un plan de mantenimiento preventivo que incorpore principios fáciles de entender, organizar y administrar. Estos principios se deberán usar en tres ramas del mantenimiento lubricación, eléctricas o electrónicas y mecánicas.

Recomendaciones de mantenimiento:

- Mantener el área de trabajo y la maquinaria limpia.
- Controlar la temperatura del área por debajo de 50 °C.
- Controlar la humedad relativa por debajo del 40 % para evitar que los elementos se carguen electrostáticamente y puedan generar un mal funcionamiento.
- Controlar variaciones en el voltaje.
- Prevenir las vibraciones en equipos electrónicos.

Se recomienda de igual manera llevar un registro de todas las actividades de mantenimiento realizadas a la maquinaria; este registro servirá como un histórico de toda intervención para futuras referencias.

Se sugiere al capacitar a todo el personal operativo para que puedan realizar inspecciones visuales de la maquinaria y sus componentes, esto con el fin de corregir errores al informar al departamento de mantenimiento.

Se recomienda implementar un plan de mantenimiento preventivo que se anticipe a futuras fallas, lo que beneficiaría en paros prolongados.

Toda intervención de trabajos mayores, por ejemplo, un mantenimiento de 50 mil horas a un compresor; se recomienda hacerlo con el apoyo del fabricante del equipo.

4.1.1. Sopladora industrial

Para evitar los problemas de funcionamiento en la maquinaria se sugiere llevar un mantenimiento preventivo, en el cual destaca el cuidado en la lubricación de las piezas, la revisión de conexiones eléctricas, para lo cual se sugiere llevar las siguientes revisiones.

Tabla XX. **Propuesta plan de mantenimiento preventivo para sopladora industrial**

Evaluación	Periodicidad	Observación
Revisión de lubricación general	Semanal	Revisar y lubricar todas las piezas que lo requieran.
Inspección de rodamientos	Mensual	Revisar los rodamientos e inyectar lubricante por medio de bomba manual.
Revisión de fugas	Semanal	Inspeccionar en busca de fugas neumáticas o hidráulicas.
Inspección de conexiones eléctricas	Semanal	Inspeccionar y limpiar acometidas eléctricas.
Inspección de cilindros, válvulas neumáticas e hidráulicas	Mensual	Revisar y apretar los sellos en válvulas y cilindros.

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. *Chiller*

Para mantener una eficiencia adecuada y asegurar la durabilidad del equipo se debe realizar regularmente el mantenimiento del *chiller*.

Debido a los periodos largos de operación se realizan las siguientes recomendaciones de mantenimiento, así como su periodicidad.

Tabla XXI. **Propuesta plan de mantenimiento preventivo para *chiller***

Evaluación	Periodicidad	Observación
Inspección general de limpieza del equipo	Trimestral	Limpiar de suciedad y polvo
Revisión y limpieza del intercambiador de calor	Trimestral	Limpiar el intercambiador de calor de suciedad y polvo
Revisión de la bomba de agua	Anual	Inspeccionar las condiciones físicas de la bomba de agua.
Inspección de filtro de agua	Anual	Limpiar o reemplazar el filtro de agua
Inspección nivel de agua del sistema	Semestral	Inspeccionar el nivel de agua
Evaluación del estado de empaques	Anual	Revisar en busca de fisuras para evitar fugas de calor

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. **Compresor de aire**

Para un correcto funcionamiento del compresor de aire, y por ende, de la línea de producción, se requiere un mantenimiento periódico y preventivo para mantener al compresor en condiciones óptimas. Estas acciones preventivas se resumen en la tabla del plan de mantenimiento siguiente.

Tabla XXII. **Propuesta plan de mantenimiento preventivo compresor de aire**

Evaluación	Periodicidad	Observación
Revisión de conexiones eléctricas	Mensual	Revisar el cableados y fusibles.
Revisión de conexiones neumáticas	Mensual	Buscar obstrucciones o fugas de aire.
Inspección de ventiladores	Mensual	Evaluar el estado del motor del ventilador y sus aspas.
Inspección de serpentín del evaporador	Mensual	Limpiar el serpentín del condensador así como revisar nivel de aceite y refrigerante.
Revisión de sistema de drenado	Semestral	Limpiar la línea de drenado y buscar fugas.
Inspección de temperaturas	Semestral	Revisar el termostato, ajustar la válvula de expansión termostática y revisar el refrigerante.

Fuente: elaboración propia.

4.1.4. Transformador eléctrico

Para que un transformador tenga una larga vida útil y asegurar que opere correctamente todo el tiempo, es de suma importancia realizar revisiones periódicas de su rendimiento y suministrar un mantenimiento adecuado.

Este conjunto de acciones realizadas sobre el transformador de manera permanente y periódica se debe realizar de manera preventiva, anticipando el deterioro o agotamiento de la vida útil de las piezas, las partes y los componentes.

Por lo cual se sugieren las siguientes inspecciones a la maquinaria:

Tabla XXIII. **Propuesta plan de mantenimiento preventivo transformador trifásico**

Evaluación	Periodicidad	Observación
Medición de la puesta de tierra	Anual	Revisar la resistencia de la puesta a tierra.
Revisión de la resistencia de los aislamientos	Anual	Registrar los datos para darle un seguimiento y comparar.
Medición de las terminales de baja tensión	Anual	Registrar los datos para darle un seguimiento y comparar.
Estudio de la rigidez dieléctrica	Cada tres años	Asegurar un mínimo de 30 KV para un buen funcionamiento.
Revisión de los accesorios extremos	Semestral	Inspeccionar las condiciones físicas de la maquinaria.
Evaluación de la pintura de la maquinaria	Anual	Limpiar de suciedad y polvo.
Inspección del estado de los empaques	Anual	Revisar en busca de fisuras para evitar fugas y humedad.

Fuente: elaboración propia.

4.1.5. Evaluación del mantenimiento de línea de producción

Cualquier fallo debe ser evaluado para detectar la causa y disminuirlo o corregirlo definitivamente; el siguiente formato está diseñado para apoyar con este propósito y mejorar el desempeño del mantenimiento.

Tabla XXIV. **Formulario de evaluación de mantenimiento**

Formulario de evaluación del mantenimiento	
1. Datos	
Fecha:	
Hora:	
Máquina:	
Marca:	
Modelo:	
	<u>Mantenimiento</u>
	Preventivo: <input type="checkbox"/>
	Correctivo: <input type="checkbox"/>
	Otro: <input type="checkbox"/>
2. Tipo de falla	
Mecánica:	<input type="checkbox"/>
Eléctrica:	<input type="checkbox"/>
Electrónica:	<input type="checkbox"/>
Neumática:	<input type="checkbox"/>
Hidráulica:	<input type="checkbox"/>
Otra:	<input type="checkbox"/>
3. Causa	
<u>Extrínsecas</u>	
Accidente	<input type="checkbox"/>
Mala utilización	<input type="checkbox"/>
Limpieza insuficiente	<input type="checkbox"/>
Mal mantenimiento	<input type="checkbox"/>
Otro	<input type="checkbox"/>
<u>Intrínsecas</u>	
Mal montaje	<input type="checkbox"/>
Desgaste	<input type="checkbox"/>
Corrosión	<input type="checkbox"/>
Fatiga	<input type="checkbox"/>
Otro	<input type="checkbox"/>
4. Consecuencias	
Tiempo paro:	<input type="text"/>
Unidades no producidas:	<input type="text"/>
Nivel de daño:	<input type="text"/>
5. Valoración	
Descripción del fallo:	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
Contramedidas:	<input style="width: 100%; height: 50px;" type="text"/>
Fotografías o planos:	<input style="width: 100%; height: 30px;" type="text"/>

Fuente: elaboración propia.

4.2. Plan de capacitación de personal

Este plan constituye un instrumento para determinar las prioridades de capacitación del personal operativo y administrativo de la línea de soplado de botellas PET. La capacitación del personal será brindada por parte del proveedor SIDEL.

4.2.1. Capacitación

Este proceso debe ser aplicado de manera organizada y sistemática. Al ser el recurso humano el recurso más importante de la empresa, se le debe dar igual importancia a su entrenamiento y educación del uso correcto de la maquinaria, así como la optimización de los servicios y productos que se brindan.

Ventajas:

- Reducción de tiempo de reacción
- Minimización de paros de producción
- Incremento en la eficiencia y productividad
- Optimización de cambios de línea
- Mejora en la seguridad industrial

Estas ventajas son las que muestra el proveedor quien también realizará auditorías constantes al personal con el fin de evaluar las capacidades y conocimiento de los colaboradores.

4.2.2. Instrucciones

Requisitos de capacitación

- Un máximo de seis personas por capacitación
- Disponibilidad de la línea de producción de dos horas por día
- Comprensión de aspectos básicos mecánicos y eléctricos

Estas capacitaciones están diseñadas para personal operativo y supervisores de línea.

Se deben impartir las siguientes capacitaciones al personal

- Elementos básicos para la operación del equipo
 - Seguridad industrial (maquinaria y operador)
 - Presentación de la maquinaria
 - Grupos funcionales:
 - Alimentador de preformas
 - Horno
 - Transferencia de producto en proceso
 - Rueda de soplado
 - Salida de botellas
 - Nivel de operador del interfaz de la sopladora
 - Conducto de fluidos y neumático
 - Sistema eléctrico (procedimiento de arranque y paro)
 - Mantenimiento básico:

- Lubricación y limpieza de la maquinaria
 - Operación normal de la maquinaria (arranque y paro)
 - Información general sobre los remplazos
- Operación avanzada del equipo
 - Tratamiento detallado de los subconjuntos de la maquinaria
 - Tiempo de práctica
 - Parámetros básicos
 - Subconjuntos
 - Grupos funcionales y su configuración
 - Alimentador de preformas
 - Horno
 - Transferencia de producto en proceso
 - Rueda de soplado
 - Salida de botellas
 - Conducto de fluidos y neumático
 - Sistema eléctrico
 - Operación normal de la maquinaria
 - Procedimiento de remplazo de piezas
- Mantenimiento mecánico avanzado
 - Seguridad (maquinaria y operador)

- Ejecución de los ajustes, calibración y lubricación
 - Alimentador de preformas
 - Horno
 - Transferencia de producto en proceso
 - Rueda de soplado
 - Salida de botellas

- Cinemática y sincronización
- Circuito de fluidos y neumático
 - Filtros

- Procedimiento de servicios de mantenimiento
- Resolución de problemas

- Mantenimiento eléctrico avanzado
 - Seguridad (maquinaria y operador)
 - Ejecución de los ajustes y la calibración
 - Alimentador de preformas
 - Horno
 - Transferencia de producto en proceso
 - Rueda de soplado
 - Salida de botellas

 - Configuración del hardware de la maquinaria

- Todas las funciones y parámetros de los sensores
 - Sincronización
 - Diagnóstico de maquinaria
-
- Circuito de fluidos
 - Sistema eléctrico
 - Procedimiento de servicios de mantenimiento
 - Resolución de problemas y alarmas principales

Fuera de este listado de las capacitaciones del personal, tanto la empresa cliente como el proveedor de servicios han solicitado confidencialidad de sus procesos.

4.2.3. Evaluación

Se realizará una evaluación al personal al momento de terminar la capacitación, para lo cual se propone usar el formato a continuación mencionado. El mismo pondera el cumplimiento a los objetivos y competencias. La evaluación deberá realizarse a supervisores y al personal a cargo; se considera como buena puntuación la que esté sobre los 200 puntos.

5. MEJORA CONTINUA

5.1. Plan

Conjunto de acciones que se llevarán a cabo para obtener los mejores resultados en la calidad del producto, los servicios y los procesos de la empresa. Esta mejora debe realizarse siempre buscando la reducción de los costos y tiempos que buscan el crecimiento de la organización.

- Algunos de los beneficios de la mejora continua son:
- Mejora en el rendimiento del equipo
- Incremento en la productividad
- Reducción de costos
- Optimización de procesos
- Minimización de errores
- Mejora en los servicios y productos
- Incrementos en la motivación al personal

Se encuentran disponibles varias herramientas para llevar a cabo las acciones de la mejora continua: Lean, Kaizen, Six SIGMA y el círculo de Deming. Se recomienda el uso del último, aplicable a través de la planificación (*plan*), hacer (*do*), comprobar (*check*) y ajustar (*adjust*).

- Planificación: fase en la cual se establecen los objetivos de la mejora, la manera de llegar a lo planeado, la búsqueda de obstáculos, así como crear indicadores para medir la mejora.

- Hacer: etapa en la cual se aplica lo ya establecido en el plan, realizándose según un proceso y de manera sistemática.
- Comprobar: es la verificación de los resultados de las tareas y propuestas de mejora.
- Ajustar: es el proceso de mejorar a partir de los inconvenientes de la acción de comprobar, esto debido a que ningún plan es perfecto y promueve la optimización de procesos.

La herramienta del círculo de Deming funciona realizando estos pasos de repetida y continuamente a través del tiempo para obtener resultados favorables a la operación, lo cual lleva a la mejora continua o el proceso elemental para lograr la calidad total y excelencia empresarial.

5.1.1. Mantenimiento

La mejora continua en mantenimiento se llevará a cabo a través de un plan predictivo de mantenimiento que es la respuesta a la necesidad de reducción de los costos y los tiempos de paro en la línea de producción.

Se llegó a este tipo de mantenimiento debido a que las otras opciones se limitan a que la maquinaria falle o a evaluaciones en determinado tiempo, estos mantenimientos son:

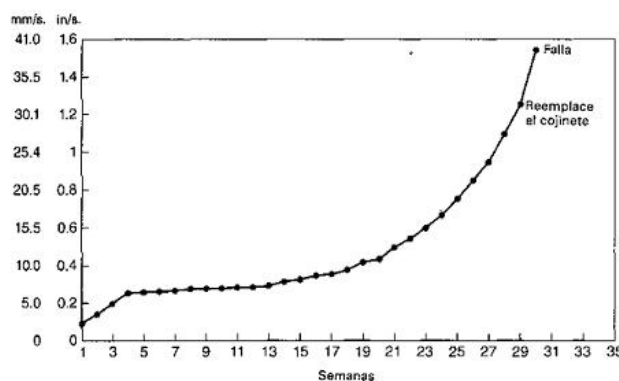
- Mantenimiento correctivo: es aquel que reacciona ante un fallo o una rotura, este interviene el equipo ya que el error se ha llevado a cabo siendo reactivo.

- Mantenimiento preventivo: se lleva a cabo con el fin de reducir o evitar una reparación, esto mediante inspecciones periódicas y renovación de piezas o elementos deteriorados.
- Mantenimiento predictivo: se efectúa mediante el seguimiento del adecuado funcionamiento de los componentes de un equipo o maquinaria y se anticipa a cualquier falla.

El uso del mantenimiento predictivo consiste en establecer una perspectiva histórica del funcionamiento y falla de un equipo, para construir un historial y pronosticar o predecir un error o falla en la maquinaria, a través del correcto desempeño de los componentes de una maquinaria.

Debido a las distintas fallas que existen, parcial, total, por envejecimiento y aleatoria, así como si la falla es directa o indirecta se debe realizar un histórico por pieza y alimentarlo con las evaluaciones del correcto funcionamiento de la máquina para predecir la falla; esto por medio de análisis de vibraciones, termografía, inspecciones boroscópicas, de ultrasonido y análisis de aceite y lubricación.

Figura 18. **Falla en el tiempo de una pieza mecánica**



Fuente: elaboración propia.

Ya que al inicio no se contará con historia, se debe depender de los mantenimientos correctivos y preventivos por un año o el tiempo que requiera para crear una base de datos confiable.

Se recomienda el uso de una tabla de recopilación de data para formar las tablas de información.

Tabla XXVI. Formulario de registro de mantenimiento

CAMBIO DE PARTES					
Maquinaria:			Área:		
Fecha:			Supervisor:		
Responsable:			Actividad		
Parte	Cantidad	Referencia	Cambio	Ajuste	Observaciones

Fuente: elaboración propia.

Se deberán realizar reuniones semanales operativas por parte del departamento de mantenimiento para planear, hacer, comprobar y ajustar el plan de mantenimiento de la planta; por medio de una minuta se llevará registro de las acciones y los responsables de las tareas a ejecutar. A continuación, se propone un formato de minuta la cual deberá leerse en cada reunión:

Tabla XXVII. **Minuta de reunión operativa de mantenimiento**

Minuta reunion Operativa Mantenimiento
Comunicación Efectiva y Control de Asignaciones

OBJETIVO DE LA REUNIÓN:		PARTICIPANTES									
		ASISTENCIA									
		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> ✓ ✓ ○ ✓ ✓ ✓ ✓ </div>									
FECHA DE LA REUNIÓN:		PRÓXIMA REUNIÓN:									
HORA DE INICIO:		HORA DE FINAL:									
DURACIÓN DE LA REUNIÓN:		SESIÓN No:									

No.	ACUERDOS	SEM	OBSERVACIONES

P	ASIGNACIONES / COMPROMISOS	ÁREA	RESPONSABLE	SEM	FECHA			ESTADO	OBSERVACIONES/ COMENTARIOS
					ASIGNACIÓN	REVISIÓN	COMPROMISO		

Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Encuestas para mejoras en la capacitación

Debido a que el mundo cambia rápidamente como consecuencia de las nuevas tecnologías, la globalización y los avances en los campos de estudio y educación, la capacitación constante se vuelve una prioridad.

Por medio de la mejora continua es necesario recolectar información con el fin de mejorar las futuras capacitaciones. El siguiente cuestionario es una herramienta que se propone utilizar y de la que se pueden generar modelos para evaluar la efectividad de la capacitación, así como generar medios de mejora en las futuras capacitaciones.

Tabla XXVIII. **Encuesta de capacitaciones**

Encuesta de mejora de capacitación	
Fecha:	Departamento:
Responder con 'Sí' o 'No'; en dado caso responda 'No', indique el porqué.	
1. ¿Cree que las capacitaciones mejoran su desempeño laboral?	
2. ¿Considera que las capacitaciones benefician su desempeño laboral?	
3. ¿Cree que las capacitaciones deben ser obligatorias?	
4. ¿Cree que las capacitaciones se deben evaluar?	
5. ¿Cree que el instructor debe ser evaluado?	
Responder de manera detallada y/o dar comentarios.	
¿Usted requiere más capacitaciones?, de ser así indique, ¿en qué?	
¿De qué manera cree que pueden mejorar las capacitaciones?	
¿Cada cuánto considera que debe capacitársele?	
Observaciones o comentarios sobre la capacitación:	

Fuente: elaboración propia.

5.1.3. Capacitación del personal

Un plan de entrenamiento del personal no solo ayuda a evitar los errores comunes por falta de información sino también afecta en la moral de los colaboradores. Se deben tener dos tipos de capacitaciones para el personal: para colaboradores de reciente ingreso y cursos de refuerzo para el personal previamente capacitado.

- Cursos de inducción: se deben llevar a cabo para el personal de reciente ingreso e impartido por colaboradores previamente capacitados.
- Cursos de capacitación continua: impartidos por el proveedor y ser programados según el requerimiento de la empresa; en dado caso sean capacitaciones no relacionadas con la línea sino hacia competencias laborales se debe contactar a quien la imparta, se sugieren una vez por semestre.

Estas capacitaciones representan un proceso continuo que debe ser planteado según las necesidades reales de la organización. Orientándose hacia el desarrollo de los conocimientos y las habilidades del colaborador permitiendo mejorar su desempeño y habilitando la oportunidad de una carrera dentro de la empresa.

El plan de capacitaciones se debe llevar de la siguiente manera:

- Definición objetivo de la capacitación: se deberán identificar, priorizar y seleccionar las necesidades de formación del personal a abordar, se podrá realizar mediante una encuesta general o por medio de una

decisión de jefaturas o gerencias; seguidamente, se selecciona un tema para la capacitación.

- Parametrizar resultados esperados: se realizará una estadística de los resultados obtenidos para así medir aspectos como satisfacción, productividad, calidad, entre otros.
- Enfoque de la capacitación: la formación deberá adaptarse a los requerimientos del destinatario; se deben identificar a las personas objeto de la capacitación y evaluar su perfil competencial, buscando generar grupos equilibrados en cuanto a interés y cualificación.
- Definir contenidos y tiempo de la capacitación: se deberá estructurar y secuenciar los contenidos didácticos para optimizar el proceso de aprendizaje; definidos el alcance y la profundidad de los contenidos, se debe determinar el tiempo en que se llevará a cabo la capacitación.
- Validación del plan de instrucción: una vez cumplidos los puntos anteriores, se deberá validar la capacitación por parte de un comité o por parte de las gerencias; de haber aportes respecto a los contenidos y el enfoque del plan se tomarán en consideración.
- Gestión del plan de formación: una vez revisados e incluidos los comentarios y el enfoque del comité, se revisará la planificación y se gestionarán los recursos para llevar a cabo la capacitación; se utilizarán los siguientes recursos: humanos, materiales funcionales.
- Seguimiento y evaluación: se deberá evaluar la ejecución del plan de formación y darle seguimiento.

Tabla XXIX. **Formulario de planificación de capacitaciones**

Plan de capacitación			
Titulo		Código	
Origen de la necesidad:			
Objetivos específicos:			
Resultados esperados:		Indicador	
		Valor actual	Valor meta
Participantes		Capacidades Actuales	
Recursos a utilizar			
Medios, equipo o instalaciones			
Técnicas y procedimientos			
Documentos			
Productos o servicios			
Contenidos estimados de la acción			
Formador	Interno	Departamento	Nombre
	Externo	Empresa	
Tipo de evaluación		Observaciones	
Asistencia		Transferencia	
Aprendizaje		Impacto	
Satisfacción		Rentabilidad	
Lugar			Duración
Horario			Fechas
Costos estimados		Total	
Curso interno		Materiales	
Curso externo		Desplazamientos	
Personal asistente		Otros	

Fuente: elaboración propia.

Toda capacitación debe ser evaluada ya que esto representa una retroalimentación crítica necesaria para la mejora continua, debido a los distintos factores que afectan un aprendizaje y en vista de los beneficios y costos de ellos. Toda evaluación debe cumplir con las siguientes cuatro condiciones:

- Útil: deberá facilitar soluciones de mejora.
- Viable: deberá ser real, prudente y eficaz.
- Ética: tendrá que ser basada en la cooperación y protección de los derechos de partes implicadas.
- Precisa: tendrá que tomar en cuenta todos los factores que puedan influir en los resultados.

Esta evaluación queda a consideración de la empresa; sin embargo, se recomienda el uso de entrevistas, observaciones y cuestionarios para un acercamiento al aprendizaje individual de los colaboradores capacitados.

6. PROGRAMA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

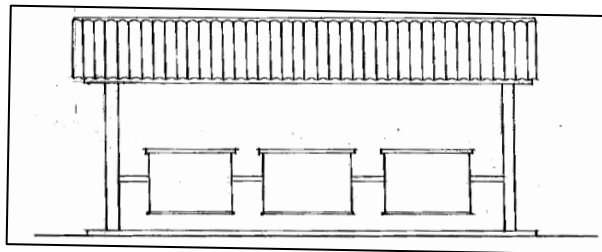
6.1. Diseño de recipientes para el reciclaje

El reciclaje es un impulsador para la sostenibilidad y el medio ambiente, así como un factor de distinción en el ahorro energético. Su conocimiento y aplicación proporciona un ahorro de energía; permite reducir la contaminación que produce su fabricación.

Dicho esto, se recomienda diseñar un método de reutilización de residuos para conservar los recursos naturales; este debe cumplir con las siguientes características:

- Manejable para la recolección
- De fácil identificación
- De uso fácil
- En lugares de fácil acceso
- De bajo costo

Figura 19. **Diseño propuesta de recipiente de reciclaje**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Se sugiere contar con dos puestos de reciclaje con tres recolectores cada uno.

6.2. Comunicación con recolectores de reciclaje

Para la recolección de todos los materiales que se desean reciclar se requiere el servicio de una empresa la capacidad de transporte y recolecta para las grandes cantidades que una planta de producción genera.

Por ello se contactó a CODIGUA, una empresa con la infraestructura y capacidad de manejo de productos plásticos, chatarra, equipo electrónico, así como aluminio y papel; esta empresa también imparte capacitaciones y concientiza sobre la cultura del reciclaje.

- Horario: lunes a sábado de 7:00 a.m. a 5:00 p.m.
- Ubicación: avenida Petapa 43-21, zona 12, Ciudad de Guatemala, Guatemala
- Teléfonos: +502 3045 2302 y +502 2278 9503
- Página web: <http://www.codigua.com.gt>

6.3. Campaña de reciclaje

Las industrias generan muchos residuos que impactan en el ambiente de manera negativa y ponen en peligro el delgado equilibrio climático, un gran porcentaje de los residuos pueden reutilizarse. Sin embargo, no todos tiene el conocimiento o la cultura de separar la basura entre lo que puede y no reciclarse.

Para ello se instalarán rótulos en los recipientes recolectores de basura según el tipo de material para facilitar la separación del residuo o desecho a reciclar.

Figura 20. **Propuesta de campaña de reciclaje**



Fuente: elaboración propia.

6.4. Capacitación de uso de recipientes de reciclaje

Todo acto de reciclaje es un hábito que debe ser considerado por una población; este debe iniciar en el lugar de trabajo y a través de una buena educación y capacitación al trabajador; tendrá no solo impacto en la empresa sino en el hogar de cada colaborador.

Para capacitar al personal se requerirá la experiencia de un especialista externo, la misma empresa proveedora del servicio de retiro de materiales desperdicio. CODIGUA es una empresa con más de 29 años de experiencia e impulso en el compromiso de responsabilidad ambiental para nuestro país, es la elegida para apoyar y capacitar al personal.

6.5. Medidas de mitigación

Disminuyen los efectos negativos de un proyecto o actividad en todas sus fases de ejecución. Generará un impulso positivo equivalente al efecto adverso que es la contaminación, reduciendo su efecto en el área de trabajo y el mundo; la empresa cuenta ya con metodologías y medidas para disminuir los posibles impactos generados por la actividad de la empresa.

Esta metodología empleada se definió considerando lo que para el efecto establece el Decreto 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente y sus reformas. Estas se basan en las características físicas, químicas del área de influencia:

- Atmósfera: generación de gases y vapores

- Campana de extracción de aire caliente en áreas específicas de las instalaciones.
- Suelo: generación de residuos sólidos
 - Se cuenta con prácticas de separación de residuos desde su fuente en la empresa.
 - Los residuos domésticos que por sus propiedades no son aptos para reciclaje o reusó interno, se trasladan a un área de acopio temporal específica.
 - Recolección interna por personal definido.
 - Almacenamiento temporal en área específica.
 - Disposición final por medio de empresa externa autorizada para el efecto.
 - Plan de manejo de residuos y desechos sólidos y sus respectivos controles.
- Agua: generación de residuos líquidos
 - Captación y recolección de agua residual ordinaria por medio de la red de drenaje sanitario.
 - El agua residual doméstica generada en los sanitarios del área de parqueo y el área de bodegas sea recolectada desde los mismos y

conducida hacia una fosa séptica tipo biodigestor prefabricado, que descarga el agua tratada hacia el pozo de absorción.

- Se cuenta con las siguientes unidades de tratamiento de agua: trampa de grasa para el agua residual del área de cafetería. Fosas sépticas tipo biodigestor prefabricada para el agua residual del área de parqueo y baños.
- Se cuenta con programa de mantenimiento y limpieza de fosas sépticas.
- La empresa cuenta con su respectivo estudio técnico de aguas residuales, así como planes de gestión y tratamiento de aguas residuales.

Derivado del análisis efectuado y tomando en consideración su entorno ambiental, la empresa no determina otros impactos ambientales negativos que sean de mayor importancia relativa a las anteriormente mencionadas.

6.6. Costo del programa

Estos han sido aprobados por la empresa en la cual se realizará el proyecto debido a su fuerte compromiso con el medio ambiente, así como las normas ISO-9 000 que requieren que la empresa sea amigable con el ambiente como contribución a la sociedad.

Se hará uso de seis recolectores de reciclaje, así como su protección contra el ambiente. Los costos son los siguientes:

Tabla XXX. **Costos del programa ambiental**

Costos fijos	
Costo de los recolectores	419,94
Instalación de protectores de recolección	1 200,00
Señalización sobre el tipo de reciclaje	740,00
Total costos fijos	2 359,94
Costos variables	
Mano de obra directa	10 400,00
Mantenimientos	2 000,00
Total costos variables	12 400,00
Inversión total	14 759,94

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. A través del presente trabajo se evaluó la mejor forma de realizar la instalación, el montaje, la operación, la optimización y la capacitación del personal en la línea de soplado de botellas PET.
2. Se tomaron en cuenta y prepararon todos los lineamientos y requisitos para el correcto uso de la maquinaria en la línea de soplado, preparando el lugar de instalación como se solicitó por el fabricante del equipo. Durante el tiempo de espera se utilizará esta área como espacio de almacenaje del producto terminado de la segunda sopladora industrial.
3. Se realizaron las instalaciones del transformador trifásico, sopladora de alta presión y enfriador (*chiller*), para cumplir con todos los requisitos; de igual manera, todas las acometidas y tuberías.
4. Se sugirió la distribución óptima para la maquinaria, según las indicaciones y sugerencias del proveedor para el correcto funcionamiento de la línea de producción y la optimización del proceso.
5. Se realizó la instalación de la maquinaria según lo esperado, bajo la consultoría y evaluación del proveedor de la maquinaria para asegurar su correcto funcionamiento. De igual manera se iniciarán las distintas capacitaciones para el personal asignado a la línea.

6. A través del departamento de calidad de la empresa, realizan una serie de evaluaciones al producto terminado. Dichas evaluaciones cumplen con las normativas ISO: 9 001 y FSCC: 22 000.

7. Al momento de la puesta en marcha se realizaron los análisis de eficiencia, eficacia y productividad, aceptables por la empresa para una primera corrida.

RECOMENDACIONES

1. Mantener reuniones semanales para analizar el desempeño semanal de la maquinaria y el personal.
2. A partir de las reuniones, determinar los puntos de mejora para una continua optimización.
3. Mantener un inventario de repuestos, así como datos de los proveedores locales e internacionales para evitar paros innecesarios en la producción.
4. Programar capacitaciones periódicas de corta o mediana duración, dependiendo de la complejidad de los temas.
5. Generar planes de contingencia para posibles eventualidades; la más recurrente: fallas en el sistema eléctrico.
6. Realizar evaluaciones frecuentes al personal para corroborar la eficiencia de las capacitaciones y encontrar puntos de mejora.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVERY, Jack. *Injection molding alternatives*. Cincinnati, USA: Hanser Publisher, 2009. 156 p.
2. COSTAS COMESAÑA, Pablo. *Montaje e instalación en planta de máquinas industriales: procesos, instrumentos y técnicas básicas de construcción y organización del trabajo*. España: Editorial Castellana, 2013. 110 p.
3. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad y productividad total*. México: McGraw-Hill, 2011. 122 p.
4. MONROY PERALTA, Fredy Mauricio. *Principios básicos de mantenimiento*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 180 p.
5. RODRIGUEZ MONTES, Julián; DEL REAL ROMERO, Lucas. *Procesos industriales para materiales no metálicos*. España: Editorial Visión Net, 2014. 89 p.
6. ROSATO, Dominick. *Plastics processing data handbook*. Londres, Inglaterra: Chapman & Hall, 2010. 58 p.
7. Schneider. *Manual teórico-práctico: instalaciones en baja tensión*. España: Schneider Electric, 2012. 128 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Diagrama de actividades, desglosado, proyecto SIDEL SBO

10

Programación de actividades proyecto SD10	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Actividad						
Sistemas eléctricos						
Reparación de transformador de 1 mega						
Filtrado de aceite						
Cambio de bushines						
Cambio de terminales de media y baja tensión						
Verificación de CT's de medición primaria						
Cotización de instalaciones						
Construcción cimentación						
Instalación de transformador de un mega y balance de cargas						
Instalación de braker y conexión principal						
Conexión y re distribución de cargas de planta						
Sistemas neumáticos baja presión						
Instalación de compresor de 75 HP de baja presión						
Conexión eléctrica de compresor						
Instalación de tubería y valvulería						
Programación y pruebas de equipo						
Sistemas neumáticos alta presión						
Cotización de montaje de tubería de alta presión						
Montaje de tubería de alta presión						
Verificación radiográfica de soldaduras en tubería						
Sistemas hidráulicos						
Cotización de <i>chiller</i>						
Instalación de <i>chiller</i> de 50 toneladas						
Cotización de la torre de enfriamiento						
Instalación de torre de enfriamiento						
Sidel 10						
Cimentación del área de máquina						
Montaje e instalación de sopladora Sidel 10						
Readecuación de máquina						
Conexión eléctrica						
conexión neumática de baja y alta presión						
Pruebas de funcionamiento						
Entrenamiento de personal						
Entrega de maquinaria funcionando						

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Tabla de consumos eléctricos *chiller***

No.	Nombre	Voltaje promedio	Voltaje máximo	Voltaje medio	Amperios	KW salida	HZ
1	Carrier	460	506	414	166	746	60
2	Carrier	460	506	414	160,6	2,6	60
3	Chiller	460	506	414	119	-	60
4	Firenze	440	486	394	-	20,4	60
5	Frigel	440	486	394	-	50	60
6	Chiller	380	430	330	-	-	50
	PROM	440	486,66	393,33	148,53	204,7	58,33
	TOTAL					819	
	%					0,819	

Fuente: elaboración propia.